

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS

ESCUELA DE PREGRADO

MEMORIA DE TÍTULO

**EVALUACIÓN DE HERBICIDAS PRE Y POST EMERGENTES
SOBRE ZANAHORIAS (*Daucus carota* L.) MINIATURA Y ESTANDAR**

CAROLINA ALEJANDRA LUISA PÉREZ TAPIA

SANTIAGO - CHILE

2011

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS

ESCUELA DE PREGRADO

MEMORIA DE TÍTULO

**EVALUACIÓN DE HERBICIDAS PRE Y POST EMERGENTES
SOBRE ZANAHORIAS (*Daucus carota* L.) MINIATURA Y ESTANDAR**

**EVALUATION OF PRE AND POST EMERGENT HERBICIDES
ON CARROTS (*Daucus carota* L.) BABY AND STANDARD**

CAROLINA ALEJANDRA LUISA PÉREZ TAPIA

SANTIAGO - CHILE

2011

UNIVERSIDAD DE CHILE

FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS

ESCUELA DE PREGRADO

EVALUACIÓN DE HERBICIDAS PRE Y POST EMERGENTES SOBRE ZANAHORIAS (*Daucus carota* L.) MINIATURA Y ESTANDAR

Memoria para optar al título profesional de:
Ingeniero Agrónomo
Mención: Fitotecnia

CAROLINA ALEJANDRA LUISA PÉREZ TAPIA

Profesor Guía	Calificaciones
Sra. María Verónica Díaz M. Ingeniero Agrónomo. M.Sc.	7,0
Profesores Evaluadores	
Sr. Ricardo Pertuzé C. Ingeniero Agrónomo. Ph.D.	6,7
Sr. Víctor Escalona C. Ingeniero Agrónomo. Dr.	7,0
Colaborador	
Javier Obando Ingeniero Agroindustrial. Dr.	

Santiago, Chile

2011

Dedico esta memoria con todo mi amor a:

Mis padres, Arturo y Rosita
Mis hermanos Marcelo y María Teresa

Mayores apoyos en mi vida

AGRADECIMIENTOS

Deseo expresar mis más enormes agradecimientos a todas las personas que me apoyaron y estuvieron a mi lado durante el desarrollo de esta memoria, en especial:

A mi profesora guía, Sra. Verónica Díaz, por su gran ayuda, dedicación, apoyo constante, paciencia, consejos y sobre todo su confianza en mí, durante mi tiempo de estudiante y sobre todo durante la realización de esta memoria.

Al profesor Sr. Ricardo Pertuzé, por su ayuda brindada durante la realización de este estudio y en los últimos años de la carrera.

Al Centro de Estudios de Post Cosecha (CEPOC) de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile, especialmente al Sr. Javier Obando, por su ayuda desinteresada durante el tiempo de desarrollo de mi memoria.

Al Sr. Carlos Meza, por toda su ayuda y apoyo durante la realización de esta memoria.

A mis amigos y compañeros de universidad, con quienes compartimos hermosos momentos durante todos estos años, y quienes fueron parte fundamental durante todo este proceso, Daniela, Macarena, Myriam, Belén, Fernanda, Eduardo, Fernando, Ismael, Mauricio y Hernán. Pero en especial a Edu y Feña, por su apoyo extremo durante el desarrollo de la memoria, sin ustedes habría sido todo muy distinto.

A mis amigos, casi hermanos, por haber estado de manera incondicional junto a mi durante muchos años, gracias Natalia, Francisca, Fernanda, Guillermo, Eduardo, Alejandro, Carlos, Pablo, Matías, Alfredo, Hugo y Felipe, por toda su alegría y cariño.

Y por sobre todo a mi familia, en especial mis padres, Arturo y Rosita, quienes han sido el pilar fundamental en todas las etapas vividas, y que ahora pueden estar tranquilos y satisfechos de tener su tarea cumplida, mis hermanos Marcelo y Taty, por su apoyo incondicional y todo el cariño y confianza que me han entregado para llevar a cabo mis metas. A mis tíos, primos, abuelitos, Paula, Clemente y mi futuro ahijado(a) (que viene en camino), por todo el amor, cariño, alegrías y su compañía durante toda mi vida.

Y finalmente a todas aquellas personas que han sido parte importante de este proceso, y que han estado en una parte importante de mi vida a mi lado.

De corazón, muchas gracias, los adoro.

ÍNDICE

RESUMEN	1
ABSTRACT	2
INTRODUCCIÓN	3
Hipótesis y objetivo	6
MATERIALES Y MÉTODOS	7
Materiales	7
Material vegetal	7
Herbicidas utilizados	7
Maquinaria	8
Métodos	8
Tratamientos y diseño de experimentos	8
Establecimiento de los ensayos	9
Aplicación de herbicidas	9
Fertilización	10
Riego	10
Evaluaciones	10
Análisis estadístico	14
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	15
Evaluaciones de crecimiento de malezas	15
Densidad de malezas	18
Dominancia de malezas	24
Evaluación de crecimiento del cultivo	28
Altura de follaje	28
Evaluaciones de fitotoxicidad de herbicidas	29
Evaluación de fitotoxicidad	29
Porcentaje de mortalidad	31

Evaluaciones a cosecha	33
Diámetros de raíz	33
Longitud de raíz	34
Peso fresco	36
Número de raíces totales, de descarte y comerciales por metro cuadrado	38
Color de raíces	41
Determinación de carotenos totales	43
CONCLUSIONES	45
BIBLIOGRAFÍA	46
ANEXOS	49

RESUMEN

La presente investigación se desarrolló con el objetivo de evaluar la selectividad de tres herbicidas, Linuron, Pendimethalin y Metribuzina, sobre dos cultivares de zanahoria (*Daucus carota* L. var. *sativus*). Se analizaron en forma independiente el cultivar de polinización abierta Chantenay RedCo y el cultivar híbrido Sugar Snax 54 (Nantes x Imperator), los cuales se consideraron como zanahoria estándar y miniatura, respectivamente.

Durante la temporada 2010/2011, en el Campus Antumapu de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile, se evaluaron 5 tratamientos en cada cultivar. Se asperjaron Linuron y Pendimethalin en pre emergencia (en dosis de 1,5 y 3,5 L·ha⁻¹ i.a. respectivamente), Linuron y Metribuzina en post emergencia del cultivo, en dosis de 1,5 L·ha⁻¹ y 0,5 kg·ha⁻¹ i.a. respectivamente, y un tratamiento testigo, el cual se mantuvo siempre limpio de malezas. Durante el desarrollo y previo a cosecha, se realizaron mediciones a la altura del follaje y porcentaje de mortalidad del cultivo y dominancia y densidad de las malezas. A cosecha se midieron los parámetros de peso fresco, longitud de raíz, diámetro de raíz, color, contenido de carotenoides y rendimiento comercial, para poder determinar la selectividad de los herbicidas.

Por condiciones particulares del clima en la temporada en que se realizó el estudio, los ciclos de vida de ambos cultivares se vieron afectados, llegando a cosecharse en un tiempo más prolongado al esperado, viéndose alterados desde el momento de emergencia hasta la cosecha, incluyendo los momentos claves para la aplicación de los herbicidas post emergentes (1 y 5 hojas verdaderas).

Finalmente se concluyó que todos los herbicidas utilizados fueron selectivos para ambos cultivares ya que no afectaron estadísticamente parámetros de calidad ni crecimiento, sin embargo, se recomienda la utilización de Linuron o Pendimethalin en las dosis señaladas, debido a que se obtuvo el mejor rendimiento comercial.

Palabras clave: Linuron, Metribuzina, Pendimethalin, selectividad.

ABSTRACT

This research was conducted in order to evaluate the selectivity of three herbicides, Linuron, Pendimethalin and Metribuzin, on two cultivars of carrot (*Daucus carota* L. var. *sativus*). The OP cultivar Chantenay RedCo and the hybrid Sugar Snax 54 (Nantes x Imperator), which are considered as standard and miniature carrots respectively, were analyzed independently.

During the 2010/2011 season, at the Antumapu Experimental Station of the University of Chile Agricultural Sciences Faculty, five treatments were evaluated in each cultivar. Linuron and Pendimethalin were sprayed at pre emergence (at a dose of 1.5 and 3.5 L·ha⁻¹ respectively), Linuron and Metribuzin were sprayed at post crop emergence, at doses of 1.5 L·ha⁻¹ and 0.5 kg·ha⁻¹ respectively, and a control treatment, which was kept clean of weeds. During the growing season and prior to the harvest, foliage height and mortality rate were evaluated in each cultivar and dominance and density were evaluated to the weeds. At harvest parameters fresh weight, root length, root diameter, color, carotenoid content and commercial yield were measured in order to determine the selectivity of the herbicides.

Due to weather conditions in the season of the study, the life cycles of both cultivars were affected, being harvested in a longer time than expected, getting altered from emergence to harvest, including the key moments for the application of the post emergence herbicides (1 and 5 true leaf).

Finally it was concluded that the used herbicides were selective for both cultivars and didn't affect statistically the parameters of quality and growth, however, Linuron and Pendimethalin are recommended at the mentioned dose, because it had the best commercial yield.

Key words: Linuron, Metribuzin, Pendimethalin, selectivity.

INTRODUCCIÓN

La zanahoria (*Daucus carota* L. var. *sativus*) es una hortaliza perteneciente a la familia Apiaceae, de crecimiento anual o bianual dependiendo de la variedad y las condiciones climáticas del lugar (García, s.a.).

Su centro de origen, se encontraría en la zona este del Mediterráneo y sur oeste de Asia, siendo Afganistán el lugar en donde se encuentra la mayor cantidad de formas silvestres. Dentro de los principales países productores se encuentra China, Estados Unidos y Rusia (Krarup y Moreira, 1998).

El órgano de consumo es la raíz, pero se incluye además una parte del hipocotilo, la cual engruesa y alcanza un desarrollo parecido a la raíz primaria, y con esto se forma una sola unidad de consumo (Giacconi y Escaff, 1993).

Presenta como característica un color interno y externo de la raíz el que oscila entre anaranjado claro y anaranjado rojizo, el cual se distribuye de manera más o menos uniforme (Oliva, 1992)

Esta hortaliza es de alta relevancia a nivel mundial, por su aporte en Vitamina A, entregado a través de los carotenoides, lo que la convierte en una buena fuente natural de este compuesto (Heinonen, 1990). Los carotenoides son pigmentos que determinan el color característico de las zanahorias, los cuales se encuentran distribuidos en distintos lugares, normalmente es mayor el contenido en el floema o corteza que en el xilema o cilindro central, y en la porción superior cercana a la superficie que en la inferior. Sin embargo, no siempre el análisis de los carotenoides es una medida adecuada del color, ya que se ve afectado por la gran diversidad genética y ambiental y con esto se produce una alta correlación entre pigmento o combinación de pigmentos y color (Oliva, 1992).

Los carotenoides presentes en éste cultivo, están constituidos por β -caroteno en un 60-80%, α -caroteno (10-40%), luteína (1-5%) y otros pigmentos (0,1-1%), siendo el β -caroteno el que produce una mayor cantidad de Provitamina A (Sulaeman *et al.*, 2001).

Se ha demostrado que los alimentos que contienen elevados niveles de pigmentos como carotenoides y antocianinas, pueden ser utilizados como alimentos preventivos en la aparición de enfermedades cardiovasculares, cáncer y otras (Krarup y Moreira, 1998).

Son diversos los usos que se le dan normalmente a este cultivo, dentro de éstos, encontramos el consumo natural, sin proceso, y el agroindustrial (materia prima) (Krarup y Moreira, 1998). Como cada vez es más la gente que busca obtener un alimento que sea funcional, de buen sabor y con características organolépticas adecuadas, se han debido obtener nuevas variedades para entregar un producto de mejor calidad y novedoso al consumidor. Dentro de este aspecto están las llamadas minihortalizas, en donde se encuentra

la “Zanahoria miniatura”, la cual se distingue de la zanahoria común, principalmente por su tamaño, ya que no alcanzan un largo mayor a 10 cm, además, deben presentar una raíz delgada, cilíndrica y lisa, preferentemente con la punta redondeada y de un color naranja muy intenso (Krarup y Moreira, 1998; FIAGRO, 2003).

En general, el manejo de un cultivo tradicional de zanahorias requiere de una alta preocupación en la fertilización, momento de establecimiento, manejo de plagas y enfermedades, pero se hace de vital importancia el manejo de las malezas, ya que, de acuerdo a lo planteado por Gabriel (2005) y Lardizabal y Theodoracopoulos (2007), es necesario mantener el cultivo libre de malezas desde el establecimiento, debido a la baja capacidad de competir con ellas durante sus primeros estados de desarrollo, afectando el rendimiento y la calidad a cosecha.

Kavaliauskaitè *et al.* (2009), señalan que debido al lento crecimiento inicial de las zanahorias, éstas no pueden competir de manera efectiva con las malezas, por lo cual no es posible obtener altos rendimientos en el cultivo sin aplicaciones de herbicidas. Así mismo Swanton *et al.* (2010), indican que la falta de control de malezas en un cultivo de zanahorias puede llegar a disminuir los rendimientos en un 90%, además de hospedar plagas y enfermedades, y reducir la eficiencia de la cosecha.

Fogelberg y Dock Gustavsson (1999) indican que las zanahorias entre otros vegetales son considerados altamente sensibles a la competencia con las malezas, y es por esto que el control químico se hace necesario, ya que si se quisiera obtener un buen control de malezas a través de métodos mecánicos, sin generar daños en el cultivo, las malezas deben ser más susceptibles al control que el cultivo.

Smith *et al.* (2009), indican que durante las primeras 4 semanas de establecimiento se concentra el período crítico de interferencia (PCI), en donde se genera la mayor interferencia entre las malezas y el cultivo; señalan además que lo mejor sería la utilización de un programa integrado en el manejo de malezas, ya que muchos de los herbicidas registrados, no presentan un gran espectro de control y el control mecánico se ve impedido por la alta población de raíces de zanahoria.

Otro problema que se genera en el cultivo es la reducción del tamaño de las raíces por la competencia directa por nutrientes, espacio y agua; además se producen raíces deformes lo que implica que no sean comerciales en el mercado (Stall, 2006).

Además, de acuerdo a lo señalado por Reid y English (2000), la densidad de siembra de las plantas tiene una alta influencia sobre el crecimiento, y por esto se pueden generar grandes diferencias en los rendimientos entre un cultivo de zanahoria y otro.

En el caso de una zanahoria miniatura, los efectos en disminuciones de rendimiento y daño al cultivo se podrían ver magnificados ya que las raíces son más pequeñas y el control podría ser más complicado, dado la mayor densidad de siembra (Reid y English, 2000).

El momento de aplicación de los herbicidas utilizados en zanahoria es de vital importancia, y así lo mencionan Kavaliauskaitė *et al.* (2009) en sus estudios, quienes indican que éste cultivo sería más tolerante a los herbicidas asperjados antes de la germinación que a los aplicados después de ésta.

Smith *et al.* (2009), señalan también que lo mejor sería utilizar un tratamiento herbicida que combine herbicidas de presembrado o preemergencia en combinación con uno aplicado en post emergencia.

Según Lobo (1984) y Stall (2006), existen diversos tratamientos herbicidas que pueden ser utilizados normalmente en el manejo de malezas en un cultivo tradicional de zanahoria; entre ellos encontramos algunos ingredientes activos como Linuron, Pendimethalin, Clethodim, Glifosato y Metribuzina, entre otros.

