



Universidad Austral de Chile

---

Escuela de Agronomía

**Evaluación del potencial productivo de tres  
cultivares de Zanahoria (*Daucus carota* L.) en  
Valdivia**

Memoria presentada como parte de los  
requisitos para optar al título de  
Ingeniero Agrónomo.

**Vilma Felisa Rosas Catalán**

Valdivia – Chile

2011

PROFESOR PATROCINANTE:

---

Rodrigo Acuña  
Ing. Agr., Dr. Hort.  
Instituto de Producción y Sanidad Vegetal

PROFESORES INFORMANTES:

---

Fernando Figuerola  
Ing. Agr., M.Sc.  
Instituto de Ingeniería en alimentos

---

José Dorner  
Ing. Agr., Dr. Sc. Agr.  
Instituto de Ingeniería Agrarias y Suelos

## AGRADECIMIENTOS

Al termino de esta etapa, quisiera dar mis sinceros agradecimientos y reconocimiento a mis padres, Delmira y Osvaldo quienes me apoyaron en este desafío y fueron el pilar fundamental en el camino que elegí seguir. Igualmente agradecer a mi Hermana Elisa, amigos y a mi familia en general por haber acompañado y orientado en esta etapa tan especial e importante en mi vida.

También agradecer a todos las persona que de alguna u otra forma contribuyeron para que esta memoria llegara a su fin.

La felicidad humana generalmente no se logra con grandes golpes de suerte, que pueden ocurrir pocas veces, sino con pequeñas cosas que ocurren todos los días.

*(Benjamín Franklin)*

## ÍNDICE DE MATERIAS

Capítulo		Página
	RESUMEN	1
	SUMMARY	3
1	INTRODUCCIÓN	5
2	REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	7
2.1	Origen	7
2.1.1	Generalidades del cultivo	7
2.2	Crecimiento y desarrollo del cultivo	8
2.3	Factores fisiológicos que determinan el crecimiento y desarrollo del cultivo	8
2.3.1	Factores ambientales	9
2.3.1.1	Humedad	9
2.3.1.2	Régimen de temperaturas	10
2.3.2	Densidad y arreglo espacial de plantas	12
2.4	El cultivo de la Zanahoria	13
2.4.1	Rendimientos	14
2.4.2	Rendimiento en jugo	15
2.4.3	Requerimientos edáficos	16
2.4.4	Riego	16
2.4.5	Fertilización	17
2.5	Tipos de Zanahorias	17
2.6	Plagas y enfermedades	18
2.6.1	Plagas	18
2.6.2	Enfermedades	19
2.7	Parámetros de calidad	19

2.7.1	Materia seca	19
2.7.2	Sólidos solubles	20
2.7.3	pH	21
2.7.4	Coloración	21
2.8	Metodología para determinar momento de riego	22
2.8.1	El aspecto y el tacto para la determinación de humedad del suelo	22
3	MATERIAL Y MÉTODO	24
3.1	Materiales	24
3.1.1	Lugar de ensayo	24
3.1.2	Suelo	24
3.1.3	Clima	24
3.1.4	Cultivares utilizados	25
3.1.4.1	Miraflores CLX 3142	25
3.1.4.2	Artemis CLX 3124	26
3.1.4.3	Borec F1	26
3.1.5	Riego	26
3.1.6	Fertilización	26
3.2	Método	26
3.2.1	Características de las parcelas	26
3.2.2	Fertilización	28
3.2.3	Siembra	28
3.2.4	Raleo de plantas	28
3.2.5	Riego en parcelas	28
3.2.6	Aplicación de productos fitosanitarios	28
3.2.7	Mediciones durante el desarrollo del cultivo	28
3.2.7.1	Peso de semillas	29
3.2.7.2	Biomasa	29

3.2.8	Cosecha	30
3.3	Análisis de laboratorio	30
3.3.1	Determinación del rendimiento	30
3.3.2	Volumen de jugo	30
3.3.3	Materia seca	31
3.3.4	Sólidos solubles	31
3.3.5	pH	31
3.3.6	Coloración	31
3.4	Diseño experimental	31
3.5	Análisis estadístico	31
4	PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	32
4.1	Biomasa y ontogenia de los cultivares	32
4.1.1	Biomasa fresca y seca del follaje	32
4.1.2	Biomasa fresca total de los cultivares	33
4.1.3	Materia seca total de los cultivares	35
4.1.4	Índice de cosecha	38
4.2	Caracterización de los cultivares	38
4.2.1	Peso de las semillas	38
4.2.2	Caracterización de la raíz	39
4.3	Rendimiento	41
4.3.1	Rendimiento alcanzados por los cultivares	41
4.3.2	Rendimiento en jugo y aspectos de calidad de los cultivares	43
4.3.2.1	Volumen de jugo	43
4.3.2.2	Materia seca	44
4.3.2.3	Sólidos solubles	45
4.3.2.4	pH	46
4.3.2.5	Color	47

4.4	Efecto del riego en el comportamiento del cultivo, rendimiento y aspectos de calidad de los cultivares	47
4.4.1	Efecto del riego en el rendimiento y sus componentes	47
4.4.2	Efecto del riego en el rendimiento en jugo y parámetros de calidad de los cultivares	48
5	CONCLUSIONES	50
6	BIBLIOGRAFÍA	52
7	ANEXOS	56

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro</b>		<b>Página</b>
1	Influencia del método de cultivo y riego en la producción de zanahoria (t ha <sup>-1</sup> )	10
2	Efecto de la temperatura aplicada al brote y raíz de zanahoria, en el peso seco de raíz y brote (pesos estandarizados a 100 en régimen de 15/15 ° C)	11
3	Guía para estimar humedad utilizable que ha sido extraída del suelo	22
4	Análisis químico de suelo en el terreno del ensayo	24
5	Condiciones climáticas en el periodo del ensayo	25
6	Índice de cosecha	38
7	Caracterización física de los cultivares	40
8	Rendimientos promedios alcanzados por los cultivares (t ha <sup>-1</sup> )	42
9	Volumen de jugo de los cultivares (ml kg <sup>-1</sup> )	43
10	Contenido de materia seca (%)	44
11	Contenido de sólidos solubles (°brix) de los cultivares	45
12	Efecto del cultivar en el pH	46
13	Efecto del riego en el rendimiento y sus componentes	48
15	Efecto del riego en el rendimiento en jugo y parámetros de calidad	48



## ÍNDICE DE FIGURA

<b>Figura</b>		<b>Página</b>
1	Distribución de parcelas	27
2	Sitios de medición para ancho (D) y largo de raíces (L).	29
3	Peso fresco y seco del follaje de los cultivares	32
4	Biomasa fresca total de los cultivares	34
5	Materia seca total de los cultivares	36

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo</b>		<b>Página</b>
1	Días de riego en parcelas	56
2	Cálculo de tiempo de riego según curva pF	56
3	Condiciones climáticas y evapotranspiración del cultivo, en el periodo del ensayo	58

## RESUMEN

En las dos últimas décadas y a nivel mundial, cambios en los hábitos alimentarios promovidos por las nuevas modas de ingesta de alimentos con componentes nutracéuticos, han reposicionado el consumo de hortalizas, habiéndose insertado este consumo en nuestro país hace alrededor de 10 años. Sin embargo, esta inserción estaba disponible en su mayoría para la zona central en centros de ventas como supermercados de sectores sociales de ingreso mayor.

Una de las razones de este centralismo, obedece a las condiciones climáticas del centro del país que favorecen la producción de hortalizas, dejando zonas como la sur, fuera en forma anticipada por razones climáticas. Sin embargo, considerar lo anterior como única razón puede ser apresurado ya que hay especies hortícolas que responden de formas interesantes a las condiciones locales (XIV región), como las de hojas, tubérculos, bulbos y raíces.

Considerando lo anterior, y a modo de hacer más competitiva la participación del sector hortícola en la región de los Ríos, se han planteado proyectos de innovación productiva y tecnológica que buscan el desarrollo de productos hortícolas de IV y V gama, entre los cuales el denominado "*Desarrollo de productos agroindustriales de base hortícola en el Sur de Chile (07CT9 PET-85), Innova Chile*", ha sido uno de los más interesantes al respecto para los últimos años, que da pié para el desarrollo de este trabajo de memoria de título que busca cumplir con parte de los objetivos del proyecto

El ensayo se realizó en la Estación Experimental "Santa Rosa" perteneciente a la Universidad Austral de Chile, Valdivia, con el objetivo de evaluar el comportamiento de tres cultivares de zanahoria en cuanto a rendimiento y calidad del producto cosechado de interés para IV y V gama. La parte experimental se llevó a cabo en el periodo comprendido entre el 1 de septiembre del año 2009 y 18 de enero del 2010. Los cultivares utilizados fueron: Miraflores CLX 3142, Borec F1 y Artemis CLX 3124, provenientes de una empresa asociada al Proyecto. El diseño experimental utilizado fue un ANOVA con arreglo factorial de 3x2, donde el primer factor fue la variedad de la especie, y el segundo el riego. Los resultados obtenidos fueron analizados estadísticamente mediante análisis de varianza y el test de comparaciones múltiples

Tukey. Al medir las productividades, el cultivar que presentó mayor rendimiento fue Miraflores CLX 3142 con  $73,5 \text{ t ha}^{-1}$ . En relación a los parámetros de calidad medidos, no se encontraron diferencias significativas en la mayoría de ellos excepto el pH, donde el cultivar Miraflores presentó el menor pH. El riego no afectó el rendimiento ni la calidad del producto cosechado, posiblemente por las condiciones climáticas durante el periodo del ensayo.

## SUMMARY

In the last two decades and globally, changes in eating habits promoted by the new trends of intake of foods with nutraceutical components, have repositioned the consumption of vegetables, having inserted this consumption in our country about 10 years ago. However, this insertion was available mostly for central sales centers and supermarkets higher income social sectors.

One of the reasons for this centralization, due to climatic conditions in the Midwest to promote the production of vegetables, leaving areas like the south, was in advance of the climate. However, consider this as one reason may be rushed because there are horticultural species in interesting ways that respond to local conditions (Region XIV), such as leaves, tubers, bulbs and roots.