Linuron es el herbicida más utilizado en este cultivo, se puede aplicar en pre emergencia luego de la siembra pero antes de que las zanahorias emerjan. Este herbicida también puede ser aplicado en post emergencia, una vez que la zanahoria tenga 1-2 hojas verdaderas (Bellinder *et al.*, 1997). Siendo menores las dosis cuando son suelos muy ligeros y mayores cuando es un suelo muy arcilloso o con altos niveles de materia orgánica. Otra característica de este herbicida es lo planteado por Zimdahl (2007), quien indica que la movilidad de Linuron es de Clase 2, lo que implica que es prácticamente inmóvil en el suelo.

Otro herbicida utilizado es Metribuzina, el cual se aplica en post emergencia y una vez que las zanahorias han formado 5 a 6 hojas verdaderas, pero antes de que las malezas alcancen una altura aproximada de 3 cm, debe ser aplicado sobre el área foliar de la zanahoria (Stall, 2006). Según Kogan y Pérez (2003), el modo de acción de este herbicida es la inhibición del proceso fotosintético, generando una interferencia en la reacción de Hill; se genera un intercambio en la secuencia de aminoácidos (serina por glicina) lo que produciría una destrucción debido a la fotooxidación en los carotenoides, y desencadenaría también en una destrucción de la clorofila.

En estudios realizados por Bellinder *et al.* (1997), se investiga la dosis y el momento de aplicación de Linuron y Metribuzina para producir los mayores rendimientos y el menor daño a las raíces de zanahoria, indican que el mejor resultado se puede obtener con menores dosis (que las indicadas en el producto comercial) cuando se realizan dos aplicaciones en la temporada, y esto permite una aplicación más temprana dentro del inicio del cultivo, es decir, antes de la 5ª hoja verdadera, generando un bajo nivel de daño y un buen control ya que las malezas se encuentran pequeñas y son más susceptibles al producto químico.

Por otro lado, los herbicidas del grupo de las dinitroanilinas (Pendimethalin) son absorbidos principalmente por raíces de plántulas y brotes en emergencia, la zona meristemática de la raíz cerca del ápice, presenta una lenta entrada de agua y por lo tanto de herbicidas, pero esta cantidad de producto aunque sea mínima inhibe la mitosis en esa región que es de plena actividad, y con esto se puede paralizar de manera instantánea el desarrollo y crecimiento de la raíz, limitándose así el movimiento del herbicida. Se caracterizan por ser

disruptores mitóticos ya que producen un bloqueo en la división celular impidiendo la formación de raíces laterales o la elongación de brotes, pero no impiden la germinación de las semillas (Kogan y Pérez, 2003).

Es por esto, que también se recomienda el uso de Pendimethalin en el cultivo, el cual debe ser aplicado en pre emergencia, luego de la siembra. Es un inhibidor general del crecimiento, y que afecta especialmente el elongamiento de las raíces, ya que bloquea la producción de tubulina (Kogan y Pérez, 2003).

Los herbicidas son utilizados de manera rutinaria dentro de los manejos que se realizan en un cultivo tradicional de zanahoria, por eso es importante evaluar su efecto sobre un cultivo de zanahoria en miniatura, para responder a la interrogante de si estos productos químicos pueden generar algún tipo de daño, o son recomendables para estos cultivares.

Por esto, la siguiente investigación se basa en que el comportamiento de los cultivares tradicionales y miniatura varía de acuerdo al herbicida, por una interacción genotipo – herbicida.

Objetivo:

Determinar la selectividad de tres herbicidas en un cultivar de zanahoria tipo miniatura, en comparación a zanahorias estándares.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en la Facultad de Ciencias Agronómicas, Campus Antumapu de la Universidad de Chile, en la comuna de La Pintana, Región Metropolitana, durante la temporada 2010-2011. Las coordenadas del lugar de estudio son 33°34'11" latitud sur y 70°38'39" longitud oeste, siendo su altitud de 625 m.s.n.m.

El suelo de Antumapu es de origen aluvial, caracterizándose por presentar una profundidad media de 60 cm, con topografía plana, textura franco arenosa, un contenido de materia orgánica de 2,41 % y buen drenaje.

El clima de esta zona es de tipo Mediterráneo semiárido. El régimen térmico se caracteriza por temperaturas que varían en promedio entre una máxima en enero de 28,2 °C y una mínima en julio de 14,4 °C. El período promedio libre de heladas es de 281 días, estas ocurren entre mayo y septiembre siendo en su mayoría de 0-2 °C. El régimen hídrico presenta principalmente precipitación invernal, con una media anual de 419 mm y un período seco de 8 meses. Presenta veranos calurosos y secos e inviernos fríos (Santibáñez y Uribe, 1990).

Para el año 2010, se registraron temperaturas mínimas más bajas de lo habitual entre mayo y septiembre, en un rango promedio de -2,2°C a 2,0°C, observándose temperaturas bajo cero a diferencia de lo registrado en años anteriores.

Materiales

Material Vegetal

Se utilizaron semillas de zanahoria (*Daucus carota* L. var. *sativus*), siendo los cultivares elegidos Zanahoria Híbrido Sugar Snax 54 (99,12% pureza y 89,0% germinación), el cual es un cultivar dulce, que al ser procesado por la agroindustria se comercializa como miniatura, siendo así considerado en este ensayo, y Zanahoria Chantenay RedCo (99,0% pureza y 85% germinación).

Herbicidas utilizados

Linuron. Herbicida suelo-activo, perteneciente al grupo químico de las ureas sustituidas, de pre o post emergencia, para el control de malezas anuales de hoja ancha y angosta en hortalizas. No controla malezas perennes. Posee una persistencia en el suelo de 1 a 4 meses dependiendo de la dosis y textura del suelo (AFIPA, 2009). Inhibidor del proceso fotosintético, afectando específicamente el fotosistema II (Kogan y Pérez, 2003). Además

tiene un efecto indirecto interfiriendo el flujo de electrones e inhibiendo la reacción de Hill (Ware, 1993).

Según Kogan y Pérez (2003) las ureas (Linuron) presentan su sitio de acción en los cloroplastos. Estos herbicidas se mueven fácilmente por el apoplasto hacia el xilema y desde ahí hacia el follaje donde inhibirán el fotosistema II. Los síntomas de daño que producen los herbicidas pertenecientes a este grupo no se observan hasta una vez que el proceso de fotosíntesis comienza en las plántulas, o sea, después de la emergencia de los cotiledones, siendo éstos clorosis en márgenes y ápices foliares, y posterior necrosis y muerte de tejido foliar. Estos síntomas se observan preferentemente en las hojas maduras y a lo largo del margen foliar.

Metribuzina. Herbicida con modo de acción de contacto y residual, sistémico, selectivo, perteneciente al grupo químico de las triazinas. Controla a través de hojas y raíces, malezas de hoja ancha y gramíneas en hortalizas (AFIPA, 2009). Inhibe el fotosistema II, no genera fijación de CO₂ y con esto la síntesis de carbohidratos (Kogan y Pérez, 2003).

Pendimethalin. Herbicida con modo de acción suelo-activo, selectivo, perteneciente al grupo químico de las dinitroanilinas, de presembrado incorporado o preemergencia. Controla malezas anuales gramíneas y algunas de hoja ancha en hortalizas. Inhibe la división y elongación celular de los meristemas de raíces y tallos, razón por la cual debe ser aplicado sobre un suelo mullido y antes de la emergencia de las malezas. No controla malezas emergidas o establecidas ni tampoco perennes, crucíferas o compuestas (AFIPA, 2009).

Maquinaria

Equipo hidráulico manual, presión de trabajo de 3 bares, boquillas de abanico plano, 8002, volumen de aplicación de 200 litros aproximadamente.

Métodos

Tratamientos y diseño de experimentos

Para cada cultivar en forma independiente, se establecieron 5 tratamientos. El diseño experimental utilizado, fue de bloques completos al azar con 6 repeticiones. Se consideraron como testigos los tratamientos en los cuales cada cultivar debía mantenerse siempre limpio, desde el momento de la siembra.

En el Cuadro 1 se indican los tratamientos utilizados para ambos cultivares.

Cuadro 1. Descripción tratamientos, para cultivares Chantenay RedCo y Sugar Snax 54.

Tratamientos	Ingrediente activo	Dosis (L·kg·ha ⁻¹ de i.a.)	Época aplicación
T1	Testigo		---
T2	Linuron	1,5	PE ¹
T3	Metribuzina	0,5	POST ²
T4	Pendimethalin	3,5	PE
T5	Linuron	1,5	POST ³

(1) Pre Emergencia; (2) 2 meses y medio Post emergencia, (3) 1 mes Post emergencia.

La unidad muestral, fue seleccionada al azar, al inicio de las evaluaciones y consideró 1 metro lineal de las dos hileras centrales de cada platabanda.

Establecimiento de los ensayos

Las actividades fueron realizadas entre el 26 de mayo y el 10 de noviembre de 2010, período correspondiente entre la siembra y la cosecha del cultivo.

El día 26 de mayo de 2010 se realizó la preparación y mullimiento de suelo con una rastra de discos, además de la aplicación de fertilizantes. Posterior a esto, se prepararon las mesas con una distancia de centro a centro entre platabandas contiguas de 1,20 m, y un ancho de surco de 30 cm.

El día 27 de mayo de 2010 se realizó la siembra manual, de ambos ensayos, a chorro continuo en sobre hilera, en 4 hileras por mesa y a una distancia entre hilera de 17 cm en el caso del cultivar miniatura y de 20 cm para el cultivar estándar sobre mesas de 90 cm de ancho.

El día 23 de junio de 2010 se registró el 50% de emergencia en ambos cultivares, esto es a los 28 días posteriores a la siembra.

El riego se realizó por cintas, con un caudal de 2 L·h⁻¹ y se regó cada vez que se requería a través de monitoreo con método del barreno o textural.

Aplicación de herbicidas

Los herbicidas de preemergencia (Pendimethalin y Linuron) se aplicaron una vez terminada la siembra de ambos ensayos.

Cuando el cultivo tenía 1 hoja verdadera, a las 8 semanas de iniciado el ensayo, se aplicó Linuron en post emergencia.

Una vez que el cultivo presentó entre 5-6 hojas verdaderas, a las 14 semanas de iniciado el ensayo, se aplicó el herbicida de post emergencia Metribuzina.

Fertilización

El análisis de nutrientes que fue realizado al terreno arrojó los siguientes resultados: Nitrógeno $62 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, Fósforo $19 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ y Potasio $358 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Para poder alcanzar la fertilización que requería el cultivo se aplicaron $75,8 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de Nitrógeno, en forma de urea, en una sola dosis, de fósforo se aplicaron $53,0 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de P_2O_5 , en forma de SPT en una sola dosis, y como mantenimiento se aplicaron $75,8 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de K_2O , en forma de muriato de potasio también en una sola dosis. La aplicación se realizó al momento de la preparación de suelo.

Riego

El primer riego se realizó a la semana de sembrados los ensayos, ya que posterior a la siembra ocurrió una precipitación de 14 milímetros, suficientes para la incorporación de los herbicidas.

Entre junio y agosto se realizaban riegos solo si no existían precipitaciones y al realizar verificaciones de humedad de suelo esta no se encontraba dentro de los rangos establecidos. En los meses finales del cultivo se regaba cada 3 días hasta el momento de la cosecha.

Evaluaciones

Para cada uno de los cultivares ensayados Zanahoria Chantenay RedCo (Ensayo 1) y Zanahoria Hibrido Sugar Snax 54 (Ensayo 2), se realizaron las siguientes evaluaciones.

Evaluaciones de crecimiento de malezas

Estas fueron realizadas en tres oportunidades, a través de un cuadrante de medición de 625 cm^2 , el cual fue arrojado al azar sobre cada unidad experimental.

Los parámetros considerados para esta evaluación fueron Densidad y Dominancia de malezas.

Densidad de malezas ($\text{N}^\circ \text{ malezas}/\text{m}^2$). En este parámetro se evaluó la cantidad de malezas que había en cada cuadrante, lo cual fue extrapolado a 1 m^2 . Esta evaluación fue realizada a los 41, 87 y 116 días después de la emergencia.

$$\text{Densidad (N}^\circ\cdot\text{m}^{-2}) = \frac{\text{Número de individuos}}{\text{Unidad de superficie}}$$

Dominancia de malezas (peso seco/m²). Se evaluó el peso seco de cada especie de malezas que se identificó en el cuadrante. Esta evaluación fue realizada a los 68, 114 y 143 días después de la siembra. Mediante los valores que se obtuvieron para cada maleza identificada se realizó el cálculo de la dominancia con la siguiente fórmula:

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

Para la determinación de la dominancia de malezas, las especies colectadas por cuadrante fueron llevadas desde el campo al laboratorio en bolsas de papel separadas por tratamiento y repetición; ahí fueron identificadas y separadas en bolsas individuales por especie y llevadas a una estufa a temperatura de 70°C por 48 horas o hasta que alcanzaran peso constante y se pesaron con una balanza de precisión.

Evaluación de crecimiento del cultivo

Altura de follaje. Se midió en dos oportunidades, en cada tratamiento. La primera a los 76 días de iniciado el ensayo (49 días después de emergencia) y la segunda, a los 29 días de aplicado el último tratamiento (100 días después de emergencia). Se midió utilizando una huincha métrica calibrada en cm y se midió desde 1 cm por sobre los hombros hasta la máxima de altura alcanzada por el follaje.

Evaluaciones de fitotoxicidad de herbicidas

Fitotoxicidad de herbicidas. Este parámetro fue evaluado a nivel foliar, utilizando la escala de daño que se muestra en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Escala de daño para evaluación de fitotoxicidad visual.

Grado de daño en la planta	Porcentaje de follaje afectado
Sin daño	0
Levemente dañado	1-10
Moderadamente dañado	11-50
Gravemente dañado	51-100

Adaptado de Grez, (2008).

Porcentaje de mortalidad. Se evaluó a los 15, 44, 58, 85 y 99 días desde la emergencia (DDE), en una superficie de un metro lineal. Esta medición se realizó para cada tratamiento de acuerdo al total de semillas emergidas previo raleo.

Para evaluar este parámetro se utilizó la siguiente fórmula:

$$\% \text{ mortalidad} = \frac{\text{Número plantas vivas}}{\text{Total plantas emergidas}} \times 100$$

Este valor fue corregido mediante la Transformación angular de Bliss.

Evaluaciones a cosecha

La cosecha de la Zanahoria Híbrido Sugar Snax, se realizó a los 120 días después de la emergencia, y la de Zanahoria Chantenay RedCo, a los 141 días después de la emergencia.

Largo de raíz (cm). Se evaluó utilizando una regla graduada, midiendo desde 0,5 cm por bajo la inserción de las hojas hasta la parte apical de la zanahoria. Se consideró una unidad muestral de 40 zanahorias.

Diámetros de raíz (mm). Se midió a través de un pie de metro digital, calibrado en mm. Se realizaron 2 mediciones, por zanahoria, la primera correspondiente al diámetro de hombros, y la segunda 1 cm antes de llegar al ápice de la raíz. Se utilizó una unidad muestral de 40 zanahorias.