Considering the above and more and more competitive way to make participation in the horticultural sector in the region of rivers, have created project in production and technological innovation that seek to develop horticultural products IV and V range, including the so-called Development of agricultural products of vegetable base in southern Chile (07CT9 PET-85), Innova Chile”, has been one of the most interesting in this respect for the past few years, giving rise to the development of this title memory that seeks to meet the objectives of the project.

The trial was conducted at the Experimental Station “Santa Rosa” belongs to the Universidad Austral de Chile, Valdivia, in order to evaluate the behavior of three carrot cultivars for yield and quality of harvested product of interest to IV and V range. The experimental part was conducted in the period from 1 September and January 18, 2010. The cultivars used were: Miraflores CLX 3142, CLX Artemis Borec F1 and 3124, from company associated with the project. The experimental design was factorial ANOVA 3x2, where the first factor was the variety of species, and the second irrigation. The results were statistically analyzed by ANOVA and Tukey’s multiple comparison test. When measuring productivity, cultivar presented the highest yield was 3142 with 72.9 CLX Miraflores t ha<sup>-1</sup>. Regarding the quality parameters measured, no significant

differences in most of them except pH, where the Miraflores cultivar had the lowest pH. Irrigation did not affect the performance or quality of harvested product, possibly due to climatic conditions during the trial period.

## 1 INTRODUCCIÓN

En los últimos años, el consumo de hortalizas ha aumentado principalmente por el cambio en el hábito de consumo, privilegiándose productos frescos y naturales que sean fáciles de preparar y consumir. Como consecuencia de lo anterior, ha aumentado la demanda por estos hacia un tipo más elaborado, como son los jugos, ensaladas picadas y mezcladas (mínimo proceso o IV Gama, V Gama) de todo tipo de hortalizas, incluyendo a la zanahoria, que juega un papel importante por el gran contenido de carotenoides, los que resultan ser un antioxidante natural.

En Chile, producto de su diversidad climática, lo que entre otras cosas incluye la variabilidad en la oferta hídrica (lluvia riego, etc.) se pueden observar distintas zonas productivas que condicionan el desarrollo de la horticultura y sus especies representantes. Puntualmente, la zona Sur del país, muestra una situación agrológica interesante para el cultivo de raíces, bulbos, tubérculos y flores, habiéndose obtenido de ellos buenos resultados productivos históricos para consumo fresco. Pese a lo anterior, la información técnica cuantitativa respecto a nuevas especies y cultivares es escasa para la macrozona sur y por consiguiente, la provincia de Valdivia no escapa a ello.

Por otra parte, se ha elaborado una nueva forma de impulsar el desarrollo de productos hortícolas en la zona y hacer a estos más competitivos por medio del aprovechamiento de las ventajas competitivas de desarrollo de algunas especies para mínimo proceso (IV gama) y sous vide (V gama). Para tal efecto, la UACH se ha adjudicado un proyecto en el 2008 denominado "*Desarrollo de productos agroindustriales de base hortícola en el Sur de Chile*" (07CT9 PET-85), Innova Chile, el que busca innovar en la productividad de estos commodities como alternativa de competitividad y desarrollo en la zona.

Por lo anterior y considerando que Valdivia cuenta con las condiciones edáficas y climáticas para este cultivo, se hace necesario evaluar el desempeño de nuevos cultivares de zanahoria que podrían tener comportamientos diferenciados positivamente para distintos fines productivos, como lo es la agroindustria.

La hipótesis de este trabajo se basa en que existen diferencias entre los cultivares evaluados en Valdivia en cuanto a rendimiento y calidad bajo condiciones de riego y secano que los hacen aptos para distintos fines productivos.

De esta manera, el Objetivo General de este ensayo es:

- Evaluar el potencial productivo de tres cultivares de zanahoria (*Daucus carota* L) en Valdivia.

Mientras que los Objetivos Específicos son:

- Caracterizar la ontogenia de tres cultivares de zanahoria sembradas al aire libre en Valdivia.
- Determinar el rendimiento agronómico en fresco de los cultivares y su respuesta al riego de acuerdo a las condiciones locales.
- Evaluar la calidad de los cultivares y su potencial comportamiento para fines agroindustriales.



## 2 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

**2.1 Origen.** La zanahoria es originaria de Asia, aunque algunas especies silvestres han sido encontradas en Europa y Norteamérica (GIACONI y ESCAFF, 2001). Estrictamente su origen se atribuye a Afganistán, y otros países del Asia menor, que es donde se encuentra la mayor diversidad de formas y colores, (púrpura y amarillo).

En la antigüedad, durante los siglos XIII y XV fueron llevadas por los Árabes a Europa Occidental, donde además aparecieron las zanahorias blancas, las cuales probablemente derivaron de las púrpura o amarillas afganas. Las zanahorias que actualmente se comercializan (anaranjadas) parecen ser consecuencia de la selección que el agricultor europeo realizó sobre las de coloración amarilla, aunque otros autores plantean que las zanahorias originales son las de color blanco (OLIVA, 1987, citado por GARCIA, 2002).

### 2.1.1 Generalidades del cultivo

La zanahoria pertenece a la familia de las Umbelíferas, las cuales se caracteriza por presentar hojas en rosetas (7 a 13 hojas) con pecíolos largos, con hojas alternas, lámina muy dividida en segmentos angostos, el tallo está reducido a un pequeño disco o corona en la parte superior de la raíz (REINA, 1997; GARCIA, 2002). El sistema radicular consta de una raíz principal pivotante de reserva la que se considera como órgano de consumo. Sin embargo hay que aclarar que además, esta raíz consta de una parte del hipocotilo que se ensancha y tiene un crecimiento similar al de la raíz primaria. También presenta numerosas raíces secundarias las que tienen función de absorción. La raíz primaria se elonga rápidamente posgerminación, alcanzando su largo máximo típico del cultivar (variable entre 3 y 30 cm), que normalmente se produce después de los 55 a 60 días de sembrado (KRARUP, 2000). Posteriormente se inicia una etapa de engrosamiento y crecimiento celular, en donde se almacena sacarosa y otros azúcares de reserva que se usan para reiniciar el crecimiento en la segunda temporada. A su vez, estas células contienen pigmentos como clorofila, carotenoides (alfa y beta), antocianina y licopeno, cuya presencia y concentración relativa determinan el color de las raíces, que varía desde blanco a púrpura, predominando el anaranjado en la mayoría de los cultivares (GAJEWKY *et al.*, 2010).

La inflorescencia es una umbela compuesta, con flores blanco verdosas, orden de aparición en el tallo, secuencial y terminal. Cada planta tiene una umbela central o primaria, de primer orden, correspondiente al tallo principal. Las sucesivas ramificaciones del vástago producen las respectivas umbelas de segundo, tercero y hasta séptimo orden. El número de ramificaciones, órdenes y umbelas varían entre plantas y con las condiciones ambientales (OLIVA, 1992).

El fruto es un esquizocarpo o diaquenio, dos aquenios aplanados en la cara de la unión. Los mericarpios se separan a la madurez y cada uno constituye lo que comúnmente se denomina semilla (OLIVA, 1987 citado por GARCIA, 2002).

## **2.2 Crecimiento y desarrollo del cultivo**

La zanahoria tiene dos formas de crecimiento: anual y bienal, siendo esta última la forma comercial. La planta bienal (ciclo de dos años de duración), se diferencia en dos fases o etapas de crecimiento, una etapa primaria vegetativa (primer año), que es donde se desarrolla el órgano de consumo o raíz napiforme, y la etapa reproductiva donde se producen las semillas de la planta (segundo año). En la fase vegetativa encontramos dos etapas que dan curso al desarrollo de la raíz (OLIVA, 1992)

La primera, corresponde a una etapa de activa división celular con desarrollo de raíces y hojas absorbentes, es una fase de producción y utilización de carbohidratos, donde se produce mayormente el crecimiento en largo de raíz (GARCIA, 2002). Este alargamiento se produce principalmente en la primer mitad del ciclo, presentando al final de este período, el 80 % de la longitud medida a la cosecha (REINA, 1997; KRARUP, 2000).

La segunda etapa corresponde al engrosamiento de la raíz principal, que es una fase de producción y acumulación de carbohidratos y agua (GARCIA, 2002). En esta fase se produce el crecimiento celular, dando lugar al aumento de diámetro, con una tasa de engrosamiento inicial lenta, para luego acelerarse alcanzando el máximo grosor (REINA, 1997).

## **2.3 Factores que determinan el crecimiento y desarrollo del cultivo**

El crecimiento de la raíz de almacenamiento esta condicionado por factores ambientales y del cultivo. Algunos de estos factores se presentan a continuación:

### 2.3.1 Factores ambientales

Los factores ambientales tales como temperatura, humedad, luz son determinantes para el crecimiento de la raíz. Muchos autores indican que con aumento en la cantidad o intensidad de luz diaria la planta incrementa su peso, siempre y cuando la temperatura ni humedad sea una limitante (DWNS, 1985; IKEDA *et al.* 1988; HOLE y SUTHERLAND, 1990 citado por BENJAMIN *et al.*, 1997).

Otros autores enfatizan el rol de la temperatura y oferta hídrica en el crecimiento de la planta. Así, BARNES (1936 citado por BENJAMIN *et al.*, 1997), indica que el rango de temperaturas óptimas para el crecimiento va desde 16 a 21°C, y al exponer el cultivo a esas temperaturas, el peso de la raíz se ve aumentado con incrementos sucesivos de agua. A su vez la temperatura del aire influye en el área foliar de la planta, encontrando un área mayor cuando esta se expuso a temperaturas cercanas a 25 °C y se redujo a la mitad, cuando las plantas se manejaron a 12 °C (GONZÁLEZ, 2002).

**2.3.1.1 Humedad:** La oferta hídrica es importante en el desarrollo del cultivo, principalmente en la etapa de intensivo crecimiento de la raíz. Las precipitaciones caídas en el periodo vegetativo no siempre, son oportunas, por lo que es necesario el uso de riego para asegurar el máximo potencial del cultivo.

Cuando las precipitaciones son escasas el suministro de agua a los cultivos a través del riego aumenta considerablemente el rendimiento, de acuerdo a ROLBIECKI *et al.*, (2000; citado por DYSCO y KANIZEWESKY, 2007) el riego por aspersión aumenta el rendimiento de zanahorias hasta un 200%. Sin embargo estudios donde se evalúan tres sistemas de riego (goteo, micro aspersión y por superficie) exponen que el riego por goteo es el más eficiente en el uso del agua (IMTIYAZ *et al.*, 2007). Otras investigaciones realizadas en suelo franco arenoso donde se evalúa el riego por goteo en la producción de zanahoria demuestra el aumento del rendimiento del cultivo (Cuadro 1) (DYSCO y KANIZEWESKY, 2007).

**CUADRO 1 Influencia del método de cultivo y métodos de riego por goteo en la producción de zanahoria (t ha<sup>-1</sup>)**

Método de cultivo	Tratamiento de riego	Rendimiento de zanahoria (t ha <sup>-1</sup> )		
		Comerciales	No comerciales	Total
Camellones	Subsuperficial	100.0	8.0	108.0
	Superficial	121.0	4.8	125.8
	Sin riego	59.3	7.0	66.3
	Promedio	93.4	6.6	100.0
Suelo plano	Subsuperficial	111.1	3.1	114.2
	<b>Superficial</b>	<b>100.3</b>	<b>3.7</b>	<b>104.0</b>
	Sin riego	55.7	7.6	63.3
	Promedio	89.0	4.8	93.8
LSD 0.05	Para método de cultivo (A)	n.s.	n.s.	5.14
	Para riego (B)	6.51	1.74	6.22
	Interacciones (AB)	9.07	3.68	8.71
	(BA)	9.20	2.44	8.81

FUENTE: Adaptado de DYSCO y KANIZEWESKY (2007)

Como se muestra en el Cuadro 1, el riego tiene un efecto significativo en el rendimiento de los cultivares, el rendimiento de raíces comerciales aumenta en un 80,07% y disminuye las raíces no comerciales en 51,3 % al suministrar riego superficial en el cultivo en terreno plano.

La humedad del suelo es un factor que incide también en la temperatura del suelo, esta produce una menor variabilidad en la temperatura diaria. A la vez, al suministrar riego en una superficie donde no se eliminaron los residuos, disminuye significativamente la temperatura diaria con respecto al testigo sin riego (MORANDINI *et al.*, 2009).

**2.3.1.2 Régimen de Temperatura:** La temperatura es otro de los factores importantes en el crecimiento y desarrollo de las plantas y que a diferencia de la luz, esta puede ser limitante en algunas zonas para determinados cultivos. Una reducción de temperatura de un órgano de la planta por debajo de la temperatura óptima reduce su actividad metabólica y por lo tanto, su habilidad para competir por asimilados.

En términos generales, la clasificación térmica por si sola es difícil de llevar a cabo, observándose algunos autores que utilizan la terminología “*medianamente resistente*” para el caso de la zanahoria, para referirse a la capacidad de adaptación en el campo la misma especie. Teóricamente en esta clasificación, la zanahoria en su estado de germinación necesita un mínimo de 4,4°C; estando su rango óptimo entre 7,2 y 29,4°C; y un máximo de 35°C. Temperaturas medias mensuales aproximadas para el desarrollo del cultivo van de 7,2°C como mínimo, describiéndose un rango óptimo de entre 15,5 y 18,3°C, y un máximo de 23,8°C (LORENZ y MAYNARD, 1980). Por su parte, estudios realizados por OLYMBIOS (1973; citado por BENJAMIN *et al.*, 1997), donde intenta evaluar la temperatura óptima para el desarrollo en relación al follaje y raíz de la planta de zanahoria, da cuenta de una complementariedad de situaciones en la rizósfera y temperatura de aire. Tomando como base comparativa una temperatura en toda la planta de 15°C para lograr un 100% de producción, plantean que los balances son diferentes de acuerdo a las condiciones en que la planta se vea enfrentada. Así, el efecto de acumulación de materia seca en las raíces se ve favorecido cuando la temperatura es uniforme en la planta a 25°C, sin embargo, esta situación es imposible en la realidad cuando estas son diferentes, siendo la óptima para raíz cercana a 15 °C mientras que para el follaje es mayor, siendo más beneficiosa para este una temperatura cercana a 25 °C como se muestra en el Cuadro 2.

**CUADRO 2 Efecto de la temperatura sobre la materia seca del follaje y raíz en zanahoria (pesos de referencia a 100 en régimen de 15/15 ° C).**

	Temperatura del follaje °C	
	15	25
<b><i>Peso de la raíz</i></b>		
Temperatura de raíz (°C)		
<b>15</b>	100	93
<b>25</b>	53	153
<b><i>Peso del follaje</i></b>		
Temperatura de raíz (°C)		
<b>15</b>	100	136
<b>25</b>	113	258

FUENTE: OLYMBIOS (1973; citado por BENJAMIN *et al.*, 1997).

Otros autores como GIACONI y ESCAFF (2001) indican que la temperatura óptima para el desarrollo de este cultivo es 16 a 20 °C, siendo sensible a temperaturas extremas cuando se encuentra en estado de plántula. Los mismos autores mencionan que el rango de temperatura para germinación va de 8 a 18 °C. En relación a las primeras etapas, LORENZ y MAYNARD (1980), describen que el tiempo de emergencia de semillas puede variar, indicando que con temperaturas de suelo de 20 a 35 °C el tiempo puede ser de 6 a 8 días, mientras que con temperaturas más bajas de 5 °C tarda 51 días. También informaron que con temperaturas de 10 a 15 °C el tiempo de emergencia puede variar entre 10 a 17 días.

Según SARLI (1980) y COLAFRANCESCHI (1996; citado por GARCIA, 2002) valores térmicos fuera del rango 15-21°C en estado de madurez, puede afectar al desarrollo de otras características como el crecimiento, desarrollo y hasta el color de la raíz, disminuyendo con esto la calidad.

La temperatura afecta igualmente la forma y tamaño de la raíz, Mientras más elevada la temperatura (mayor a 20°C) estas serán más cortas y gruesas, y al contrario, con temperaturas bajas (10 a 20°C) predomina el crecimiento longitudinal, encontrando raíces largas y finas.

**2.3.2 Densidad y arreglo espacial de plantas:** Un efecto importante sobre el crecimiento lo ejerce la densidad, ya que determina los recursos disponibles que pueden ser utilizados por cada planta. De este modo en estudios realizados por ROBINSON (1969; citado por BENJAMIN *et al.*, 1997) señala que la relación densidad-rendimiento de la raíz es de forma asintótica, y no hay evidencia de un decrecimiento de las plantas hasta una densidad de 22 plantas m<sup>2</sup>. Sin embargo RANGEL *et al.*, (2008), al evaluar la productividad de tres genotipos de zanahoria con diferentes densidades de plantación obtuvo la producción más alta (40,1 t ha<sup>-1</sup>) con una densidad de 96 plantas por metro cuadrado, destacando que la menor densidad que evaluó fue 46 plantas por metro cuadrado obteniendo un rendimiento bajo, de 29,7 t ha<sup>-1</sup>.

Otro factor importante en el crecimiento de las plantas, pero independiente del ejercido por la densidad es el arreglo o espaciamiento de las plantas (la relación en el espacio entre y sobre hilera), pero que tiene menor efecto en el peso de las plantas que el de la densidad (ROBINSON, 1969, citado por BENJAMIN *et al.*, 1997). Esto lo corrobora

RANGEL *et al.* (2008), al obtener el mayor peso de la planta individual con el arreglo espacial de 20x8 cm, encontrando diferencias significativas en los diferentes marcos de plantación evaluados.

Respecto al peso de las plantas, se ha descrito una alta variabilidad que es aumentado a altas densidades y se ve disminuida al sembrar a bajas densidades (ROBINSON, 1969, citado por BENJAMIN *et al.*, 1997)

En forma complementaria estudios realizados por BENJAMIN Y HARDWICK (1986) y BENJAMIN (1990; citado por BENJAMIN *et al.*, 1997), aducen que esta variación en el peso de las plantas se debe principalmente al peso de la semilla, peso del embrión, duración de crecimiento de pre-emergencia y tasa de crecimiento de pre-emergencia, lo que no es raro, ya que en variadas especies hortícolas se sabe que el tamaño de la semilla o parte reproductiva tiene una relación directa con la magnitud del material de origen (GEDAMU *et al.*, 2008). En este sentido dependiendo del peso y calidad de la semilla, los factores como duración de crecimiento de pre-emergencia y tasa de crecimiento de pe-emergencia pueden variar.

#### **2.4 El cultivo de la Zanahoria**

La zanahoria es una hortaliza que se cultiva prácticamente todo el año. Variando la fecha de siembra de norte a sur, en el extremo sur del país la fecha de cultivo va desde agosto a diciembre (BRAVO Y ALDUNATE, 1986). Según estos mismos autores, el cultivo tiene un periodo vegetativo que va desde tres meses y medio a seis meses y medio, lo que dependerá principalmente de la zona agroecológica y la variedad utilizada en la siembra.

En relación a la humedad es importante mantener un régimen de humedad constante GARCIA (2002). La importancia en la uniformidad de este factor radica en que este cultivo tiene baja densidad radicular y poca profundidad lo que lo hace sensible a la sequía como a cambios bruscos de temperaturas que la pueden romper (REINA, 1997). Irregularidades en el suministro de agua provoca generalmente rajaduras en la raíz, mientras que un déficit produce raíces largas y descoloridas con una alta proporción de raíces secundarias GARCIA (2002). El mismo autor, menciona que la incidencia relativa de este factor en la calidad de las raíces es menor que el de la temperatura. En relación a esto un estudio analizó el efecto del nivel de riego en

nuevas variedades de zanahoria, observándose diferencias en la cantidad de raíces no comerciales según el nivel de riego aplicado, siendo alto el porcentaje de raíces no comerciales (entendiendo estas por raíces bifurcadas, fibrosas y divididas) cuando el suministro de agua fue bajo y también demasiado alto, considerando como óptimo 80 mm de ETo (Evaporación de bandeja) acumulada (SAHARAN *et al.*, 2006; DYSKO y KANISZEWKI, 2007).