Color de raíz (L, C, H_{ab}). En cada zanahoria se evaluó el color interno y externo. Para el color interno se consideró la parte central de la raíz y para lograrlo se realizó un corte transversal en las raíces, y en el caso del color externo, se midió la superficie de la raíz. Se tomaron 3 mediciones en cada zanahoria por sector determinado con un colorímetro portátil triestímulo (CR-300, Kónica Minolta Chroma meter, Ramsey, Nueva Jersey, EE.UU.) con fuente iluminante D65, un ángulo observador de 0° y calibrado a través de un estándar blanco. En la Figura 1 se observa el colorímetro utilizado y el tipo de corte de zanahorias. Se consideró una unidad muestral de 10 zanahorias.

El color puede ser cuantificado en un espacio tridimensional denominado CIELAB, el cual está compuesto por L*, a* y b*. Los datos obtenidos de a* y b* son utilizados en una siguiente valoración para la obtención del croma y el ángulo hue (tono) (McGuire, 1992).

La luminosidad (L) es aquel parámetro que representa la intensidad de luz que tiene el color, y va desde el negro (valor = 0) al blanco (valor = 100). El croma ($C = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}}$) corresponde al grado de saturación del color, moviéndose entre el color gris (valor = 0) y el color en su máxima expresión (valor = 60), mientras que el tono ($H_{ab} = \arctan\sqrt{b^*/a^*}$) corresponde al ángulo ubicado en el espacio tridimensional de colores, y representa la frecuencia de la onda de luz que es reflejada por un objeto, teniendo su mayor representación a los 0°, 90°, 180° y 270° (rojo o magenta, amarillo, verde y azul respectivamente) (Anexo 1).



Figura 1. Colorímetro CR-300, y muestras de cortes de zanahorias medidas

Determinación de carotenos totales (CT, alfa y beta caroteno). Esta evaluación fue realizada mediante el procedimiento descrito por Higby (1962), según el cual los carotenoides fueron extraídos mediante la agitación del jugo de zanahoria con una mezcla de alcohol isopropílico y hexano. Seguidamente, esta mezcla se separó en un embudo de decantación, dejando pasar la porción orgánica, en la cual están suspendidos los carotenoides, a un matraz aforado. El líquido decantado se filtró con 2 capas de gasa y Na_2SO_4 , y se mezcló con acetona. Para medir el contenido de CT, la absorbancia de la solución resultante se midió a 450 nm (correspondiente al máximo de absorbancia del beta-caroteno) un espectrofotómetro visible de haz visible (T 70 UV-Vis PG Instruments Ltd. Leicester, Reino Unido), con un paso de luz de 1 cm, empleando una solución de hexano:alcohol isopropílico, en una relación de 1:3, como blanco. El contenido de CT, se determinó mediante una curva de calibración realizada con un patrón (99% de pureza) de alfa y beta caroteno (Sigma Aldrich, EE.UU.). Los resultados se expresaron en gramos de CT por kilogramo de peso fresco ($\text{g}_{\text{CT}} \cdot \text{kg}_{\text{PF}}^{-1}$).

Peso fresco de raíz (g). Se consideró una unidad muestral de 20 zanahorias. Se evaluó su peso utilizando una balanza de precisión, considerando la raíz y su follaje.

Número de raíces totales, de descarte y comerciales por metro cuadrado. Se contabilizaron las zanahorias comerciales, de descarte y el total de ellas que se produjeron en los 2 metros lineales, de cada hilera central de medición.

Análisis estadístico

Para cada variedad se realizaron análisis de homogeneidad y normalidad de varianza. Aquellos valores que fueron obtenidos en porcentaje fueron corregidos con la Transformación angular de Bliss.

Una vez efectuados los análisis anteriores, se realizó el Análisis de Varianza (ANDEVA) con un 95% de confianza. En aquellos casos en que se detectaron diferencias estadísticas significativas se empleó la Prueba de Rango Múltiple de Tukey.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Todos los parámetros fueron evaluados de manera independiente para cada cultivar. Para el proceso de análisis se discutirán los resultados conjuntamente.

Evaluaciones de crecimiento de malezas

Para poder observar el efectivo control de las malezas realizado por los herbicidas utilizados, se efectuaron tres mediciones de densidad y dominancia durante la ejecución de los ensayos. En el Cuadro 3 se muestra la clasificación de las principales malezas presentes en el estudio, considerando la variedad Chantenay RedCo y Sugar Snax 54.

Cuadro 3. Clasificación botánica de malezas presentes en los ensayos de las Zanahorias Chantenay RedCo y Sugar Snax 54.

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN
Asteraceae	<i>Senecio vulgaris</i>	Senecio
Asteraceae	<i>Lactuca sativa</i>	Lechuga
Asteraceae	<i>Sonchus spp.</i>	Sonchus
Asteraceae	<i>Lactuca serriola</i>	Lechuguilla
Boraginaceae	<i>Echium vulgare</i>	Lengua de gato
Brassicaceae	<i>Capsella bursa-pastoris</i>	Bolsita del pastor
Brassicaceae	<i>Brassica spp.</i>	Mostaza
Brassicaceae	<i>Hirschfeldia incana</i>	Mostacilla
Caryophyllaceae	<i>Stellaria media</i>	Quilloi - Quilloi
Chenopodiaceae	<i>Polygonum aviculare</i>	Sanguinaria
Chenopodiaceae	<i>Chenopodium album</i>	Quinguilla
Convolvulaceae	<i>Convolvulus arvensis</i>	Correhuela
Fabaceae	<i>Melilotus indica</i>	Trébol
Fabaceae	<i>Medicago sativa</i>	Alfalfa
Fumariaceae	<i>Fumaria officinalis</i>	Fumaria
Geraniaceae	<i>Erodium cicutarium</i>	Relojito
Lamiaceae	<i>Lamium amplexicaule</i>	Gallito
Malvaceae	<i>Malva parviflora.</i>	Malva
Poaceae	<i>Poa annua</i>	Piojillo
Poaceae	<i>Cynodon dactylon</i>	Chépica
Portulacaceae	<i>Portulaca oleraceae</i>	Verdolaga ¹
Scropulariaceae	<i>Veronica persica</i>	Verónica
Solanaceae	<i>Datura stramonium</i>	Chamico
Solanaceae	<i>Solanum lycopersicon</i>	Tomate
Urticaceae	<i>Urtica urens</i>	Ortiga

¹Presente únicamente en zanahoria Sugar Snax 54.

La presencia de malezas en cualquier cultivo, está relacionada a la pérdida de rendimiento o productividad, debido a la interferencia. Al respecto Labrada *et al.* (1996), señalan que las pérdidas anuales causadas por las malezas en la agricultura, para los países en desarrollo, han sido estimadas alrededor de 125 millones de toneladas de alimentos.

La competencia, que se produce entre el cultivo y las malezas, descrita por, Sattin y Berti (2004) y Zimdahl (2007), señalan que al producirse el crecimiento de nuevas plantas en el área destinada al establecimiento y desarrollo del cultivo, éstas ocuparán los factores productivos (luz, agua, nutrientes, espacio y CO₂), que fueron determinados previamente. Por tanto, el que existan malezas compitiendo con el cultivo generará una disminución del rendimiento medio esperado.

Smith *et al.* (2009), indican que en el caso particular de los cultivos de zanahoria, la presencia de malezas es de gran importancia debido al tipo de arquitectura de la planta y al tipo de desarrollo vegetativo que presenta.

Sin embargo, no todas las especies de malezas provocan la misma interferencia, es por ello, que se considera fundamental el reconocimiento de las especies “problema”. Estudios realizados por Fogelberg y Dock Gustavsson (1999) en zanahoria señalan que especies como *Urtica urens* L., *Stellaria media* (L.) Vill., *Chenopodium album* L. y *Senecio vulgaris* L., constituyen serios problemas debido a la época de aparición y la densidad en que se presentan.

De acuerdo a lo señalado por Zaragoza (2004) es necesario conocer y determinar de manera específica la composición de la flora de malezas presentes en los cultivos de hortalizas, teniendo esto en consideración, se facilita la planificación de los métodos de control más adecuados para el cultivo, dado, que las malezas están adaptadas al cultivo que infestan por sus características morfológicas y fenológicas, entre otras.

Por lo general, en cultivos de hortalizas, los mayores problemas son producidos por las malezas dicotiledóneas, ya que las monocotiledóneas pueden ser manejadas de mejor manera a través de rotaciones o eliminadas utilizando herbicidas que sean selectivos y de aplicación foliar (Zaragoza, 2004).

En el Cuadro 4 se presenta la densidad y dominancia de las malezas presentes en este estudio, obtenidos para el cultivar de zanahoria estándar y en miniatura. Para dicha evaluación se consideró la presencia de malezas en el tratamiento sin control químico, a los 41 días luego de la emergencia del cultivo.

Cuadro 4. Densidad y dominancia de malezas en tratamiento testigo, a los 41 DDE, para cultivares de Zanahoria Chantenay RedCo y Sugar Snax 54.

Nombre Científico	Zanahoria Chantenay RedCo		Zanahoria Sugar Snax 54	
	Densidad N°·m ⁻²	Dominancia g·m ⁻²	Densidad N°·m ⁻²	Dominancia g·m ⁻²
<i>Poa annua</i>	1.616,0	8,2	1.600,0	8,98
<i>Urtica urens</i>	685,3	7,7	1.232,0	16,93
<i>Veronica persica</i>	464,0	1,3	650,7	4,30
<i>Capsella bursa-pastoris</i>	170,7	3,8	93,3	2,74
<i>Senecio vulgaris</i>	64,0	0,6	29,3	0,50
<i>Stellaria media</i>	309,3	1,7	128,0	0,42
<i>Brassica spp.</i>	16,0	0,5	13,3	0,53
<i>Malva parviflora</i>	16,0	0,2	2,7	0,08
<i>Erodium cicutarium</i>	24,0	0,5	16,0	0,29
<i>Polygonum aviculare</i>	32,0	0,1	5,3	0,01
<i>Lactuca sativa</i>	32,0	0,7	18,7	1,73

De las malezas anteriormente presentadas se considerarán para los análisis *Poa annua*, *Urtica urens* y *Veronica persica*, las cuales constituyen aproximadamente el 80 y 92% de la densidad y/o dominancia en el ensayo Chantenay RedCo y Sugar Snax 54, respectivamente. Las malezas, no consideradas individualmente, se han agrupado en un ítem de “Otras” (figuras 2 y 3).

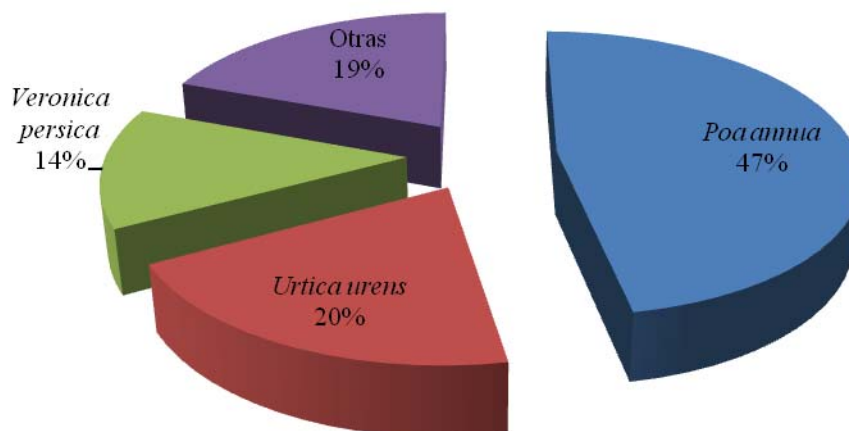


Figura 2. Densidad de malezas en primera medición efectuada a los 41 días luego de la emergencia, en tratamiento testigo, en zanahoria Chantenay RedCo.

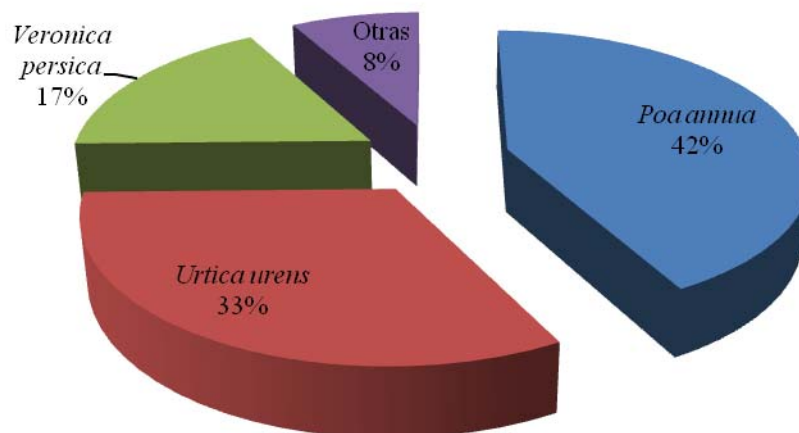


Figura 3. Densidad de malezas en primera medición efectuada a los 41 días luego de la emergencia, en tratamiento testigo, en zanahoria Sugar Snax 54.

Para las siguientes dos mediciones se considera además a *Lamium amplexicaule* como maleza problema para el ensayo correspondiente a zanahoria Sugar Snax 54.

Densidad de malezas

Para cada herbicida aplicado y el tratamiento mantenido con limpia manual se realizaron mediciones de densidad de malezas a los 41, 87 y 116 días después de la emergencia. Para la primera fecha de medición solo se compararon las parcelas en donde se había realizado la aplicación de herbicidas, quedando fuera el tratamiento de Metribuzina aplicado en post emergencia del cultivo.

Ayala (2010) señala que la densidad de malezas es un parámetro que puede ser utilizado como indicador de emergencia de ellas, y a través de esto, es factible evaluar el efecto que tendrían los herbicidas para el control de malezas antes o durante el proceso de germinación.

En los cuadros 5 y 6 se observan los resultados obtenidos comparativamente en la primera fecha de evaluación para la densidad de malezas del primer y segundo ensayo respectivamente.

Cuadro 5. Densidad de malezas a los 41 días post emergencia¹, en zanahoria Chantenay RedCo.

Tratamiento¹	<i>Poa annua</i>		<i>Urtica urens</i>		<i>Veronica persica</i>		Otras		Total	
	-----n°·m ² -----									
Manual	1.592,00	b	809,33	b	265,33	b	576,00	b	3.242,67	b
Linuron (PE)	2,66	a	0,00	a	0,00	a	2,66	a	5,33	a
Pendimethalin	13,33	a	24,00	a	0,00	a	24,00	a	61,33	a
Linuron (Post)	1.610,67	b	930,66	b	202,66	ab	330,66	ab	3.074,67	b

Letras diferentes en sentido vertical, indican diferencias estadísticas significativas, para la prueba de rango múltiple de Tukey, con una probabilidad del 5%.

¹No se considera tratamiento de Metribuzina.

De acuerdo a los resultados obtenidos en esta primera evaluación se observa que las parcelas que fueron aplicadas con Linuron en pre emergencia y las tratadas con Pendimethalin fueron aquellas que concentraron una menor densidad de malezas durante el establecimiento del cultivo, lo que generó una menor interferencia entre maleza-cultivo durante los estados iniciales de éste. Lo que difiere estadísticamente de lo obtenido en las parcelas asperjadas con Linuron en post emergencia, en donde se observa una diferencia para el caso de *Poa annua* y de *Urtica urens*.