**2.4.1 Rendimientos:** En cuanto a los rendimientos alcanzados por este cultivo, para consumo fresco, la literatura ofrece amplios rangos. En Chile se han descrito de 30 a 40 toneladas, en la zona central, o 320 a 400 mil raíces; con 40 a 50 % de primera, 30 a 40 de segunda y 10 a 20 % de tercera (GIACONI y ESCAFF, 2001), lo que concuerda con los rendimientos obtenidos por XARPELL (1991), quien reportó 43,5 para Chantenay y 29,6 t ha<sup>-1</sup> para emperador. Al igual que este autor EBNER (1995), en Valdivia, informó valores entre 28,7 a 44,1 t ha<sup>-1</sup> afirmando que las productividades pueden ser aun mayores, debido a que durante su ensayo, se produjo un déficit hídrico. Otros autores presentan también resultados similares indicando 44,12 t ha<sup>-1</sup> para Chantenay y 43,31 t ha<sup>-1</sup> para Emperador (ALTAMIRANO, 1997), KRARUP (2000), al comparar cuatro localidades del sur de Chile obtuvo para la XIV Región 43,3 t ha<sup>-1</sup>, mientras que INIA Quilamapu reporta para la variedad Chantenay 35 t ha<sup>-1</sup>. En Europa al evaluar el efecto del riego por goteo, fertilización nitrogenada y métodos de cultivo en el rendimiento y calidad de la zanahoria se obtuvieron valores de 73,25 t ha<sup>-1</sup> (promedio de 2 años) para riego superficial y de 30,95 t ha<sup>-1</sup> para el testigo sin riego (DYSKO Y KANISZEWKI, 2007). Estudios más recientes en el sur de Chile, realizados por INIA Carillanca con variedades nuevas, mencionan rendimientos más altos superiores a 70 t ha<sup>-1</sup> (70-130) siendo las variedades industriales las más productivas (KEHR *et al.* 2010).

En el sur de Chile, EBNER (1995) y KRARUP (2000) encontraron que existe diferencia entre los cultivares explotados más ampliamente en Valdivia (Chantenay y Emperador), e indica que la variedad Chantenay es la que tiene rendimientos más altos.

En relación al momento de cosecha, los grados día acumulado para este cultivo son de 1450 GDA (T<sup>o</sup> base 5<sup>o</sup> C), los que dan una indicación aproximada para saber cuando se puede cosechar el cultivo (AGUILERA, 2000). Sin embargo estos grados días acumulados son para cultivares utilizados en consumo fresco, pudiendo variar para



otro tipo de procesamiento, ya que la madurez del producto incide directamente en la calidad del producto cosechado. Según ALTAMIRANO (1997), retardando la fecha de cosecha podemos mejorar los rendimientos pero con variación en los parámetros de calidad, donde se ven modificados los sólidos solubles y materia seca. De acuerdo a esto este autor menciona aumentos de  $8,83 \text{ t ha}^{-1}$  promedio, al retrasar la fecha de cosecha en 15 días. Al retrasar la cosecha en intervalos de 20 días EBNER (1995) obtuvo un aumento de  $11,12 \text{ t ha}^{-1}$  promedio.

En relación al rendimiento de la planta completa, EBNER (1995) señala rendimientos para Chantenay y Emperador en biomasa total de  $54,4$  y  $37,8 \text{ t ha}^{-1}$ , peso de follaje de  $10,35$  y  $9,15 \text{ t ha}^{-1}$  y un índice de cosecha de  $0,80$  y  $0,78$  respectivamente. Lo que concuerda con lo obtenido por ALTAMIRANO (1997), al evaluar estos mismos parámetros.

**2.4.1.1 Rendimiento en jugo:** Una de las formas de comercialización de las zanahorias corresponde al procesado para la obtención de jugos o zumos. El jugo producido por la zanahoria ronda los 680 a 750 litros de concentrado por tonelada procesada (MORALES, 1995 citado por EBNER, 1995). En efecto KEHR *et al.*, (2010) reporta de 35.000 a 67.000 L  $\text{ha}^{-1}$  al obtener rendimientos en sus cultivares del orden de 70 a 130  $\text{t ha}^{-1}$  por lo tanto, el rendimiento promedio en jugo serían de 350 a 670 L  $\text{t}^{-1}$  (tomando como base rendimiento promedio  $100 \text{ t ha}^{-1}$ ). XARPELL (1991), siendo específico para una variedad como la tipo Chantenay reportó valores de 694,6 Litros  $\text{t}^{-1}$ .

Profundizando en los tipos de zanahorias, se ha observado que los cultivares tienen un efecto significativo en el rendimiento de jugo de las raíces ya que según lo reportado por KRARUP (2000), existen diferencias significativas en el porcentaje de jugo de los cultivares analizados, los que fueron de 54,4% y 51,7% para Chantenay y Emperador respectivamente, lo que se ve confirmado con diferencias halladas por EBNER (1995), quien obtuvo valores de 537 y 573 L  $\text{t}^{-1}$  para Emperador y para Chantenay respectivamente. Igualmente MONTEFUSCO (1997), halló valores significativos de 51,6 % en volumen de jugo para línea UACH y de 55,17 % para Chantenay, lo que posteriormente corroboró AGUILERA (2000), quien obtuvo un 50,69% de volumen de jugo para línea UACH, y un 54,4% para Chantenay.

**2.4.2 Requerimientos Edáficos:** Por ser de interés la raíz, esta especie se cultiva mejor en suelos profundos y fértiles, con bastante materia orgánica, suelos con buena aireación y sin piedras que entorpezcan el crecimiento normal (GIACONI y ESCAFF, 2001). Por su parte GARCIA (2002), indica que los suelos tienen que ser bien estructurados, con buen drenaje, alta capacidad de retención de agua, ya que los suelos pesados con impedimentos físicos, presencia de capas impermeables, producen deformaciones en la raíz, provocando disminución o retraso de emergencia. El rango de pH más favorable para este cultivo es de 5,5 a 6,5. Aunque otros autores indican un pH óptimo mínimo de 6,0 y hasta 6,5 ya que esta especie no tolera la acidez y es sensible a la salinidad (CÁCERES, 1981; citado por REINA, 1997)

**2.4.3 Riego:** El riego junto con la fertilización en cultivos es uno de los factores más importante para lograr el óptimo potencial del cultivo, con el riego aplicado a la planta devolvemos el agua que el cultivo pierde por efecto evapotranspiración, evitando un estrés por parte de esta, el que iría en desmedro del crecimiento, principalmente en los periodos más importantes. Otro beneficio que aporta el agua al suelo es el efecto estabilizador de temperaturas del suelo por su alto calor específico, lo que mantiene las temperatura más baja en el suelo cuando la temperatura del aire son elevadas, lo que es beneficioso para cultivos que requieren temperaturas frescas en la estación del cultivo (MORANDINI *et al.*, 2009).

El riego también influye en algunas características químicas del producto y del suelo como la materia seca en la raíz, el pH y el contenido de nitrógeno en el suelo. En el caso de la materia seca, con el suministro de agua disminuye el porcentaje de materia seca en la raíz de zanahoria. En cuanto al pH y el contenido de nitrógeno del suelo, los estudios arrojaron que el valor de pH incrementa con el riego y disminuye el contenido de nitratos (DYSKO y KANISZEWSKI, 2007).

En el cultivo zanahoria existen tres momentos críticos en las necesidades de agua las que serán dependientes del estado fenológico de la planta y de las condiciones ambientales.

Al momento de emergencia hasta las 2 hojas verdaderas requiere de riegos cortos y seguidos. Una vez alcanzado las 2 hojas verdaderas es aconsejable restringir el riego, de manera tal que la raíz busque humedad en profundidad y se desarrolle.

Al engrosamiento de la raíz se debe aportar agua en forma creciente para mejorar el diámetro de la raíz. Se sugieren riegos abundantes de acuerdo a la humedad del suelo y a la época del año (GARCIA, 2002).

Como concepto general para hortalizas el criterio de riego es alrededor de 60 a 75% de capacidad de campo, lo cual indica que cuando se agote el 40 a 25 % respectivamente de agua útil, será el momento adecuado para regar.

**2.4.4 Fertilización:** Según GROS (1981), citado por EBNER (1995), las hortalizas tienen exportaciones considerables de nutrientes. En efecto la zanahoria tiene requerimientos más bien altos de nitrógeno de 1,9% y potasio de 2,6% más que compuestos fosforados que es de 0,2 %.

Experiencias realizadas por KRARUP *et al.*, (1984, citado por EBNER, 1995), señalan que una fórmula (N,P,K) de 64-100-100 unidades, se obtienen buenos resultados en Valdivia. Otros autores han estimado dosis de 60 a 125 kg de nitrógeno por hectárea. XARPELL (1991), al evaluar las dosis de fertilización nitrogenadas entre 0, 64 y 125 encontró que sobre 60 kg de nitrógeno por hectárea no hay diferencias en el rendimiento. En el caso del fósforo cuando se encuentran niveles de 10 a 20ppm de fósforo Olsen en el suelo, es necesaria sólo la dosis de mantenimiento.

## 2.5 Tipos de zanahorias

Hoy en día existen muchos cultivares nuevos de zanahoria, los que presentan características mejoradas para su cultivo. Si bien se ha avanzado en la genética de esta planta por lo cual podemos encontrar diferentes cultivares, todos estos responden a tres formas diferentes de su raíz, la que es característica de un cultivar.

En cuanto a forma se puede decir que básicamente existe la zanahoria de forma cónica, cilíndrica y redonda. Otro aspecto importante para clasificar las zanahorias es según su tamaño donde podemos encontrar:

- Largas: las cuales tienen una longitud de 20 a 25 cm las variedades representantes de este aspecto son Imperator, Saint Valeri y Scarla.
- Semilargas: variedades que tienen una longitud de 15 a 20 cm con ejemplares como Nantes, Kuroda, Tip-top y Romosa.