Las parcelas mantenidas como testigo, fueron manejadas a través de limpiezas manuales. Éstas se realizaron una vez que las malezas se presentaban en su momento oportuno de control, es decir cuando presentaban el tamaño y la población adecuada para realizar la limpieza sin causar interferencia en el cultivo, esto fue aproximadamente cada 3 semanas durante la duración del ensayo. De acuerdo a esto, al momento de realizar esta primera evaluación se había realizado solo una primera limpieza a las parcelas. En estas parcelas se genera una diferencia estadística en todas las malezas evaluadas al comparar con las parcelas tratadas con Linuron o Pendimethalin, ambos en pre emergencia del cultivo, lo que significó una elevada densidad de malezas en las parcelas.

Se hace importante mencionar que al aplicar Linuron en pre o post emergencia de hortalizas, su espectro de acción incluye tanto malezas de hoja ancha como angosta (AFIPA, 2009), lo que difiere de lo obtenido en esta primera evaluación, en donde se presentan valores significativos en todas las malezas evaluadas, pero esto se debe a que el herbicida mencionado se encontraba aplicado en las parcelas desde hace solo 7 días previos a la evaluación.

Ware (1993), señala que el espectro de control de Pendimethalin incluye gramíneas anuales y malezas de hoja ancha, razón por la que su control es efectivo.

La aplicación de Linuron en post emergencia fue efectuada una semana antes de esta evaluación, por lo que el efecto del herbicida aún no se observaba de manera completa en las parcelas.

Estudios realizados por Bell *et al.* (2000), indican que se obtienen mejores resultados en cuanto al control de malezas al aplicar Linuron en pre emergencia que en post emergencia, o bien al realizar ambas aplicaciones durante el desarrollo del cultivo.

Cuadro 6. Densidad de malezas a los 41 días post emergencia¹ en zanahoria Sugar Snax 54.

Tratamiento ¹	<i>Poa annua</i>		<i>Urtica urens</i>		<i>Veronica persica</i>		Otras	
	-----n°·m ² -----							
Manual	1.229,33	b	1.317,33	c	664,00	b	1.017,33	b
Linuron (PE)	0,00	a	0,00	a	0,00	a	2,66	a
Pendimethalin	0,00	a	109,33	ab	13,33	a	29,33	a
Linuron (Post)	698,66	b	904,00	bc	506,66	ab	802,66	b

Letras diferentes en sentido vertical, indican diferencias estadísticas significativas, para la prueba de rango múltiple de Tukey, con una probabilidad del 5%.

¹No se considera tratamiento de Metribuzina.

Para la primera evaluación realizada de densidad de malezas en este ensayo, se observa que Linuron aplicado en pre emergencia es el tratamiento herbicida que presentó menor interferencia de las malezas hacia el cultivo durante el establecimiento de éste, sin diferir estadísticamente de Pendimethalin, aun cuando en las parcelas asperjadas con éste herbicida, se observa un menor efecto en malezas dicotiledóneas y nula presencia de *Poa annua* en las parcelas, debido a su alto control en malezas monocotiledóneas anuales tal como lo indica Ware (1993).

El efecto producido por Pendimethalin se debe a que es un inhibidor de la formación de microtúbulos celulares, inhibiendo de esta manera la elongación y división celular de los meristemos de raíces y tallos, con esto las plantas afectadas mueren rápidamente antes de la germinación o seguidamente a la emergencia en el suelo (AFIPA, 2009).

A esta fecha de evaluación, Linuron aplicado en post emergencia solo llevaba una semana desde que fue asperjado y sus efectos aún no se manifestaban. Siendo su efecto en esta medición similar al obtenido a través de las limpiezas manuales.

Para la evaluación realizada a los 87 días post emergencia, todos los herbicidas se encontraban asperjados. Los resultados se presentan en los cuadros 7 y 8.

Cuadro 7. Densidad de malezas a los 87 días post emergencia en zanahoria Chantenay RedCo.

Tratamiento	<i>Poa annua</i>	<i>Urtica urens</i>	<i>Veronica persica</i>	Otras
-----n°·m ² -----				
Manual	149,33 a	64,0 a	26,66 a	61,33 a
Linuron (PE)	0,00 a	0,00 a	13,33 a	0,00 a
Pendimethalin	42,66 a	0,00 a	0,00 a	61,33 a
Linuron (Post)	34,66 a	0,00 a	5,33 a	10,66 a
Metribuzina	1.437,33 b	560,00 b	272,00 b	621,33 b

Letras diferentes en sentido vertical, indican diferencias estadísticas significativas, para la prueba de rango múltiple de Tukey, con una probabilidad del 5%.

Cuadro 8. Densidad de malezas a los 87 días post emergencia en zanahoria Sugar Snax 54.

Tratamiento	<i>Poa annua</i>	<i>Urtica urens</i>	<i>Veronica persica</i>	<i>Lamium amplexicaule</i>	Otras
-----n°·m ² -----					
Manual	82,7 a	77,3 a	18,7 a	48,0 a	32,0 a
Linuron (PE)	0,0 a	0,0 a	5,3 a	0,0 a	8,0 a
Pendimethalin	34,7 a	10,7 a	0,0 a	0,0 a	40,0 a
Linuron Post)	5,3 a	0,0 a	8,0 a	0,0 a	8,0 a
Metribuzina	1.021,3 b	978,7 b	181,3 b	416,0 b	365,3 b

Letras diferentes en sentido vertical, indican diferencias estadísticas significativas, para la prueba de rango múltiple de Tukey, con una probabilidad del 5%.

Para ambos ensayos analizados de manera independiente en la segunda fecha de evaluación de densidad de malezas, se obtuvieron las mismas diferencias significativas entre los tratamientos, siendo las parcelas asperjadas con Metribuzina en post emergencia las que presentaban los niveles más elevados de malezas, predominando *Poa annua* y *Urtica urens*. Esta evaluación se realizó cuando éste herbicida llevaba 15 días asperjado en campo, y el elevado nivel de malezas aún predominante en comparación con el resto de los tratamientos se pudo deber a que su efecto aún no se manifestaba completamente.

De acuerdo a lo señalado por Stall (2006), Metribuzina requiere de una altura de malezas no mayor a los 3 cm, por lo que su efecto se vería exhibido solo en aquellas plantas que estaban recién iniciando su desarrollo, y por esto los altos valores que se obtuvieron en esta medición se pudo deber a que las malezas tenían un estado de desarrollo superior.

Para el resto de los herbicidas asperjados y el tratamiento de limpia manual se observa que el control de malezas era efectivo, siendo aún la maleza predominante *Poa annua* en la mayoría de ellos.

La última evaluación realizada para la densidad de malezas fue efectuada 116 días posteriores a la emergencia (cuadros 9 y 10).

Cuadro 9. Densidad de malezas a los 116 días post emergencia en zanahoria Chantenay RedCo.

Tratamiento	<i>Poa annua</i>	<i>Urtica urens</i> ^{ns}	<i>Veronica persica</i>	Otras
	-----n ^o ·m ⁻² -----			
Manual	90,66 b	2,66	22,40 b	16,00 ab
Linuron (PE)	0,00 a	0,00	2,66 a	10,66 ab
Pendimethalin	5,33 a	0,00	0,00 a	61,33 b
Linuron (Post)	0,00 a	0,00	0,00 a	0,00 a
Metribuzina	0,00 a	0,00	0,00 a	16,00 ab

Letras diferentes en sentido vertical, indican diferencias estadísticas significativas, para la prueba de rango múltiple de Tukey, con una probabilidad del 5%. ^{ns/} No se presentan diferencias estadísticas significativas.

En la última evaluación se observa un aumento en la densidad de *Poa annua* para el tratamiento de limpieza manual, sin embargo, al comparar esto con los resultados obtenidos de dominancia (Cuadro 15) se denota una baja importancia de la interferencia de esta maleza ya que se encontraba en estados iniciales de desarrollo y crecimiento y por tanto la competencia con el cultivo era menor, ya que había pasado su período crítico, el cual de acuerdo a lo señalado por Smith *et al.* (2009), corresponde a las primeras 4 semanas de establecimiento del cultivo.

Sin embargo, Pendimethalin muestra una disminución en su control dado por el aumento en el ítem de otras malezas en comparación con la evaluación anterior. Esto se observa además en el caso de la dominancia (Cuadro 15), en donde los resultados obtenidos muestran que es el único grupo herbicida que presentó un peso considerable como para generar cierta interferencia con el cultivo. Esto debido a que este herbicida presenta una persistencia de 2-4 meses (Kogan y Pérez, 2003), y al evaluarse las malezas pasado este período, las raíces de nuevas plántulas o brotes en emergencia no estaban siendo afectadas por el herbicida.

Estudios realizados por Kavaliauskaitè *et al.* (2009), indican que Linuron aplicado de manera posterior a la siembra, es el tratamiento que genera una mayor reducción (94,2%) en el número de malezas dicotiledóneas anuales por superficie, en tanto Metribuzina, aplicado a un estado de 1-2 hojas verdaderas del cultivo reduce este tipo de malezas en un 83,8%.

Cuadro 10. Densidad de malezas a los 116 días post emergencia en zanahoria Sugar Snax 54.

Tratamiento	<i>Poa annua</i>	<i>Urtica urens</i> ^{ns}	<i>Veronica persica</i>	<i>Lamium amplexicaule</i>	Otras ^{ns}
-----n°·m ² -----					
Manual	48,00 b	13,32	8,00 b	10,67 b	26,66
Linuron (PE)	0,00 a	0,00	8,00 b	0,00 a	13,33
Pendimethalin	8,00 a	10,67	0,00 a	2,67 ab	32,00
Linuron (Post)	0,00 a	0,00	0,00 a	0,00 a	2,66
Metribuzina	2,67 a	0,00	0,00 a	0,00 a	37,33

Letras diferentes en sentido vertical, indican diferencias estadísticas significativas, para la prueba de rango múltiple de Tukey, con una probabilidad del 5%. ^{ns/} No se presentan diferencias estadísticas significativas.

En la última fecha de evaluación se observa que Pendimethalin ha ido perdiendo de manera paulatina su efecto de control, ya que ha aumentado su valor de densidad de malezas, respecto de evaluaciones anteriores. Sin embargo, no presenta diferencias estadísticas significativas con el resto de los tratamientos a excepción de la limpia manual en *Poa annua* y *Veronica persica*, esto debido a que en el caso de las limpiezas manuales se debía esperar el momento oportuno de control.

Para el tratamiento de Metribuzina, su efecto se vió manifestado de manera eficiente aproximadamente a los 20 días de aplicado, por lo que a esta fecha de evaluación ya no se denotan diferencias estadísticas significativas con el resto de los tratamientos herbicidas.

Linuron aplicado en post emergencia del cultivo, presenta buenos niveles de control de malezas lo que se contrapone a lo expuesto por Bellinder *et al.* (1997), quienes señalan en su estudio que una sola aplicación de Linuron en post emergencia no genera un control adecuado de malezas, como por ejemplo de *Amaranthus* spp.

Debido al modo de acción que presentan los herbicidas utilizados en ambos ensayos, siendo Linuron y Metribuzina, inhibidores del proceso fotosintético (afectando el fotosistema II) (Kogan y Pérez, 2003), y Pendimethalin un inhibidor del proceso de división y elongación celular en meristemos de raíces (AFIPA, 2009), es que el control de las malezas se ve reflejado de manera paulatina a través del desarrollo del cultivo y sólo hasta que la persistencia de los herbicidas en el suelo permite un control efectivo de éstas, lo que implica que el control de malezas se facilita en un estado inicial de éstas.

A pesar de que diversos autores indican que Pendimethalin al ser aplicado en hortalizas presenta un mejor control en malezas gramíneas anuales, a medida que se fueron desarrollando los ensayos, el control de este herbicida fue perdiendo su eficacia en el caso de *Poa annua*, y sin embargo presentó un buen efecto sobre malezas dicotiledóneas como lo son *Urtica urens* y *Veronica persica* hacia las últimas evaluaciones.

Dominancia de malezas

Para cada herbicida aplicado y el tratamiento mantenido con limpia manual se realizaron mediciones de peso seco de malezas a los 41, 87 y 116 días después de la emergencia. Con los resultados obtenidos de estas mediciones se pudo establecer la dominancia de las malezas en cada tratamiento, lo que nos da una buena aproximación del crecimiento que ellas alcanzaron, esto es importante, dado que la interferencia se produce por la competencia por elementos nutricionales, agua, luz y temperatura entre otros (Zimdahl, 2007).

Al analizar la dominancia de las principales malezas presentes en este estudio, se puede observar que existen diferencias estadísticas significativas entre los diferentes tratamientos herbicidas utilizados en la primera fecha de evaluación para el ensayo 1 y 2 (cuadros 11 y 12).

Cuadro 11. Dominancia de malezas a los 41 días post emergencia¹ en zanahoria Chantenay RedCo.

Tratamiento ¹	<i>Poa annua</i>	<i>Urtica urens</i> ^{ns}	<i>Veronica persica</i> ^{ns}	Otras
	-----g·m ⁻² -----			
Manual	7,42 b	9,25	1,26	8,45 b
Linuron (PE)	1,21 a	0,00	0,00	1,15 a
Pendimethalin	1,16 a	1,88	0,00	1,94 a
Linuron (Post)	5,99 ab	10,16	0,96	4,08 ab

Letras diferentes en sentido vertical, indican diferencias estadísticas significativas, para la prueba de rango múltiple de Tukey, con una probabilidad del 5%. ^{ns/} No se presentan diferencias estadísticas significativas.

¹No se considera tratamiento de Metribuzina.

Del cuadro anterior se puede determinar que para la primera fecha de evaluación los tratamientos aplicados en pre emergencia del cultivo (Linuron y Pendimethalin) no presentaban diferencias estadísticas entre sí. Ambos tratamientos estaban siendo eficientes en el control de malezas durante las primeras semanas de establecimiento de las zanahorias, ya que a pesar de existir malezas en las parcelas, su peso seco por superficie hacía que la interferencia fuera menor a la producida en los otros tratamientos.

Además, entre las parcelas testigo y Linuron aplicado en post emergencia, no se presentan diferencias estadísticas para ninguna de las malezas evaluadas, por lo que la interferencia que se estaba generando era similar entre ambos tratamientos.

Cuadro 12. Dominancia de malezas a los 41 días post emergencia¹, en zanahoria Sugar Snax 54.

Tratamiento ¹	<i>Poa annua</i>		<i>Urtica urens</i>		<i>Veronica persica</i>		Otras	
	-----g·m ⁻² -----							
Manual	6,80	b	15,78	b	4,29	b	7,42	b
Linuron (PE)	0,00	a	0,00	a	0,00	a	0,77	a
Pendimethalin	0,00	a	0,18	a	0,02	a	0,23	a
Linuron (Post)	2,29	b	6,93	a	2,29	ab	4,24	ab

Letras diferentes en sentido vertical, indican diferencias estadísticas significativas, para la prueba de rango múltiple de Tukey, con una probabilidad del 5%.

¹No se considera tratamiento de Metribuzina.