- Semicortas: zanahorias de 10 a 12 cm de longitud, dentro de las cuales encontramos la variedad Chantenay y Dranvers.
- Cortas: se caracterizan por tener una longitud menor a 10 cm con representantes como Roja de Nancy, Corta de Guerande y Early French Frame. (REINA, 1997).

Uno de los cultivares más utilizados en la zona de Valdivia es de forma cilindro cónica como el genotipo Chantenay. Es el preferido para consumo fresco, ya que es una zanahoria de un tamaño medio, con un peso cercano a 150 g y un largo variable entre 12 a 17 cm, de forma cilindro-cónica puntuda y de color naranja, con hombro púrpura verdoso. Es el cultivar dominante en el mercado chileno. En cuanto a las dimensiones de este cultivar BRAVO Y ALDUNATE (1986), señalan 11 a 15 cm de longitud y de 3 a 5 cm de diámetro. KRARUP (2000), observó un largo de 10,9 cm y un diámetro de 4,6 cm para esta variedad, mientras que MONTEFUSCO (1997), reportó valores inferiores con un largo de 9,4 cm y un diámetro de 3,2 cm para esta variedad.

## 2.6 Plagas y enfermedades

En términos generales, es un cultivo que no presenta mayores problemas. Sin embargo al estar presentes, son un factor que incide en el buen desarrollo de la planta y causa disminuciones en el rendimiento y calidad del producto cosechado, algunas plagas y enfermedades se describen a continuación:

**2.6.1 Plagas:** Las plagas que se pueden presentar en el cultivo son algunos gusanos, como *Agrostis ipsilon*, o cuncunilla negra de las chacras, las cuales corresponde a un tipo de gusano cortador de tallos, la larva vive bajo el suelo, prefiere cortar plantas nuevas a nivel de superficie y ocasionalmente asciende al follaje para alimentarse de hojas, los primeros daños se observan a comienzos de octubre, extendiéndose hasta enero (GONZALES, 1989).

Otra plaga importante y que afecta principalmente el producto cosechado son los nemátodos. En relación a esto una de las plagas que generalmente afecta este cultivo, ocasionando deformaciones en las raíces es el género *Meloidogyne spp.* que es un nemátodo productor de agallas que pueden alcanzar hasta 4 mm de diámetro. Estas agallas son nocivas por dificultar la retención de los productos fotosintéticos, impedir el crecimiento de raicillas y por inducir mayor sensibilidad a los hongos del suelo (*Phytium spp.*, *Fusarium spp.* y *Rhizoctonia spp.* etc.). Otro género importante dentro

de los nemátodos que ataca la zanahorias es *Pratylenchus spp.* (CARRERO y PLANES, 2008).

**2.6.2 Enfermedades:** Las enfermedades más comunes de encontrar en la zona sur de Chile es alternariosis. Esta se caracteriza por la presencia de pequeñas lesiones irregulares, necróticas, rodeada por un halo amarillento, luego esta enfermedad progresa desde hojas más viejas hacia las más jóvenes. Otra enfermedad es la cercosporiosis que provoca atizamiento foliar, lesiones necróticas algo esféricas de color marrón, rodeadas de un halo oscuro. Igualmente a esta especie la ataca *Rizoctonia spp.* que se evidencia con síntomas en la corona y raíz, presentando lesiones necróticas, secas y sarnosas de forma irregular. Estas enfermedades son favorecidas por el exceso de humedad y temperatura que bordean los 15 a 25 ° C (LATORRE *et al.*, 1990)

## 2.7 Parámetros de calidad

Según MOZZA (1989; citado por GAJEWSKY *et al.*, 2007), los parámetros de calidad más importante en zanahoria son el tamaño, forma, color, textura y aspectos internos (valor biológico y calidad sensorial). De acuerdo a esto las azúcares solubles son el principal compuesto almacenado en la raíz. Además HOLDEN *et al.*, (1999; citado por GAJEWSKY *et al.*, 2007) indica valores de algunos parámetros importantes de medir en la raíz, y expresa valores de un 12% de materia seca, 4,5 % de azúcar, 2% de fibra dietaria, 5,3mg 100g<sup>-1</sup> de  $\beta$ -caroteno y 5,9 de vitamina C, indicando que la composición química de la raíz es afectada por el cultivar, condiciones de crecimiento y almacenamiento.

**2.7.1 Materia seca:** Es de interés conocer la materia seca para procesos industriales, ya que afecta el contenido de azúcares, el rendimiento y calidad del producto procesado. En cuanto a los parámetro de calidad evaluados en zanahoria, la materia seca se considera en torno al 11 % lo que dependerá en gran medida del cultivar y de las condiciones climáticas en las últimas etapas del cultivo, como las temperaturas, que incide positivamente al ser altas. Se obtiene un porcentaje de materia seca menor cuando las temperaturas son bajas en el momento de cosecha (KRARUP *et al.*, 1986; citado por AGUILERA, 2000)

En ensayos realizados por KRARUP (2000), se obtuvieron valores de 12,7 % de materia seca para el cultivar Emperador y para Chantenay 11,9 %, encontrando diferencias significativas en los cultivares, lo que concuerda con MONTEFUSCO (1997), el cual obtuvo 11,55 % para Chantenay y 12,95 para línea UACH. Por su parte AGUILERA (2000), ratifica las diferencias que existen entre cultivares en cuanto a materia seca, encontrando diferencias significativas para línea UACH y Chantenay observando 14.97 % y 14.02 % respectivamente. En general se observa que los cultivares estudiados en la zona producen cerca de un 11 a 15% de materia seca. Al evaluar cultivares no clásicos (de colores), también se observan las mismas tendencias ya descritas para las zanahorias anaranjadas, aunque en zanahorias púrpuras se alcanzaron 15,5 % las que a la vez obtuvieron el mayor contenido de azúcar (GAJEWSKY *et al.*, 2007).

**2.7.2 Sólidos solubles:** Los sólidos son el principal compuesto almacenado en la raíz. Según GAJEWSKY *et al.*, (2009), este representa el 34 al 70 % del peso seco de la raíz, y es afectado por la cantidad de materia seca que tenga esta. Esto es de interés ya que de acuerdo a lo requerido por la agroindustria de jugos enlatados, se precisa un contenido de sólidos solubles de 6,4 a 8° brix o bien que la zanahoria alcance un  $\frac{1}{2}$  a  $\frac{3}{4}$  de madurez, por lo tanto, es de interés la cosecha oportuna, ya que los sólidos solubles aumentan con la madurez (REINA, 1997).

En relación a este parámetro MONTEFUSCO (1997), obtuvo un valor de 8,85 % para Chantenay, mientras que KRARUP (2000), al evaluar 6 cultivares y momentos de cosechas, obtuvo para Emperador y Chantenay 9,8 y 9,4 % respectivamente, encontrando diferencias en el cultivar, pero donde vio más afectados los sólidos solubles fue en el momento de cosecha siendo más altos en el primer momento (18 marzo, Valdivia, Chile), antes de las lluvias que se produjeron entre los dos primeros momentos y que, aparentemente, aumentaron el volumen de jugo, disminuyendo de 10,1 a 8,9 % los sólidos solubles. Por su parte AGUILERA (2000), obtuvo un valor de 10,7 % para el cultivar Chantenay. Al igual que los dos autores antes mencionados ATAMIRANO (1997), reportó valores similares, con diferencias significativas entre cultivares. Mientras que GAJEWSKY *et al.*, (2007), obtuvieron valores de 5,2 a 6,8 % para zanahorias de color anaranjado, al evaluar cultivares de colores, destacando que el color que obtuvo mayor contenido de azúcar fue el color púrpura, lo cual es

concordante con lo obtenido por INIA Carillanca, al evaluar las variedades de colores, en cuanto a los genotipos anaranjados este reporta de 7,7 a 8,9 ° Brix (KEHR *et al.*, 2010). Estudios realizados por GAJEWSKY *et al.*, (2009), al evaluar la influencia del nitrógeno y el momento de cosecha en la calidad de cultivares industriales de zanahoria, obtuvieron valores de 8,9 y 9,5 °Brix para la primera cosecha, los que aumentaron en cosechas posteriores, alcanzando hasta 10,2 °Brix.

**2.7.3 pH:** El pH de un producto es un buen indicador de calidad para al ser utilizado en jugo ya que afecta el sabor del producto. Según boletín FAO (2001), los vegetales son bajos en ácidos y presentan pH generalmente superiores a 4,5 por lo que generalmente se mezclan con jugo de frutas para disminuir este parámetro.

Los valores encontrados por XARPELL (1991), indican un pH de 6,5 para Chantenay y De Colmar. Así mismo, ALTAMIRANO (1997), al evaluar 6 cultivares reporta valores de pH desde 6,1 a 6,5 siendo el menor pH el del cultivar Chantenay, mientras que MONTEFUSCO (1997) y AGUILERA (2000), concuerdan con el primer autor con valores para Chantenay cercanos a 6,5, por lo además MONTEFUSCO (1997), indica que no hay diferencias de pH en cuanto al cultivar, esto lo corrobora GAJEWSKY *et al.*, (2007) tras analizar los pH de cultivares de zanahorias de colores obtiene valores desde 6,1 a 6,2 sin encontrar diferencias entre los cultivares medidos, aunque en estos mismos cultivares, otros autores si han encontrado diferencias estadísticas (AGUILERA, 2000).

**2.7.4 Coloración:** El color anaranjado de las zanahorias se debe a la presencia de carotenos, los cuales son precursores de vitamina A, lo que constituye la mayor riqueza nutritiva de esta raíz.

Según OLIVA, (1987; citado por GARCIA ,2002), el color varía con la edad de las raíces, el contenido de humedad, las condiciones del suelo, la temperatura y la densidad de plantas

En cuanto a coloración medida en absorbancia a 520nm (Colorimetría) KRARUP (2000), al evaluar seis genotipos, en distintos momentos de cosecha en cuatro localidades del sur de Chile (Valdivia, Osorno, Río Negro y Puerto Octay), obtuvo para Emperador y Chantenay una absorbancia de 2,3 y 1,8 respectivamente, no encontrando diferencias significativas en cuanto a cultivar ni en el momento de

cosecha, pero si en las zonas analizadas. Dentro de los mismos resultados se observó que el color se intensificó después del primer momento de cosecha (llovió después de dicho momento), siendo también mejor en Osorno, lo que parece indicar que la disponibilidad de agua en el suelo tiene un grado de influencia en la intensidad del color del jugo producido por las raíces de zanahoria.

## 2.8 Metodología para determinar momento de riego

Con el avance de las tecnologías hoy en día hay muchas instrumentos y técnicas que ayudan a determinar el momento de riego para los cultivos. Elementos sofisticados como sondas de capacitancia, water mark, tensiómetros y otros más convencionales como la bandeja Clase A, son utilizados para determinar el momento oportuno del riego en relación a las condiciones de suelo y medio ambiente. Otro método muy común, aunque no el más preciso de todos, es la determinación de humedad mediante el tacto descrito y difundido por el US. Soil Conservation Service (1962), el cual consiste en la determinación del comportamiento plástico de una muestra de suelo amasado en mano. De esta manera, tensiones variables del contenido volumétrico de agua ( $w_p$ ) harán más o menos friable la muestra obtenida, con lo que se puede interpretar el momento oportuno de riego de acuerdo a la capacidad de cohesión de las partículas del suelo, comportamiento que tiene una relación directa a la cantidad de agua disponible para la planta.

**2.8.1 El aspecto y el tacto para la determinación de humedad del suelo:** Para este fin se obtienen muestras de suelo de la zona radicular con un barreno y utilizando la guía del Cuadro 3, sirve para indicar en qué medida la humedad utilizable ha sido extraída del terreno, y por lo tanto es la que se debe proporcionar al mismo, durante el tiempo de riego (ISRAELSEN y HANSEN, 1965).

### CUADRO 3 Guía para estimar humedad utilizable que ha sido extraída del suelo

Falta de humedad del suelo	Tacto y aspecto de la falta de humedad, en cm de agua por metro de suelo.			
	Textura gruesa	Textura gruesa moderada	Textura media	Textura fina o muy fina
0% (Capacidad	Cuando se comprime no sale agua de la porción de terreno, pero	Cuando se comprime no sale agua de la porción de terreno, pero	Cuando se comprime no sale agua de la porción de terreno, pero	Cuando se comprime no sale agua de la porción de terreno, pero



de campo)	queda una huella húmeda de la pella de tierra en la mano	queda una huella húmeda en de la pella de tierra en la mano.	queda una huella húmeda de la pella de tierra en la mano	queda una huella húmeda de la pella de tierra en la mano
0-25%	Tendencia a aglomerarse, si bien ligeramente; a veces, y bajo presión, permite la formación de una bolita que se disgrega fácilmente.	Se puede formar una bolita con dificultad, que se rompe fácilmente y que no es pegajosa, es decir no se adhiere a la mano.	Se puede formar una bolita que se moldea fácilmente y es muy pegajosa si hay un contenido relativamente alto de arcilla.	Se forma cilindro con facilidad cuando se amasa entre los dedos, tiene un tacto pegajoso.
25-50%	Seco en apariencia, no se puede formar una bolita amasándolo.	Se puede llegar a formar una bolita bajo presión. Pero no suele mantenerse compacta.	Se puede formar una bolita relativamente plástica que resulta algo pegajosa cuando se la presiona con los dedos.	Se forma una bolita o pequeño cilindro cuando se la amasa entre el pulgar y el índice.
50-75%	Seco en apariencia, solamente con presión no es posible hacer una bolita.	Seco en apariencia, no puede formarse una bolita empleando únicamente la presión.	Se amigaja, pero se mantiene relativamente compacta cuando se la somete a presión.	Relativamente moldeable, se puede formar una bolita cuando se presiona un poco de terreno.
75-100% (100 % punto marchites permanente)	Seco, suelto, en granos, se disgrega entre los dedos.	Seco, suelto, se disgrega entre los dedos.	Polvoriento, seco, a veces se encuentra en pequeñas costras que se reducen a polvo al romperse.	Duro, muy reseco, apretado, a veces tiene costras que se disgregan en la superficie.

FUENTE: U.S. Soil Conservation Service (USA, 1962; adaptado de ISRAELSEN y HANSEN, 1965).

### 3 MATERIAL Y MÉTODO

#### 3.1 Materiales

A continuación se detallan los materiales utilizados en el presente ensayo:

**3.1.1 Lugar del ensayo:** El ensayo se realizó en la Estación Experimental Santa Rosa, perteneciente a la Universidad Austral de Chile, la que esta ubicada a tres km al norte del aeródromo Las Marías de Valdivia, (39°48' S; 74°24' W).

**3.1.2 Suelo:** El suelo pertenece a la serie Valdivia, (Duric Hapludand) con una altitud de 12 msnm, topografía levemente ondulada con pendientes del orden de 1 a 5%, con una clasificación de uso de suelo de II a III, con drenaje adecuado, buena aireación, baja densidad aparente por lo que presenta aptas condiciones para este cultivo (NISSEN, 1974).

Según el análisis químico entregado por el laboratorio de suelos realizado a partir de 20 muestras, tomadas el día 7 de junio, a una profundidad de 5 a 25 cm, se puede observar el siguiente resultado:

**CUADRO 4 Análisis químico de suelo en el terreno del ensayo.**

Parámetros	Nivel
pH en agua (1:2,5)	5,4
Materia orgánica (%)	14,9
Nitrógeno mineral (mg/kg)	12,6
Fósforo Olsen (mg/kg)	3,8
Potasio Intercambiable (mg/kg)	94
Sodio intercambiable (cmol+/kg)	0,07
Calcio intercambiable (cmol+/kg)	0,66
Magnesio intercambiable (cmol+/kg)	0,3
Suma de bases intercambiables (cmol+/kg)	1,27
Aluminio intercambiable (cmol+/kg)	0,5
CICE (cmol+/kg)	1,77
Saturación de aluminio (%)	28,2

**3.1.3 Clima:** El clima es clasificado como templado lluvioso con influencia mediterránea, con precipitaciones anuales que bordean los 2318 mm presentando un notorio mínimo en verano, aunque no se puede hablar de una estación seca (DGAC, 2010). La temperatura promedio anual es de 12,1°C, con una media mensual máxima de 16,9°C y una media mensual mínima de 7,9°C (Estación Meteorología UACH, 2006).

Las condiciones climáticas durante el periodo del ensayo se muestran a continuación:

**CUADRO 5 Condiciones climáticas en el período del ensayo**

MES	TEMPERATURA (°C)		PROMEDIO 47 AÑOS (1960-2006)
	Promedio Aire	Suelo <sup>(1)</sup>	Promedio Aire
Septiembre 2009	8,2	9,9	9,7
Octubre 2009	9,8	11,7	11,6
Noviembre 2009	10,2	13,0	13,8
Diciembre 2009	13,5	16,5	15,8
Enero 2010	13,9	17,1	17,0
<b>Promedio período</b>	<b>11,1</b>	<b>13,6</b>	<b>13,6</b>

MES	PRECIPITACIÓN (mm)	PROMEDIO 47 AÑOS (1960-2006)
Septiembre 2009	113,5	188,0
Octubre 2009	217,2	150,5
Noviembre 2009	158,7	107,2
Diciembre 2009	117,0	91,8
Enero 2010	45,7	63,9
<b>Total período</b>	<b>652,1</b>	<b>601,4</b>

FUENTE: Estación Meteorológica UACH 2010

Los datos climáticos expuestos fueron tomados desde la estación de monitoreo (Davis Instruments Vantage Pro® Data Logger 6510C, Ca, USA) ubicada en la Estación Experimental "Santa Rosa", la que entrega datos cada 15 minutos, con lo cual se obtuvieron los datos promedios diarios y mensuales de los parámetros de interés.

**3.1.4 Cultivares utilizados:** Los cultivares utilizados para este ensayo fueron tres, pertenecientes a la casa de semilla francesa **Clause** los cuales son: Artemis CLX 3124, Borec F1 y Miraflores CLX 3142. Sus características se especifican a continuación:

<sup>1</sup> Datos no publicados ANDRADE, N. 2010

**3.1.4.1 Miraflores CLX 3142:** Zanahoria híbrido tipo Kuroda, se caracteriza por que su color es más intenso que las tradicionales tipo Chantenay usadas en nuestro país, presenta una forma cilindro-cónica, con un largo de 18 a 22 cm y diámetro de 4,5 a 5,5 cm, su piel es lisa, presenta un nivel de sólidos solubles elevado y un ciclo de cultivo que va de 100 a 135 días de siembra a cosecha, dependiendo de las temperaturas.

**3.1.4.2 Artemis CLX 3124:** Zanahoria tipo Nantes que se caracteriza por presentar tamaño medio, con un peso cercano a 150 g, de un largo variable entre 15 a 20 cm y un grosor de 3 cm, de forma cilíndrica, y de color naranja intenso. Son las zanahorias que dominan el mercado para consumo fresco en muchos países, principalmente en Europa.

**3.1.4.3 Borec F1:** Zanahoria híbrido tipo Chantenay de forma cilindro-cónica, presenta un diámetro de 3.5 a 4 cm y un largo de 9 a 15 cm, color intenso, nivel de sólidos solubles elevados y un ciclo de cultivo que va de 100 a 140 días de siembra a cosecha, dependiendo de las temperaturas.

**3.1.4 Riego:** El sistema de riego que se utilizó fue por goteo, con cintas plásticas Tigre  $4\text{Lh}^{-1}\text{m}^{-1}$ , dispuestas hilera por medio (distancia entre cintas 50 cm). La metodología utilizada para determinar el momento de riego es la metodología táctil del U.S. Soil Conservation Service (Cuadro 3).