Para la primera evaluación de dominancia de malezas, las parcelas tratadas con Linuron y Pendimethalin (ambos aplicados en pre emergencia) son los tratamientos que presentaron menor crecimiento de malezas, por lo que se genera un desarrollo y crecimiento adecuado de las zanahorias, ya que no tienen competencia ni interferencia generada por las malezas (Fogelberg y Dock Gustavsson, 1999).

En los cuadros 13 y 14 se observan los resultados obtenidos en la segunda evaluación de dominancia de malezas para cada cultivar respectivamente.

Cuadro 13. Dominancia de malezas a los 87 días post emergencia en zanahoria Chantenay RedCo.

Tratamiento	<i>Poa annua</i>		<i>Urtica urens</i>		<i>Veronica persica</i> ^{ns}		Otras	
	-----g·m ⁻² -----							
Manual	6,45	a	0,98	a	0,82		1,45	a
Linuron (PE)	0,00	a	0,00	a	0,46		0,00	a
Pendimethalin	11,87	a	0,00	a	0,00		53,33	ab
Linuron (Post)	2,52	a	0,00	a	0,07		6,26	a
Metribuzina	31,20	b	40,04	b	8,68		100,64	b

Letras diferentes en sentido vertical, indican diferencias estadísticas significativas, para la prueba de rango múltiple de Tukey, con una probabilidad del 5%. ^{ns/} No se presentan diferencias estadísticas significativas.

Para esta evaluación Metribuzina, es el herbicida que muestra un menor control, pero esto se pudo deber a que había sido aplicado hace 15 días por lo que su efecto aún no se veía manifestado, y en estas parcelas no se realizó ningún tipo de limpia manual de manera previa a la aplicación del herbicida.

En el caso de las parcelas asperjadas con Pendimethalin ya se empieza a notar una disminución de su efecto debido al tiempo de persistencia que presenta éste en el campo (60 a 90 días - AFIPA, 2009).

Cuadro 14. Dominancia de malezas a los 87 días post emergencia en zanahoria Sugar Snax 54.

Tratamiento	<i>Poa annua</i>	<i>Urtica urens</i>	<i>Veronica persica</i>	<i>Lamium amplexicaule</i>	Otras
	-----g·m ⁻² -----				
Manual	1,54 a	1,92 a	0,40 ab	1,06 a	0,95 a
Linuron (PE)	0,00 a	0,00 a	0,56 ab	0,00 a	0,15 a
Pendimethalin	9,52 a	0,13 a	0,00 a	0,00 a	8,40 a
Linuron (Post)	0,21 a	0,00 a	0,64 ab	0,00 a	2,08 a
Metribuzina	40,50 b	71,36 b	2,37 b	9,92 b	130,10 b

Letras diferentes en sentido vertical, indican diferencias estadísticas significativas, para la prueba de rango múltiple de Tukey, con una probabilidad del 5%.

Metribuzina asperjada en post emergencia, es el tratamiento que presenta el menor control de *Poa annua*, *Urtica urens*, *Lamium amplexicaule* y del ítem de otras, en comparación con el resto de los productos químicos aplicados y la limpia manual, pero había sido asperjada 15 días antes, lo cual interfiere en la evaluación, ya que los efectos del herbicida se vieron manifestados aproximadamente a los 20 días post aplicación.

Sin embargo, en el caso de la maleza *Veronica persica*, la diferencia significativa se da solamente entre las parcelas asperjadas con Pendimethalin y aquellas zanahorias que fueron tratadas con Metribuzina, por tanto, cuando el cultivo se encontraba en la mitad de su desarrollo fueron estas parcelas las que presentaron una mayor competencia por los recursos para un mejor crecimiento y desarrollo.

En los cuadros 15 y 16 se muestran los resultados de dominancia de malezas para la última fecha de evaluación, para cada cultivar.

Cuadro 15. Dominancia de malezas a los 116 días post emergencia en zanahoria Chantenay RedCo.

Tratamiento	<i>Poa annua</i> ^{ns}	<i>Urtica urens</i> ^{ns}	<i>Veronica persica</i>	Otras ^{ns}
	-----g·m ⁻² -----			
Manual	2,32	0,02	1,89 b	0,95
Linuron (PE)	0,00	0,00	0,53 ab	2,90
Pendimethalin	2,00	0,00	0,00 a	279,07
Linuron (Post)	0,00	0,00	0,00 a	0,00
Metribuzina	0,00	0,00	0,00 a	0,20
CV				188,75

Letras diferentes en sentido vertical, indican diferencias estadísticas significativas, para la prueba de rango múltiple de Tukey, con una probabilidad del 5%. ^{ns/} No se presentan diferencias estadísticas significativas.

En el caso de las parcelas tratadas con Pendimethalin, en la última fecha de evaluación, se observa que su control ya no estaba siendo efectivo ya que su tiempo de persistencia

aproximado en el suelo es de 60-120 días (Kogan y Pérez, 2003), por lo que al momento de esta medición, el efecto del producto era remanente, y las malezas que venían recién emergiendo ya no estaban siendo controladas.

A pesar de que Pendimethalin y Linuron, presentan el mismo espectro de control de malezas, se observa un mayor efecto en las parcelas tratadas con Linuron en post emergencia, ya que de acuerdo a lo señalado por AFIPA (2009) este herbicida posee un efecto residual de 30 a 120 días dependiendo de la dosis y textura del suelo, y al ser asperjado de manera más tardía en estos ensayos, considerando la emergencia del cultivo, su aplicación fue mejor utilizada para un efectivo control, durante los estados iniciales de las zanahorias. En tanto Pendimethalin y Linuron (aplicados en pre emergencia) estuvieron un período más extenso controlando malezas pero sin generar un efecto notorio en las zanahorias, debido a que los rendimientos comerciales obtenidos con ambos tratamientos no se diferenciaron de manera estadísticamente significativa del mejor tratamiento encontrado en ambos cultivares que fue de Linuron aplicado en post emergencia (cuadros 22 y 23).

Cuadro 16. Dominancia de malezas a los 116 días post emergencia en zanahoria Sugar Snax 54.

Tratamiento	<i>Poa annua</i>	<i>Urtica urens</i>	<i>Veronica persica</i>	<i>Lamium amplexicaule</i>	Otras
	-----g·m ⁻² -----				
Manual	1,22	0,37	1,10	0,27	1,04
Linuron (PE)	0,00	0,00	1,05	0,00	0,50
Pendimethalin	2,77	0,40	0,00	0,02	19,50
Linuron (Post)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02
Metribuzina	0,01	0,00	0,00	0,00	8,85

No se presentan diferencias estadísticas significativas, para la prueba de rango múltiple de Tukey, con una probabilidad del 5%.

Tag-El-Din *et al.* (1997), señalan que Linuron es bastante eficaz en el control de malezas, sobre todo en zanahorias sembradas en primavera, y a pesar de causar ciertos daños en el cultivo, su rendimiento es elevado. En este mismo estudio, se realizaron mezclas para evaluar efectividad de herbicidas en el control de malezas y en rendimiento comercial de zanahorias, utilizando Linuron y Metribuzina solos o en mezcla con Pendimethalin; sus resultados demuestran que la mezcla de este último herbicida con los otros, mejora el control de malezas sin causar fitotoxicidades a las zanahorias, además de mejorar el crecimiento foliar y el rendimiento de las raíces, en comparación a la utilización de Linuron o Metribuzina por separado. De acuerdo a esto se puede inferir, que Pendimethalin al ser aplicado solo tendría buenos resultados en el control de las malezas presentes en el estudio.

En estudios realizados por Ruuttunen (2009), se indica que al realizar aplicaciones de Metribuzina y Aclonifen en post emergencia temprana y/o tardía del cultivo, se obtuvo el control más efectivo de *Poa annua*.

Debido al ciclo de vida de las malezas predominantes *Poa annua*, *Urtica urens* y *Veronica persica*, la presencia o ausencia de ellas puede no solo atribuirse al uso de un determinado herbicida, sino mas bien a la dominancia estacional (invierno-verano) de las malezas citadas. Esto se corrobora al analizar lo ocurrido a partir de los 116 días con la emergencia de otras especies (item otras).

En ambos ensayos, las parcelas testigo siguen presentando malezas, específicamente, *Poa annua* y *Veronica persica*, siendo elevado su valor de densidad en comparación a los otros tratamientos (cuadros 9 y 10), pero en cuanto a dominancia, su valor no es significativo como para generar algún nivel de competencia o interferencia con el cultivo en esta etapa de su desarrollo, debido a que su peso fresco no es diferente de manera significativa a los otros valores obtenidos.

Evaluación de crecimiento de cultivo

Altura de follaje

En el Cuadro 17 se presentan los resultados obtenidos para la medición de altura de follaje, realizadas a los 49 y 99 días luego de la emergencia, para cada cultivar de manera independiente.

Cuadro 17. Altura de follaje (cm) de plantas de zanahoria, a los 49 y 99 días post emergencia.

Tratamiento	Altura follaje			
	Zanahoria Chantenay RedCo ^{ns}		Zanahoria Sugar Snax 54	
	10 agosto	30 septiembre	10 agosto	30 septiembre
	-----cm-----			
Manual	2,65	19,37	2,50 ab	20,80 ab
Linuron (PE)	2,42	25,80	2,18 a	21,16 ab
Pendimethalin	2,43	24,22	2,43 ab	22,53 b
Linuron (Post)	2,70	25,87	2,60 b	25,03 b
Metribuzina	*	16,38	*	17,18 a

Letras diferentes en sentido vertical, indican diferencias estadísticas significativas, para la prueba de rango múltiple de Tukey, con una probabilidad del 5%. ^{ns/} No se presentan diferencias estadísticas significativas.

*Aun sin aplicación. La aplicación se realizó al estado de 5 hojas verdaderas, lo que corresponde a 70 días post emergencia.

Para las parcelas del cultivar Chantenay RedCo, no se encuentran diferencias estadísticas significativas en el caso de la evaluación de altura realizada el 10 de agosto, ni en la efectuada el 30 de septiembre (una vez que ya habían sido aplicados todos los tratamientos), lo que puede indicar que la presencia de malezas no afecta este parámetro.

Sin embargo, esto se pudo deber a la alta variabilidad producida dentro de los mismos tratamientos, encontrándose un Coeficiente de Variación de 8,6 y 74,41 para cada fecha de medición respectivamente. A pesar de esto, la apreciación visual de las parcelas hacía suponer que sí se había producido un efecto por parte de la aplicación de Metribuzina en post emergencia, afectando el crecimiento en altura.

Por el contrario, en el caso de la zanahoria en miniatura Sugar Snax 54, para la primera fecha de evaluación se generaron diferencias entre la altura del follaje de las zanahorias aplicadas con Linuron en pre emergencia y las aplicadas con el mismo producto pero en post emergencia, posiblemente debido al menor desarrollo de esta variedad lo que provoca mayor perjuicio a igual densidad y dominancia de malezas.

Para las zanahorias Sugar Snax 54, en la evaluación realizada el día 30 de septiembre se encontraron diferencias entre las zanahorias aplicadas con Metribuzina y Pendimethalin con Linuron aplicado en post emergencia, este último mostraba en campo una mayor altura en comparación con el resto de los tratamientos.

Resultados obtenidos por Lobo (1984), indican que la altura de follaje de zanahorias no es afectada por la aplicación de los herbicidas Linuron y Metribuzina, considerando también el control manual de malezas, señala además que la población de malezas podría ser un factor que interfiera con la altura, y al encontrarse una población homogénea entre los tratamientos no se generarían diferencias estadísticas significativas, lo que se observa en los resultados obtenidos en la medición de dominancia de malezas para zanahoria Chantenay RedCo y Sugar Snax 54 (cuadros 15 y 16).

Evaluaciones de fitotoxicidad de herbicidas

Evaluación de fitotoxicidad

Para esta evaluación se realizaron observaciones periódicas en todos los tratamientos para determinar si existía algún grado de fitotoxicidad a nivel foliar en las zanahorias sometidas a los diferentes herbicidas.

En ambos cultivares, sólo se encontró fitotoxicidad en las parcelas asperjadas con Metribuzina en post emergencia, en la evaluación realizada el día 16 de septiembre, 15 días después de la aplicación del herbicida (Figura 4).

De acuerdo al Cuadro 2, las parcelas aplicadas de zanahoria Chantenay RedCo aplicadas con Metribuzina en post emergencia, se encontraban en el rango de moderadamente dañado ya que en promedio, el porcentaje de fitotoxicidad fue de 17,4%; para el caso de las parcelas de zanahoria Sugar Snax 54 se encontraron con un grado de fitotoxicidad correspondiente a levemente dañado, ya que el promedio de las parcelas dio un 9,2% de daño.



Metribuzina

(a)

Metribuzina

(b)

Figura 4. Efecto fitotóxico de Metribuzina, asperjada a los 98 días post siembra, en hojas de zanahoria Chantenay RedCo (a) y zanahoria Sugar Snax 54 (b).

En estudios realizados por Bellinder *et al.* (1997), se indica que el daño provocado por Linuron, en todos los casos fue aproximado al 4%, lo que no es considerado como daño mínimo, en tanto, Metribuzina presenta un porcentaje mayor de daño, generando necrosis foliares, con un valor aproximado al 18%, siendo un valor similar al obtenido en este estudio en el caso de zanahoria Chantenay RedCo (17,4%). Sin embargo, los mismos autores señalan que la lesión generada en los tejidos de las zanahorias por los herbicidas tiene un bajo impacto sobre los rendimientos.

Ruuttunen (2009) indica que al realizar aplicaciones de Metribuzina ($700 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$) + Aclonifen ($600 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$), en una aplicación temprana en post emergencia y luego tardía se produjeron los mayores daños al cultivo, siendo éstos superiores al 18%, los otros tratamientos aplicados (Linuron, Pendimethalin y Prosulfocarb, solos o en mezcla entre ellos, y en dos momentos de aplicación) también causaron fitotoxicidades en el cultivo, pero sus niveles fueron menores al 10%.

Por otra parte Tag-El-Din *et al.* (1997), señalan que aplicaciones en post emergencia de Linuron ($1,35 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) generan un buen control de todas las especies de malezas sin causar niveles de fitotoxicidad en el cultivo, no así Metribuzina ($0,14\text{-}0,28 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) el cual genera daños y disminución en el rendimiento, más un bajo control de malezas.

Porcentaje de mortalidad

Para cada ensayo se realizó una primera evaluación la cual se efectuó cuando se obtuvo el 50% de la emergencia en las parcelas, momento en el cual se realizó el raleo para homogeneizar la población en cada tratamiento. Posterior a esta medición, una vez cumplidos 15 días desde la emergencia se realizó la primera medición de mortalidad, las evaluaciones posteriores se efectuaron a los 15 y 30 días luego de aplicados los herbicidas.

En los cuadros 18 y 19 se observan los resultados obtenidos de Porcentaje de mortalidad en las cinco fechas de evaluación, para zanahoria Chantenay RedCo y Sugar Snax 54, respectivamente.

Cuadro 18. Porcentaje de mortalidad, en días posteriores a la emergencia, en zanahoria Chantenay RedCo.

Tratamiento	Porcentaje mortalidad				
	Días después de la emergencia				
	15	44	58	85	99
	-----%				
Manual	16,2	16,5	21,6	22,0	21,3
Linuron (PE)	15,3	17,5	19,5	20,7	21,1
Pendimethalin	17,9	19,4	23,1	23,2	23,8
Linuron (Post)	*	18,7	23,1	24,7	26,4
Metribuzina	*	*	*	19,4	19,7

No se presentan diferencias estadísticas significativas, para la prueba de rango múltiple de Tukey, con una probabilidad del 5%.

*Aun sin aplicación. La aplicación de Linuron en Post emergencia se realizó al estado de 1 hoja verdadera, lo que corresponde a 56 días post siembra, en el caso de Metribuzina la aplicación se realizó al estado de 5 hojas verdaderas, es decir a los 105 días post siembra.

Cuadro 19. Porcentaje de mortalidad, en días posteriores a la emergencia, en zanahoria Sugar Snax 54.

Tratamiento	Porcentaje mortalidad				
	Días después de la emergencia				
	15 ^{ns}	44	58	85	99
	-----%-----				
Manual	17,8	15,6 ab	18,0 ab	21,4 abc	19,7 ab
Linuron (PE)	13,6	12,5 a	13,0 a	14,7 a	14,4 a
Pendimethalin	20,1	21,2 b	22,6 b	25,9 c	25,3 b
Linuron (Post)	*	16,3 ab	17,9 ab	23,2 bc	18,0 ab
Metribuzina	*	*	*	16,4 ab	14,9 a

Letras diferentes en sentido vertical, indican diferencias estadísticas significativas, para la prueba de rango múltiple de Tukey, con una probabilidad del 5%. ^{ns/} No se presentan diferencias estadísticas significativas

*Aun sin aplicación. La aplicación de Linuron en Post emergencia se realizó al estado de 1 hoja verdadera, lo que corresponde a 56 días post siembra, en el caso de Metribuzina la aplicación se realizó al estado de 5 hojas verdaderas, es decir a los 105 días post siembra.

En el caso del cultivar Chantenay RedCo, en ninguna de las evaluaciones realizadas se encontraron diferencias estadísticas significativas, como resultado de la aplicación de los distintos tratamientos. Esto permite inferir que no existen efectos de los herbicidas aplicados sobre la mortalidad de la población.

Al contrario de lo obtenido en el ensayo 1, en el caso de la zanahoria en miniatura, se presentan diferencias estadísticas significativas en todas las mediciones de mortalidad realizadas, a excepción de la primera, efectuada a los 15 días de la emergencia del cultivo.

Al analizar la mortalidad a través del tiempo se observa que las zanahorias aplicadas con Pendimethalin en pre emergencia fueron aquellas que presentaron los valores más altos, y con esto se observó una menor población en las parcelas durante el ensayo. Esto se explica ya que este herbicida, es un inhibidor de la formación de microtúbulos celulares, inhibiendo de esta manera la elongación y división celular de los meristemos de raíces y tallos, con esto las plantas afectadas mueren rápidamente antes de la germinación o seguidamente a la emergencia en el suelo (AFIPA, 2009).

Por el contrario, Linuron aplicado en pre emergencia, es aquel tratamiento que presentó una menor mortalidad en las evaluaciones, y por tanto la población fue mayor en comparación al resto de los tratamientos.

Evaluaciones a cosecha

Diámetros de raíz

En esta evaluación se consideró el diámetro de hombros y diámetro apical de cada zanahoria, se realizó a los 120 y 141 días desde la emergencia para el cultivar en miniatura y estándar, respectivamente.

En el Cuadro 20 se observan los resultados obtenidos de manera independiente en cada cultivar para éste parámetro evaluado.

Cuadro 20. Diámetro de hombros y diámetro apical (mm) a cosecha, en zanahoria Chantenay RedCo y zanahoria Sugar Snax 54.

Tratamiento	Diámetro de raíz			
	Zanahoria Chantenay RedCo		Zanahoria Sugar Snax 54	
	Diámetro hombros ^{ns}	Diámetro apical	Diámetro hombros	Diámetro apical
	-----mm-----			
Manual	33,95	11,00 ab	19,60 b	5,83 ab
Linuron (PE)	37,07	12,17 b	21,11 bc	7,80 c
Pendimethalin	36,17	11,82 b	20,48 bc	6,53 bc
Linuron (Post)	36,55	11,62 b	22,20 c	6,71 bc
Metribuzina	33,00	9,57 a	16,20 a	4,43 a

Letras diferentes en sentido vertical, indican diferencias estadísticas significativas, para la prueba de rango múltiple de Tukey, con una probabilidad del 5%. ^{ns/} No se presentan diferencias estadísticas significativas.

De acuerdo a los resultados obtenidos para esta evaluación, se observa que en el caso de zanahoria Chantenay RedCo, no existen diferencias significativas para el diámetro de hombros de las raíces. Sin embargo, para el cultivar Sugar Snax 54 sí se encuentran diferencias entre las zanahorias cosechadas bajo los diferentes tratamientos, siendo el tratamiento de Linuron aplicado en post emergencia del cultivo el que generó un mayor diámetro, el cual fue superior notoriamente al de las zanahorias asperjadas con Metribuzina y el tratamiento testigo. Esto se puede explicar de acuerdo a los resultados obtenidos en los ensayos para los parámetros de densidad y dominancia de malezas, en donde Linuron aplicado en post emergencia tuvo un efectivo control de malezas durante el periodo en que éstas estaban iniciando su desarrollo y las raíces de zanahoria se encontraban en lo que se considera como su período crítico de competencia.

Para el caso del diámetro apical, en ambos cultivares, el menor valor se obtuvo en las parcelas asperjadas con Metribuzina en post emergencia, dándose la diferencia, en los tratamientos que generaron mayores diámetros, ya que en el caso de las zanahorias del cultivar Chantenay RedCo fueron las asperjadas con Linuron (aplicado en pre y post

emergencia del cultivo) y las parcelas asperjadas con Pendimethalin los que presentaron un mayor diámetro; mientras que, para las zanahorias del cultivar Sugar Snax 54, Linuron aplicado en pre emergencia es el que genera los mayores valores, seguido por Pendimethalin y Linuron en post emergencia.

Lo anterior podría explicarse, porque las raíces obtenidas en las parcelas aplicadas con Metribuzina, fueron las que acumularon un menor número de reservas por lo que se distribuyeron a través de la raíz de una manera menos uniforme, razón por la cual se puede explicar el menor diámetro apical obtenido a cosecha. Kogan y Pérez (2003), señalan que Metribuzina es un inhibidor del fotosistema II y bloqueador de la síntesis de carbohidratos, lo que pudo haber generado la disminución en la cantidad de fotoasimilados producidos. Sin embargo, el menor diámetro que se generó en las zanahorias de las parcelas aplicadas con Metribuzina, se podría deber de manera combinada a la competencia que tuvo el cultivo con las malezas en sus estados iniciales de desarrollo y a la posterior fitotoxicidad que se produjo en las hojas reduciendo de esta manera la tasa fotosintética.

Debido a que para cada híbrido, evaluado en forma independiente, existían los mismos niveles de nitrógeno y la misma densidad de siembra entre todos los tratamientos, la diferencia en el diámetro apical se pudo deber a que Metribuzina aplicado en post emergencia más tardía fue el último tratamiento en ser asperjado (a los 98 días post siembra), por lo que las raíces de zanahoria fueron sometidas por un período mas prolongado a la interferencia provocada por las malezas, compitiendo por los recursos necesarios para una correcta acumulación de reservas. Lo cual es previamente señalado por Gabriel (2005), en donde se indica que el cultivo durante su establecimiento tiene una baja capacidad de competir, viendo afectado su rendimiento y calidad a cosecha.

Esto genera que en la zona de raíces se haya producido un menor espacio para el desarrollo de éstas, generándose una mayor competencia y por tanto el diámetro se pudo ver afectado. Oliva (1992) señala que en un cultivo de zanahorias con amplio espaciamiento la densidad ejercerá poca influencia sobre el diámetro de las zanahorias, sin embargo las raíces sometidas a elevadas densidades tienden a ser más cilíndricas, cortas y de punta obtusa.

En experiencias realizadas por Tag-El-Din *et al.* (1997), se realizaron mediciones de diámetro 2,5 cm por debajo del punto de inserción de las hojas, en sus resultados se observa que el tratamiento considerado como Limpia manual fue aquel con el que se obtuvo el mayor diámetro, no existiendo diferencias entre Linuron y Metribuzina, ambos aplicados en pre emergencia.

Longitud de raíz

El parámetro de longitud de raíz, considerado uno de los componentes del rendimiento, fue medido al momento de la cosecha. En las figuras 5 y 6 se observan los resultados obtenidos para el análisis de este parámetro en el caso de la zanahoria Chantenay RedCo y de zanahoria Sugar Snax 54, respectivamente.

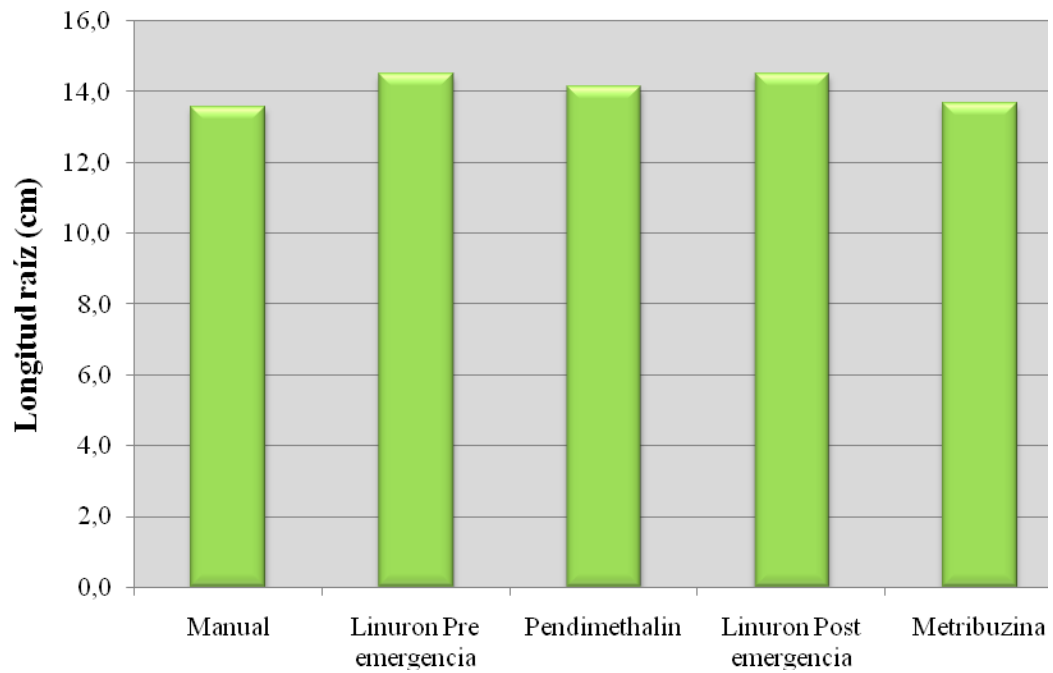


Figura 5. Largo raíz (cm), evaluado para cada tratamiento en zanahoria Chantenay RedCo. No se presentan diferencias estadísticas significativas.

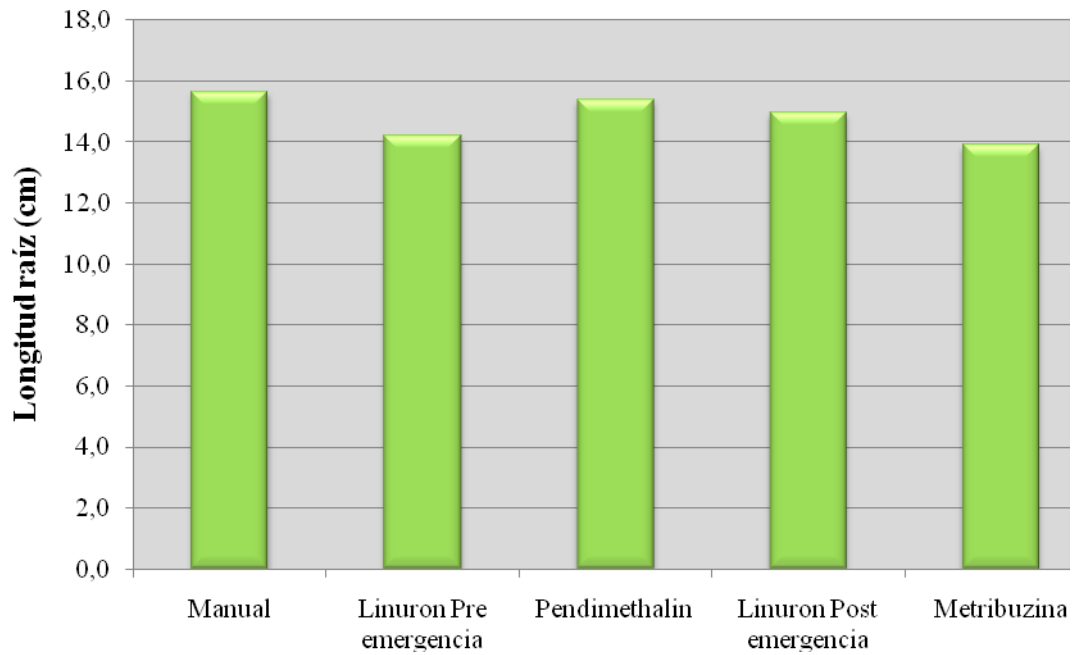


Figura 6. Largo raíz (cm), evaluado para cada tratamiento en zanahoria Sugar Snax 54. No se presentan diferencias estadísticas significativas.

Para esta evaluación no se observaron diferencias estadísticas significativas entre las zanahorias obtenidas por cada tratamiento aplicado, en ninguno de los ensayos desarrollados de manera independiente.

La longitud de las raíces no fue afectada, ya que las características del suelo en donde se realizó el ensayo eran homogéneas para todas las parcelas, teniendo una adecuada profundidad de suelo y pedregosidad, entre otras.

Lo que se contrapone a lo obtenido por Tag-El-Din *et al.* (1997), en cuyos ensayos se obtuvo una diferencia en la longitud de la raíz entre las zanahorias asperjadas con Linuron y Metribuzina, teniendo un mayor largo las aplicadas con el primer producto.

Sin embargo, en el caso de la zanahoria Sugar Snax 54, ningún tratamiento alcanzó las longitudes de raíz que se estimaban para este cultivar, los cuales se esperaban de entre 20 y 25 cm.

Peso fresco

Los resultados obtenidos para el parámetro de peso fresco fueron obtenidos en gramos considerando la raíz y el follaje total de cada zanahoria.

En el Cuadro 21 se observan los resultados obtenidos para zanahoria Chantenay RedCo y zanahoria Sugar Snax 54.

Cuadro 21. Peso fresco (g) de zanahorias Chantenay RedCo y Sugar Snax 54 a cosecha.

Tratamiento	Peso fresco			
	Zanahoria Chantenay RedCo		Zanahoria Sugar Snax 54	
	-----g-----			
Manual	75,45	ab	37,38	b
Linuron (PE)	101,30	b	44,38	b
Pendimethalin	87,63	ab	41,40	b
Linuron (Post)	103,28	b	47,15	b
Metribuzina	70,15	a	25,33	a

Letras diferentes en sentido vertical, indican diferencias estadísticas significativas, para la prueba de rango múltiple de Tukey, con una probabilidad del 5%.