**3.1.5 Fertilización:** Las fuentes de fertilizante que se utilizaron para cada nutriente fueron en el caso del nitrógeno, Urea y Can 27 con una dosis de 485 unidades de  $\text{N ha}^{-1}$ , para el potasio se utilizó Muriato de potasio (60%) con una dosis de 452 unidades de  $\text{K}_2\text{O ha}^{-1}$  y por último la fuente fosforada, se aplicó como Súper Fosfato Triple con una dosis de 709 unidades de  $\text{P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$ . Los datos fueron calculados en relación a los requerimientos internos de cultivos y al análisis de suelo. También se hizo una aplicación de CaO de acuerdo a la capacidad tampón del suelo ( $0,12 \text{ pH t}^{-1} \text{ CaCO}_3 \text{ ha}^{-1}$ ) para subir el pH en un punto (Rodríguez *et al.*, 2001).

## 3.2 Método

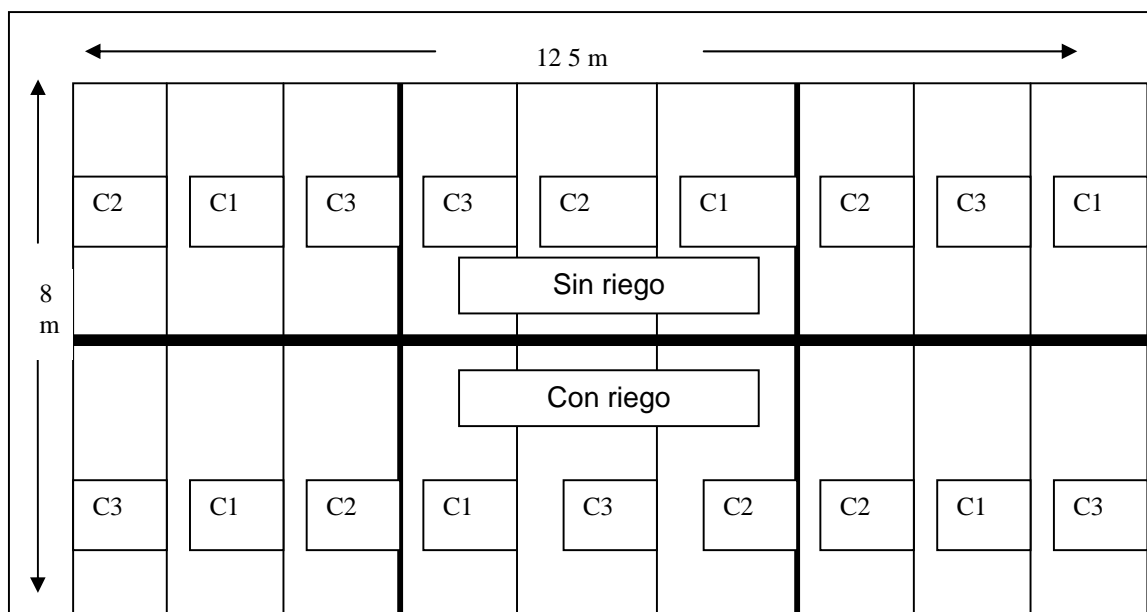
El método utilizado en este ensayo se muestra a continuación:

**3.2.1 Características de las parcelas:** La parcela contó con una superficie de 100 m<sup>2</sup> la que se dividió longitudinalmente para distinguir parcelas con y sin riego, debido a que hay antecedentes acerca del efecto positivo usualmente estadísticamente diferenciado del riego en el cultivo, ya sea por humedad disponible o por una acción indirecta al disminuir la temperatura de suelo, la cual en valores mayores a 18°C podrían perjudicar al cultivo (KEHR *et al.*, 2010).

Por lo anterior, y pese a no poseer una instrumentación que arrojase datos empíricos respecto al contenido volumétrico ni de tensión hídrica del suelo, este punto fue abordado pero sólo con un criterio técnico y meramente descriptivo, lo que permitiría eliminar o disminuir una fuente de error en los datos por posible estrés hídrico, debido a la variabilidad estacional de las lluvias, y que coincidiría con el desarrollo fenológico en períodos de interés. Se utilizó la metodología del US Soil Conservation (1965), que como se ha mencionado, no permite recuperar datos empíricos, pero si determina con seguridad la necesidad de riego o no en las condiciones propuestas.

Por otra parte, se dividió la parcela en 3 sub-parcelas transversales para cada una de las variedades estudiadas, en donde se colocaron las líneas de cultivo de acuerdo a las prácticas locales.

En el total de la superficie, se sembraron 49 hileras separadas 25 cm cada una, en la que se distribuyeron los cultivares en bloques al azar como se ilustra en la Figura 1.



## **FIGURA 1 Distribución de las parcelas**

**3.2.2 Fertilización:** La fertilización se calculó de acuerdo a los requerimientos internos de cada nutriente para el cultivo, con el objetivo de alcanzar una productividad de 70 t ha<sup>-1</sup>, una vez determinada la cantidad de fertilizante se realizó una mezcla de los nutrientes (N, P, K), y se aplicó en surco a una profundidad aproximada de 5-10 cm con una sembradora manual Planet Junior. Luego se cubrió el fertilizante dejando la hilera lista para la siembra. El fertilizante nitrogenado se parcializó en dos aplicaciones, la primera se aplicó junto a la siembra con una fuente amoniacal (Urea), y la segunda parcialización se aplicó a los 80 días después de siembra, con Can 27.

**3.2.3 Siembra:** La siembra se realizó el 01 de septiembre previa a la preparación de suelo, con el uso de sembradora Planet Jr. (Modelo B73-09B, COLE, USA). Para este fin la maquina se calibró a una dosis de siembra de 3 kg por hectárea. La distancia que se dispuso entre hileras fue de 25 cm, para su posterior raleo a una distancia sobre hilera de 7 cm.

**3.2.4 Raleo de plantas:** Se realizó raleo cuando la planta alcanzó 4 a 5 hojas verdaderas, con una altura de 10 cm aproximadamente. La distancia que se consiguió finalmente fue de 5 a 6 cm sobre hilera lo que corresponde a una densidad de plantas de 50 plantas por m<sup>2</sup> aproximadamente.

**3.2.5 Riego en parcelas:** El momento de riego en parcelas se determinó según metodología táctil, el riego se aplicó cuando el suelo perdió aproximadamente el 25 % de agua útil para el cultivo (Cuadro 3, Textura media). Para determinar la pérdida de humedad se tomaron muestras periódicas de suelo en cada parcela donde están dispuestos los cultivos a una profundidad aproximada de 5-10 cm. Según lo obtenido se procedió a regar (cinta 4 L H<sup>-1</sup>m<sup>-1</sup>), con una duración de riego de aproximadamente 2 horas (Ver cálculo anexo 2).

**3.2.6 Aplicación de productos fitosanitarios:** Se realizaron aplicaciones preventivas de insecticida y fungicida de acuerdo a las prácticas locales.

**3.2.7 Mediciones durante el desarrollo del cultivo:** Se realizaron diferentes mediciones durante el periodo del ensayo en las que se registró el peso de las semillas que se utilizaron para el cultivo, biomasa total en fresco y seco (g), peso fresco y seco del follaje (g), largo y diámetro de raíz.

**3.2.7.1 Peso de las semillas:** Se realizó una medición del peso de las semillas utilizadas para la siembra, con el objetivo de ver la influencia en el peso de las plantas y en el rendimiento final. Esta medición se realizó con balanza analítica (Mettler Toledo, XP205DR, Suiza) con un total de 20 muestras por cultivar, considerando 10 semillas por muestra.

**3.2.7.2 Biomasa:** La determinación de biomasa se realizó en cuatro momentos del cultivo, en muestreo destructivo de las plantas. La primera biomasa se hizo al inicio, cuando la planta alcanzó el estado de 4 a 5 hojas verdaderas; la segunda al término de la etapa de elongación de raíz aproximadamente a los 100 días después de siembra; la tercera a los 126 días después de siembra y por último, la cuarta, al final del cultivo. En estas mediciones se procedió a tomar el peso de la planta separando raíz y hojas frescas, luego se secaron las muestras en estufa a 80° C por 48 horas ó hasta alcanzar peso constante, donde se pesaron nuevamente para determinar biomasa seca total y peso seco del follaje de la planta.

En la tercera biomasa se determinó el rendimiento de raíz, con el objetivo de contribuir a mejorar el criterio de cosecha.

En la biomasa final se midió el largo y diámetro de raíz para ver el desarrollo final de la raíz de acuerdo a la Figura 2. La longitud radical se midió desde el extremo superior del cuello hasta la parte inferior de la raíz. El diámetro de la raíz se midió en la zona más gruesa, extremo superior de la raíz, tal como se observa en la Figura 2.

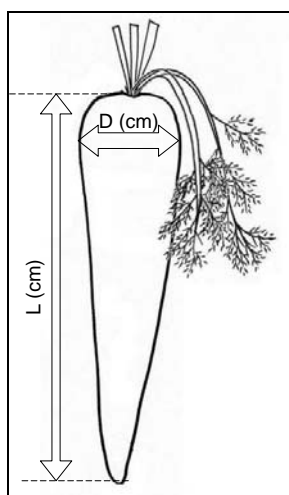


Figura 2: Sitios de medición para ancho (D) y largo de raíces (L).

**3.2.8 Cosecha:** Como criterio de cosecha se tomaron varias variables: Una de estas fue la apreciación visual de la raíz con muestreo destructivo, por lo que se realizó la medición del rendimiento en la tercera biomasa, como una primera aproximación a la cosecha. Otro criterio que se tomó como indicador fueron los grados día acumulados, tomando como referencia ensayos anteriores. Sin embargo los cultivares respondieron antes de completar los grados días acumulados, con la aparición de hombros fuera de la superficie, por lo que el criterio de cosecha final fue este último.

### **3.3 Análisis de laboratorio**

Para la medición de los análisis de laboratorios se utilizó un metro lineal de cada parcela. Las raíces obtenidas de cada muestra se lavaron y secaron para su posterior análisis. Estos análisis se realizaron en el laboratorio del Instituto de Ingeniería en Alimentos (ICYTAL).