Para ambos cultivares, evaluados de manera independiente, el tratamiento que generó menores pesos fue Metribuzina aplicado en post emergencia del cultivo, siendo notoria la diferencia en el caso del cultivar en miniatura, ya que la disminución en el peso de las raíces al momento de la cosecha fue significativa.

La diferencia entre ambos cultivares se obtuvo en el caso del mayor peso, ya que para el caso de zanahoria Chantenay RedCo se obtuvieron mejores resultados en las parcelas aplicadas con Linuron (en ambos momentos de aplicación, pre y post emergencia del

cultivo); en cambio para las parcelas de zanahoria Sugar Snax 54 el resto de los tratamientos obtuvo resultados similares.

En ambos ensayos, esto podría deberse, a que el momento de aplicación de Linuron en pre emergencia, fue oportuno y mantuvo el cultivo libre de malezas por un periodo más prolongado, (persistencia de 30 a 90 días - Kogan y Pérez, 2003), lo mismo que podría haber ocurrido con el herbicida Pendimethalin, que no se diferencia de manera estadística del resto de los tratamientos, en ninguno de los cultivares evaluados. Con esto existía mayor disponibilidad de luz, agua y nutrientes para el cultivo, lo que generaría una mayor eficiencia fotosintética. Sin embargo, durante el período en que estos herbicidas se encontraban efectuando su mayor control, el cultivo de zanahoria en miniatura presentó un notorio retraso en su ciclo de desarrollo (problemas climáticos), emergiendo de manera más tardía a lo esperado (aprox. 20 días), al igual que en el cultivar Chantenay RedCo (aunque se mantuvo dentro del promedio esperado) y con esto la aplicación de Linuron en post emergencia pudo haber destacado como el herbicida que controló de manera más efectiva las malezas durante las etapas iniciales del cultivo, generando así mayores pesos en las raíces. Esto se ve reflejado en lo expuesto por Smith *et al.* (2009), quienes indican que durante las primeras 4 semanas de establecimiento se genera el período crítico de interferencia entre las malezas y el cultivo.

Por su parte, Metribuzina asperjada a los 98 días desde la siembra, causó cierta fitotoxicidad en el follaje, lo que pudo haber ocasionado problemas en el proceso fotosintético y por tanto en la producción de fotoasimilados, lo que genera una disminución en el peso final de las zanahorias. De acuerdo a lo señalado por Kogan y Pérez (2003) la fitotoxicidad de Metribuzina está dada por una clorosis en los márgenes y ápices foliares, lo que genera una necrosis en el tejido foliar. Esto se observa en la Figura 4, donde se ven hojas de zanahoria necrosadas.

En el caso de las zanahorias Chantenay RedCo que estaban en las parcelas en donde el control de malezas se realizó mediante limpia manual, el peso fresco también fue menor en comparación a las producidas con los tratamientos de Linuron en pre y post emergencia, esta disminución se pudo deber a que para poder realizar las limpiezas se requería de una altura mínima de las malezas por lo que se generaba, de igual manera, cierto grado de interferencia con el cultivo.

A pesar de que el tratamiento testigo también arrojó pesos menores, en zanahorias Sugar Snax 54, éstos se asemejan mayormente a los alcanzados por las zanahorias del resto de los tratamientos por lo que se puede deducir que Metribuzina genera un efecto negativo (fitotoxicidad) para esta evaluación (Figura 4).

En ensayos realizados por Tag-El-Din *et al.* (1997), se obtiene que el mayor peso fresco fue obtenido en zanahorias cuyas malezas se controlaron de manera manual, y no se observan diferencias entre los tratamientos químicos de Linuron y Metribuzina.

Número de raíces totales, de descarte y comerciales por metro cuadrado

Para esta evaluación se consideraron raíces totales como el número final de zanahorias obtenidas en un metro cuadrado, incluyendo las que serían comerciales y las de descarte, considerándose como tales a aquellas, con bajo peso (menor a 20 ó 65 g para zanahoria Sugar Snax 54 y Chantenay RedCo, respectivamente), tamaño inferior a la mitad del promedio obtenido para cada cultivar (menor a 12 cm en ambos casos) o con presencia de *Phytium* (las que fueron consideradas como deformes). Tag-El-Din *et al.* (1997), consideran como raíces no comerciales o de descarte a aquellas raíces con un diámetro de hombros menor a 1,5 cm y una longitud menor a 10 cm.

En los cuadros 22 y 23 se observan los resultados obtenidos para las tres mediciones en ambos cultivares de manera independiente.

Para entender el comportamiento de los diferentes tratamientos herbicidas, es necesario establecer el rendimiento comercial, ya que por ejemplo en el caso de zanahoria Chantenay RedCo el tratamiento con limpia manual obtuvo 56% más de raíces de descarte, en comparación con Linuron aplicado en pre emergencia que fue el tratamiento herbicida que generó menor número de éste tipo de raíces.

Cuadro 22. Número de raíces totales, de descarte y comerciales a cosecha, por metro cuadrado, en zanahoria Chantenay RedCo.

Tratamiento	Zanahorias					
	Raíces totales		Raíces descarte		Raíces comerciales	
	-----raíces·m ⁻² -----					
Manual	172,50	c	120,50	b	52,00	ab
Linuron (PE)	134,33	ab	77,33	a	57,16	b
Pendimethalin	132,50	a	80,16	a	52,66	ab
Linuron (Post)	170,50	bc	109,33	ab	61,16	b
Metribuzina	137,50	abc	106,83	ab	30,66	a

Letras diferentes en sentido vertical, indican diferencias estadísticas significativas, para la prueba de rango múltiple de Tukey, con una probabilidad del 5%.

Cuadro 23. Número de raíces totales, de descarte y comerciales a cosecha, por metro cuadrado, en zanahoria Sugar Snax 54.

Tratamiento	Zanahorias					
	Raíces totales		Raíces descarte		Raíces comerciales	
	-----raíces·m ⁻² -----					
Manual	117,00	bc	39,66	ab	77,33	b
Linuron (PE)	73,16	a	12,33	a	61,00	ab
Pendimethalin	126,16	bc	47,33	ab	79,16	b
Linuron (Post)	128,83	c	48,16	b	80,50	b
Metribuzina	90,16	ab	38,83	ab	51,16	a

Letras diferentes en sentido vertical, indican diferencias estadísticas significativas, para la prueba de rango múltiple de Tukey, con una probabilidad del 5%.

Para el cultivar Chantenay RedCo en la evaluación de raíces comerciales se obtuvieron diferencias entre las zanahorias asperjadas con Metribuzina en post emergencia y las aplicadas con Linuron en ambos periodos (pre y post emergencia del cultivo), lo cual puede ser atribuido al control de malezas efectuado por Linuron y a la oportunidad de control, dado que en ambos casos se controló durante el Período Crítico de Interferencia (PCI), lo cual permitió un buen desarrollo de las raíces.

El período crítico libre de malezas es un componente del período crítico que delimita el tiempo después de la emergencia del cultivo en que las malezas requieren ser controladas para así prevenir pérdidas en el rendimiento, y con esto se ha generado el sistema integrado de manejo de malezas (MIP) como una forma de reducir el uso de herbicidas (Swanton *et al.*, 2010).

En tanto, para el cultivar Sugar Snax 54, en el caso de raíces comerciales se encontraron diferencias significativas entre las zanahorias aplicadas con Metribuzina en post emergencia con la limpia manual, Pendimethalin y Linuron aplicado en post emergencia.

Para las raíces consideradas de descarte, en el caso de las zanahorias estándar, se obtuvieron diferencias significativas entre las zanahorias producidas con la aplicación de los tratamientos Linuron y Pendimethalin asperjados en pre emergencia con aquellas sometidas a limpia manual. Los dos primeros, fueron los que generaron menor cantidad de zanahorias de descarte, lo que puede implicar que, en general, las pérdidas por rendimiento serían menores al utilizar alguno de esos herbicidas, aplicados en pre emergencia, ya que según lo descrito por Gabriel (2005) y Lardizabal y Theodoracopoulos (2007), se hace necesario el mantener el cultivo libre de malezas desde el establecimiento, ya que éste tiene una baja capacidad de competir con las malezas en sus primeros estados de desarrollo y con esto se ven reducidos los rendimientos y la calidad a cosecha.

Además, en el caso de Pendimethalin hubo menor población en algunas parcelas lo que también influyó en el conteo final de rendimiento, generándose una menor competencia entre sí.

En el caso de la limpia manual el mayor número de raíces de descarte se pudo deber al efecto, o daño físico provocado por las limpias, lo que se contrapone a lo expuesto por Mena (1967) citado por Lobo (1984), en donde asegura que tanto las limpias manuales como las mecánicas generan numerosos daños en cuanto a rendimiento comercial ya que se arranca un gran número de plantas junto con las malezas.

De la misma manera Stall (2006) indica que la alta densidad de siembra utilizada en las zanahorias, complica el uso de algún tipo de control mecánico o manual para las malezas.

En tanto para las raíces de descarte, en el caso de la zanahoria en miniatura, las diferencias significativas se encuentran entre ambos momentos de aplicación de Linuron, siendo el aplicado en post emergencia aquel que generó en promedio un mayor número de raíces no comerciales.

Considerando el cultivar Chantenay RedCo, para el total de raíces contabilizadas se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos de limpia manual con Linuron y con Pendimethalin (ambos aplicados en pre emergencia del cultivo). Las parcelas tratadas con Pendimethalin presentan también una diferencia significativa con aquellas asperjadas con Linuron aplicado en post emergencia. Kavaliauskaitė *et al.* (2009), señalan que Linuron aplicado en pre emergencia es aquel tratamiento que genera los mayores rendimientos para raíces de zanahoria, a diferencia de lo obtenido en este ensayo, en donde los mayores rendimientos se obtienen con el mismo herbicida pero aplicado en post emergencia.

Para el total de raíces producidas, en la zanahoria Sugar Snax 54, se generaron diferencias entre las parcelas asperjadas con Linuron en pre emergencia con las parcelas sometidas a limpia manual, Pendimethalin y Linuron aplicado en post emergencia; además de una diferencia entre los tratamientos de Metribuzina y Linuron, ambos aplicados en post emergencia.

El momento de remoción de las malezas desde la superficie en donde se encuentra el cultivo es de vital importancia ya que esto puede explicar la relación existente entre las pérdidas de rendimiento y la competencia maleza-cultivo (Sattin y Sartorato, 1997; citado por Sattin y Berti, 2004).

Sattin y Berti (2004) indican, además, que el efecto competitivo maleza-cultivo, se genera dependiendo de la densidad de malezas, el cual va relacionado con la duración del período durante el cual permanecen en el campo, existiendo una relación entre la duración de la competencia y la reducción del rendimiento del cultivo, en donde las malezas que compiten durante un corto período van a generar un escaso efecto sobre el rendimiento del cultivo, por el contrario aquellas malezas que se encuentren compitiendo por un mayor tiempo aumentarán la disminución de rendimiento hasta que se alcance un punto en donde se genera la pérdida de rendimiento causada por aquellas malezas que se encuentran interfiriendo durante todo el desarrollo del cultivo.

Tag-El-Din *et al.* (1997), indican que en experiencias realizadas previamente, Linuron y Pendimethalin, reducen significativamente la población de malezas que afecta al cultivo y genera un aumento en el rendimiento de las zanahorias.

Experiencias realizadas por Ruuttunen (2009), indican que al realizar aplicaciones de Linuron, o de Metribuzina y Aclonifen, aplicándolos en post emergencia temprana del cultivo y en post emergencia tardía produjeron los mayores rendimientos totales de zanahoria (20000 kg·ha⁻¹).

Belle *et al.* (2000), señalan que en estudios previos realizados, se obtienen mayores rendimientos al aplicar Linuron en un cultivo de zanahoria, en comparación con Limpia manual o un cultivo enmalezado de manera permanente, existiendo un incremento aproximado del 15% en el rendimiento; se debe tener en consideración que la densidad de siembra utilizada fue mucho menor a la que se ocupa actualmente para la producción de zanahorias.

Color de raíces

Para este parámetro se realizaron dos evaluaciones, las cuales consistieron en medir el color interno y externo de zanahorias.

Una consideración que se debe tener presente para el análisis es lo señalado por Krarup y Moreira (1998), quienes indican que una de las características que debe presentar una zanahoria en miniatura es la de presentar un color naranja muy intenso, infiriéndose de esto que el parámetro primordial sería el de la saturación del color¹.

En los cuadros 24 y 25 se observan los datos obtenidos para el valor L, C y h de color externo, para ambos cultivares.

Cuadro 24. Parámetros del color externo de raíces de zanahoria Chantenay RedCo, tratadas con diferentes herbicidas.

Tratamiento	Parámetro de color		
	L ^{ns}	C	H _{ab} ^{ns}
Manual	55,81	38,16 a	64,23
Linuron (PE)	56,01	39,15 ab	63,26
Pendimethalin	56,08	39,18 ab	63,45
Linuron (Post)	55,98	42,03 b	63,01
Metribuzina	55,81	38,58 ab	63,91

Letras diferentes en sentido vertical, indican diferencias estadísticas significativas, para la prueba de rango múltiple de Tukey, con una probabilidad del 5%. ^{ns/} No se presentan diferencias estadísticas significativas.

Cuadro 25. Parámetros del color externo de raíces de zanahoria Sugar Snax 54, tratadas con diferentes herbicidas.

Tratamiento	Parámetro de color		
	L ^{ns}	C	H _{ab}
Manual	55,01	35,60 ab	62,61 a
Linuron (PE)	55,26	36,18 ab	62,45 a
Pendimethalin	54,96	36,40 ab	63,18 a
Linuron (Post)	55,43	37,96 b	61,83 a
Metribuzina	55,36	33,90 a	65,11 b

Letras diferentes en sentido vertical, indican diferencias estadísticas significativas, para la prueba de rango múltiple de Tukey, con una probabilidad del 5%. ^{ns/} No se presentan diferencias estadísticas significativas.

¹ Javier Obando, Ingeniero Agroindustrial, Dr. Administrador, Centro de Estudios de Post Cosecha, Facultad de Ciencias Agronómicas, 2011. Chile, (Comunicación Personal).

En ambos ensayos, no se observan diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos para la luminosidad del color (L).

La luminosidad del color está directamente relacionada con el contenido de carotenoides que presenten las raíces, lo que varía dependiendo de la edad de las raíces, el contenido de humedad, las condiciones del suelo, la temperatura y la densidad de siembra de las zanahorias (García, (s.a.)). Los resultados obtenidos en estos ensayos pueden deberse a que los parámetros citados anteriormente se mantuvieron constantes para todas las parcelas de los tratamientos.

En los dos ensayos realizados se encontraron diferencias para el valor croma o grado de saturación del color. En el caso de las zanahorias Chantenay RedCo, el tratamiento testigo presentó valores más bajos, mientras que Linuron aplicado en post emergencia presentó valores más altos con respecto del resto de los tratamientos lo que se traduce en colores más vivos (Cuadro 24). Igualmente, en las zanahorias Sugar Snax 54, Linuron aplicado en post emergencia presentó una saturación 12% más alta con respecto de Metribuzina (Cuadro 25), lo cual puede deberse a que el modo de acción de Metribuzina haya generado una fotooxidación de los carotenoides, lo que a la vez desencadena disminuciones en los niveles de clorofila.

En los resultados obtenidos para el valor hue (H_{ab}) o tonalidad del color, no se observan diferencias significativas entre los tratamientos aplicados en el cultivar Chantenay RedCo (Cuadro 25). Sin embargo, el valor promedio de Metribuzina, en el caso de las zanahorias Sugar Snax 54, indica que su color se aproxima más hacia el color amarillo anaranjado, lo que de acuerdo con lo planteado por Voss (1992), se alejaría de los estándares con que se espera cosechar una zanahoria en miniatura.

En los cuadros 26 y 27 se presentan los resultados obtenidos de los parámetros de luminosidad, croma y tono del color interno de cada tratamiento.

Cuadro 26. Parámetros del color interno de raíces de zanahoria Chantenay RedCo, tratadas con diferentes herbicidas.

Tratamiento	Parámetro de color		
	L	C	H_{ab}
Manual	60,78	47,35	65,38
Linuron (PE)	61,16	49,05	65,28
Pendimethalin	59,98	46,86	65,06
Linuron (Post)	60,61	48,53	64,75
Metribuzina	60,75	48,03	66,23
CV	202,19	159,89	217,80

No se presentan diferencias estadísticas significativas, para la prueba de rango múltiple de Tukey, con una probabilidad del 5%.

Cuadro 27. Parámetros del color interno de raíces de zanahoria Sugar Snax 54, tratadas con diferentes herbicidas.

Tratamiento	Parámetro de color		
	L ^{ns}	C ^{ns}	H _{ab}
Manual	64,76	51,96	63,10 ab
Linuron (PE)	64,48	51,11	64,01 ab
Pendimethalin	64,85	52,35	63,13 ab
Linuron (Post)	64,80	53,56	62,75 a
Metribuzina	65,01	50,26	64,81 b

Letras diferentes en sentido vertical, indican diferencias estadísticas significativas, para la prueba de rango múltiple de Tukey, con una probabilidad del 5%. ^{ns/} No se presentan diferencias estadísticas significativas.

En cuanto al color interno de las raíces, para ambos ensayos no se encuentran diferencias significativas entre los tratamientos para el parámetro de luminosidad y saturación. En tanto, para el tono, sólo se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos aplicados al cultivar Sugar Snax 54, en donde Linuron aplicado en post emergencia presenta una tonalidad 3,2% más baja con respecto a Metribuzina.

Determinación de carotenos totales

El contenido final de carotenoides de las zanahorias fue determinado a través del cálculo de la absorbancia que generó su extracto, para esto se utilizó una curva de calibración creada especialmente para este estudio, la cual se representa por la siguiente ecuación.

$$y = 13,78x + 0,005$$

En donde:

x representa el valor de absorbancia medido a 450 nm

y es el contenido final de carotenoides a esa absorbancia.

No se presentaron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos evaluados, por lo que el contenido de carotenoides en este ensayo no fue modificado por alguno de los productos químicos aplicados (Cuadro 28).

Cuadro 28. Contenido de carotenoides en zanahoria Chantenay RedCo y Sugar Snax 54 tratadas con diferentes herbicidas.

Tratamiento	Contenido de carotenoides($\text{g}_{\text{CT}} \cdot \text{kg}_{\text{PF}}^{-1}$)	
	Zanahoria Chantenay RedCo ^{ns}	Zanahoria Sugar Snax 54
	-----g _{CT} ·kg _{PF} ⁻¹ -----	
Manual	5,9	7,0 bc
Linuron (PE)	6,3	5,0 ab
Pendimethalin	7,7	7,6 c
Linuron (Post)	8,3	6,5 abc
Metribuzina	5,8	4,3 a

Letras diferentes en sentido vertical, indican diferencias estadísticas significativas, para la prueba de rango múltiple de Tukey, con una probabilidad del 5%. ^{ns/} No se presentan diferencias estadísticas significativas.

A diferencia de lo obtenido en las zanahorias Chantenay RedCo, en el caso de zanahoria Sugar Snax 54 sí se presentaron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, en donde Metribuzina generó un menor contenido de carotenoides totales, mientras que Pendimethalin provocó un aumento de carotenoides en relación con el testigo.

Esto se manifiesta de la misma manera en la medición de color, por lo que se puede indicar que el herbicida Metribuzina produce menor cantidad de pigmentos precursores de Vitamina A, y con esto su aporte nutricional y como alimento funcional se vería mermado.

De acuerdo con lo planteado por Bartley y Scolnik (1995), los carotenoides son pigmentos que se localizan en los cloroplastos y cromoplastos de las plantas, protegiendo a los organismos fotosintéticos contra los procesos de la fotooxidación que son potencialmente dañinos para el proceso de la fotosíntesis. Al ser Linuron y Metribuzina herbicidas inhibidores de la fotosíntesis (Zimdahl, 2007), es probable que hayan afectado mayormente a estos pigmentos, degradándolos con mayor facilidad, lo que genera una disminución en su contenido final en las zanahorias Sugar Snax 54. Esto se corrobora para el caso de Metribuzina, según lo señalado por Kogan y Pérez (2003), ya que el modo de acción de este herbicida está ligado a producir una interferencia en la reacción de Hill, generando un intercambio en la secuencia de aminoácidos (serina por glicina), lo que va a producir una destrucción debido a la fotooxidación en los carotenoides.

CONCLUSIONES

Bajo las condiciones edafoclimáticas, en que se realizó este estudio, se puede concluir que al considerar el peso comercial de las zanahorias como parámetro de rendimiento, existen diferencias significativas entre los tratamientos herbicidas aplicados (Linuron, Pendimethalin y Metribuzina), que hacen suponer diferencias en cuanto a su selectividad.

Los cultivares Chantenay RedCo y Sugar Snax 54 se ven afectados de manera similar por aplicaciones de herbicidas pre y post emergentes (Linuron, Pendimethalin y Metribuzina) no presentan selectividad genotipo-herbicida.

Parámetros de calidad como color y contenido de carotenoides no se vieron afectados de manera significativa por los herbicidas aplicados, en el caso de ambos cultivares.

Es así, que para los cultivares Chantenay RedCo y Sugar Snax 54 los mayores rendimientos se obtuvieron con la aplicación de Linuron, sin embargo, no se detectaron diferencias estadísticas significativas con el tratamiento de Pendimethalin, por el contrario, el tratamiento que produjo menor número de zanahorias fue la aplicación de Metribuzina asperjado a las 5 hojas verdaderas del cultivo, generando hojas necróticas, temporalmente.

BIBLIOGRAFÍA

AFIPA. 2009. Manual Fitosanitario 2009-2010. Asociación Nacional de Fabricantes e Importadores de Plaguicidas Agrícolas A.G. (Chile). Santiago, Chile. 973 p.

Ayala, P. 2010. Efecto de la aplicación de diferentes herbicidas sobre el rendimiento de Brócoli (*Brassica oleracea* var. Itálica Plenck). Memoria para optar al título de Ingeniero Agrónomo. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas. Santiago, Chile. 37p.

Bartley, G. and P. Scolnik. 1995. Plant carotenoids: Pigments for Photoprotection, visual attraction, and Human health. *The Plant Cell* 7(july): 1027-1038.

Bellinder, R., J. Kirkwyland and R. Wallace. 1997. Carrot (*Daucus carota*) and Weed Response to Linuron and Metribuzin Applied at Different Crop Stages. *Weed Technology* 11(2): 235-240.

Bell, C, B. Boutwell, E. Ogbuchiekwe and M. McGiffen. 2000. Weed Control in Carrots: The Efficacy and Economic Value of Linuron. *HortScience* 35(6): 1089-1091.

Fogelberg F. and A-M Dock Gustavsson. 1999. Mechanical damage to annual weeds and carrots by in-row brush weeding. *Weed Research* 39(september): 469-479.

Fundación para la Innovación Tecnológica Agropecuaria, FIAGRO. 2003. Manual para la producción de cultivos orgánicos. Zanahoria Baby. Disponible en: <http://www.fiagro.org.sv/systemFiles/428.pdf> Leído el 25 de septiembre de 2009.

Gabriel, E.L. 2005. Efecto del enmalezado durante el establecimiento del cultivo en siembras de zanahoria en primavera. Informe anual de progresos, Estación Experimental Agropecuaria la consulta. INTA, Argentina. Disponible en: [http://www.inta.gov.ar/Laconsulta/info/documentos/Inf%](http://www.inta.gov.ar/Laconsulta/info/documentos/Inf%20) Leído el 25 de septiembre de 2009.

García, M. s.a. El cultivo de Zanahoria. Universidad de la República, Uruguay. 43p.

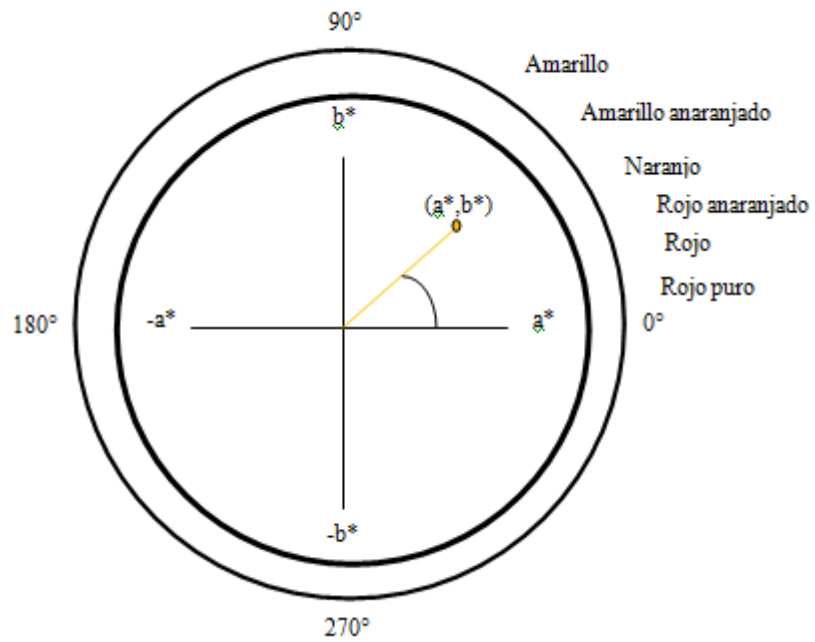
Giaconi, V. y M. Escaff. 1993. Cultivo de hortalizas. 8ª ed. Editorial Universitaria, Santiago. Chile. 332p.

Grez, J. 2008. Persistencia de Halosulfuron-metil en cultivos de lechuga (*Lactuca sativa* L.) y espinaca (*Spinacia oleraceae* L.). Memoria para optar al título de Ingeniero Agrónomo. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas. Santiago, Chile. 36p.

- Higby, W. 1962. A Simplified Method for Determination of Some Aspects of the Carotenoid Distribution in Natural and Carotene-Fortified Orange Juice. *Food of Science* 42-49.
- Heinonen, M. 1990. Carotenoids and Provitamin A Activity of Carrot (*Daucus carota* L.) Cultivars. *Journal of Agricultural Food Chemistry* 38(3): 609-612p.
- Kavaliauskaitė, D., R. Starkutė, O. Bundinienė and J. Jankauskienė. 2009. Chemical weed control in carrot crop. *Acta Hort* (830): 385-390.
- Kogan, M. y A. Pérez. 2003. *Herbicidas, Fundamentos fisiológicos y bioquímicos del modo de acción*. Ediciones Universidad Católica. Santiago, Chile. 305p.
- Krurup, C y I. Moreira. 1998. *Hortalizas de estación fría. Biología y diversidad cultural*. P. Universidad Católica de Chile. VRA, Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal, Santiago, Chile. Disponible en: http://www.puc.cl/sw_educ/hort0498 Leído el 02 de septiembre de 2009.
- Labrada, R., J.C. Caseley y C. Parker. 1996. *Manejo de Malezas para países en desarrollo (Estudio FAO Producción y Protección Vegetal)*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma. 403p.
- Lardizabal, R. y M. Theodoracopoulos. 2007. *Manual de producción, Producción de Zanahoria*. EDA, MCA-Honduras. Disponible en: http://www.meahonduras.hn/documentos/PublicacionesEDA/Manuales%20de%20produccion/EDA_Manual_Produccion_Zanahoria_12_07.pdf Leído el 23 de septiembre de 2009.
- Lobo, R. 1984. *Control químico de malezas en zanahoria (Daucus carota L.)*. Tesis para optar al título de Ingeniero Agrónomo. Pontificia Universidad Católica de Chile, Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal. Santiago, Chile. 67p.
- McGuire, R. 1992. Reporting of Objective Color Measurements. *HortScience* 27(12): 1254-1255.
- Oliva, R. 1992. *Manual de producción de Semillas Hortícolas, Zanahoria*. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Argentina. 76p.
- Reid, J.B. and J.M. English. 2000. Potential Yield in Carrots (*Daucus carota* L.): Theory, Test, and an Application. *Annals of Botany* 85: 593-605.
- Ruuttunen, P. 2009. *Evaluation of Herbicide Strategies in Carrot*. MTT Agrifood Research, Finlandia. 15p.
- Santibáñez F. y J.M. Uribe. 1990. *Atlas agroclimático de Chile*. Fondo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico. Santiago, Chile. 65p.

- Sattin, M. y A. Berti. 2004. Técnicas de investigación y evaluación de riesgos para un mejor manejo de las malezas. *In*: Labrada, R. 2004. Manejo de Malezas para países en desarrollo (Estudio FAO Producción y Protección Vegetal). Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma. 314p.
- Smith, R. y J. Nunez. 2009. UC IPM Pest Management Guidelines: Carrot. UC ANR Publication 3438 Weeds. Disponible en: <http://www.ipm.ucdavis.edu/PMG/r102700111.html> Leído el 18 de mayo de 2010.
- Stall, W. 2006. Weed Control in Carrots. Horticultural Sciences Department, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida. Disponible en: <http://edis.ifas.ufl.edu/w6026> Leído el 24 de agosto de 2009.
- Sulaeman, A., L. Keeler, D.W. Giraud, S.L. Taylor, R.L. Wehling and J.A. Driskell. 2001. Carotenoid Content and Physicochemical and Sensory Characteristics of Carrot Chips Deep Fried in Different Oils at Several Temperatures. *Journal of Food Science* 66(9): 1-8.
- Swanton, C., J. O'Sullivan and D. Robinson. 2010. The critical weed free period in carrot. *Weed Science* 58(july-september):229-233.
- Tag-El-Din, A., F. Soliman and A. Al-Harbi. 1997. Effects of Chemical Weed Control on Root Yield and Quality of Carrots (*Daucus carota* L.). *J. King Saud University* 9(1): 163-175.
- Voss, D. 1992. Relating Colorimeter Measurement of Plant Color to the Royal Horticultural Society Colour Chart. *HortScience*. Vol 27(12): 1256-1259.
- Ware, G. 1993. *The Pesticide book*. Arizona, EEUU. 333p.
- Zaragoza, C. 2004. Malezas problemáticas y su manejo en áreas cultivables y no cultivadas. *In* Labrada, R. 2004. Manejo de Malezas para países en desarrollo (Estudio FAO Producción y Protección Vegetal). Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma. 314p.
- Zimdahl, R. 2007. *Fundamentals of Weed Science*. 3rd ed. Academic Press, California, EEUU. 689p.

ANEXOS



Anexo 1. Representación del ángulo hue y sus colores en el espacio CIELAB (Adaptado de Voss, 1992).