**3.3.1 Determinación del rendimiento:** A partir de las muestras obtenidas en campo, se midió con balanza analítica (Mettler Toledo, XP203DR, Suiza) de precisión  $\pm 0.01\text{g}$ , el peso de las raíces, para la determinación del rendimiento expresándolo en  $\text{t ha}^{-1}$ . De esta misma muestra se clasificaron las raíces según su aspecto físico, esto se realizó visualmente y se agruparon en:

- Normales: No presentan daño físico ni mecánico.
- Anormales: Las que presentan daño aparente, este grupo se subdividió en deformes y rajadas.

Los resultados de este análisis se expresaron en porcentaje. A partir de estas muestras se observó también la forma de la raíz, esta se midió visualmente y se clasificaron en cilíndrica, cónica y cilindro-cónica.

**3.3.2 Volumen de jugo:** A un kilo de raíces frescas, previamente lavadas, se le extrae el jugo, utilizando un extractor de jugo doméstico (Oster, 3168, CHINA) con una potencia de 600 W. El resultado se expresó en  $\text{mL kg}^{-1}$ . La pulpa resultante de este proceso no se sometió a filtrado, por lo que el jugo obtenido es resultado solamente de las zanahorias pasada por la máquina.



**3.3.3 Materia seca:** Se determinó a través de un proceso gravimétrico. El resultado se expresó como el porcentaje de materia seca que se obtuvo por diferencia de peso de una muestra fresca, que es sometida a estufa por 48 hr a 80° C.

**3.3.4 Sólidos solubles:** De la muestra de jugo sacada anteriormente se mide el contenido de sólidos solubles expresado en °Brix con refractómetro (Carl Zeiss, 66796, Alemania).

**3.3.5 pH:** Del jugo extraído anteriormente se toma una porción en un tubo de ensayo, de cada variedad y tratamiento. Posteriormente se toma el valor de pH en un pHmetro (EQUILAB, pH meter 26) previamente calibrada para este fin.

**3.3.6 Coloración:** La coloración se realizó de una muestra de jugo tomada anteriormente en un tubo de ensayo se midió el color de cada zumo varietal utilizando Carta de colores The Royal Horticultural Society 1978, Volumen 1.

#### **3.4 Diseño experimental**

El diseño experimental utilizado fue un diseño factorial de 2x3, donde el primer factor corresponde a las condiciones de riego y secano, y el segundo a los tres cultivares distintos, cada uno con tres repeticiones dispuestas azarosamente. La unidad experimental correspondió a un metro lineal del cultivo ( $\alpha=0,05$ ), desde donde se obtienen los valores de una planta promedio, el cual fue tomado al azar sobre las hileras para determinación de biomásas, teniendo en cuenta de no incluir los extremos de cada parcela, para evitar el efecto de borde.

#### **3.5 Análisis estadístico**

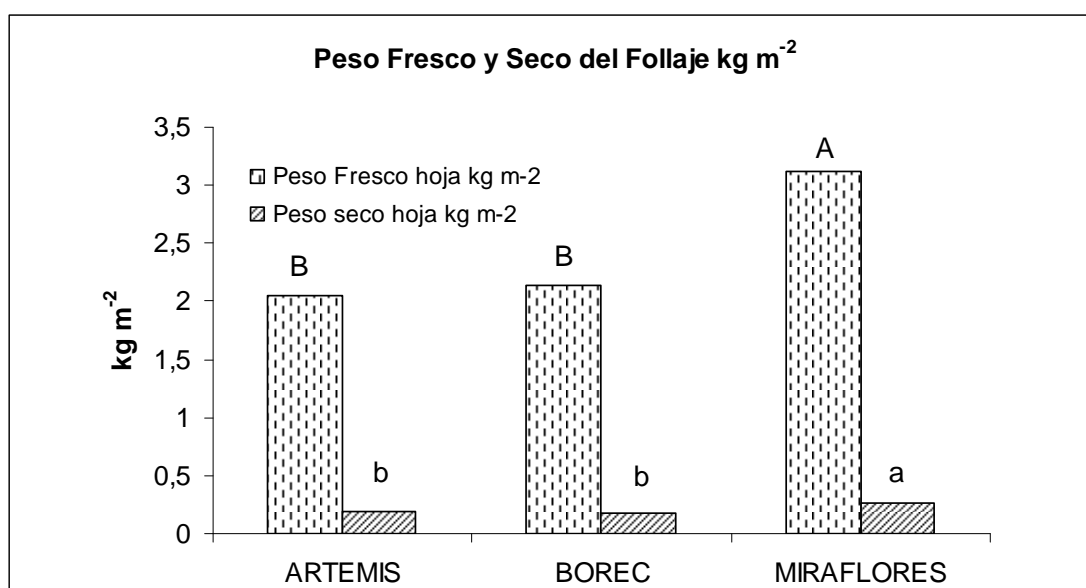
Se utilizó el Software StatGraphics 5.1, y una vez comprobada la normalidad de los datos, se realizó un análisis de varianza (ANOVA) factorial al 95%. En los análisis que se encontraron diferencias significativas para los componentes principales o interacciones, se procedió a aplicar el test de diferencias mínimas significativas de Tukey, o de Kruskal-Wallis si los datos resultasen no paramétricos.

## 4 PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El estudio de los datos en el ANOVA factorial, no arrojó interacciones entre los componentes principales para los factores riego y variedades, por lo que los resultados aquí mostrados corresponden al promedio de los subniveles. A continuación se muestra el comportamiento de los cultivares en el periodo del cultivo.

### 4.1 Biomasa y ontogenia de los cultivares:

**4.1.1 Biomasa fresca y seca del follaje:** El peso fresco y seco final del follaje por metro cuadrado presentó diferencias significativas entre los cultivares, siendo Miraflores el que reportó mayor peso fresco y seco de la parte aérea, con 3,12 y 0,227 kg m<sup>-2</sup> respectivamente, superando a Artemis en 1,07 kg y al genotipo Borec en 0,98 kg en el caso del follaje en fresco. En cuanto al peso seco del follaje Miraflores superó a Artemis y Borec en 0,078 y 0,085 kg m<sup>-2</sup> respectivamente Figura 3.



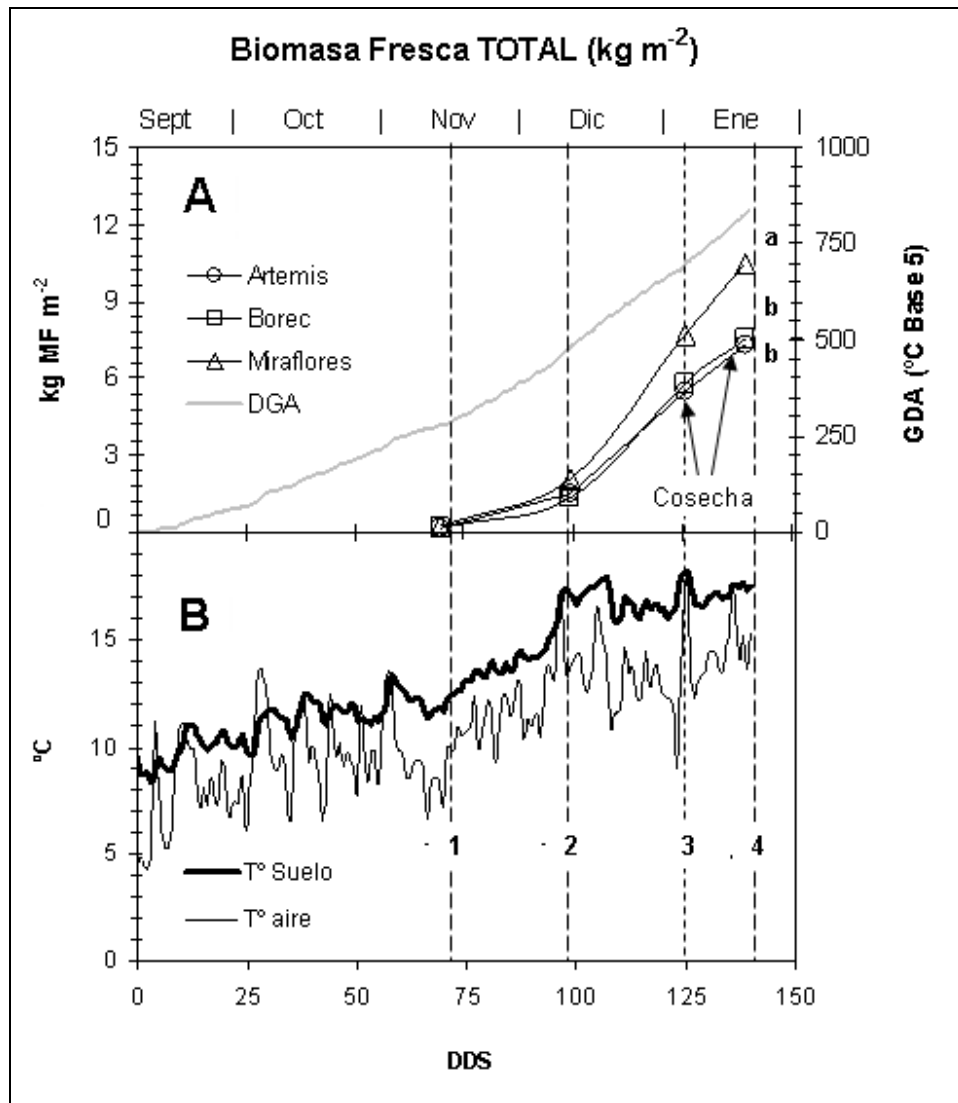
**FIGURA 3 Peso fresco y seco del follaje de los cultivares.** Letras distintas mayúsculas entre variedades indican diferencias significativas para peso fresco (kg m<sup>-2</sup>). Letras minúsculas diferentes, indican diferencias para peso seco ( $p \leq 0,05$ ).

En cuanto al follaje en fresco, los valores aquí mostrados representan pesos superiores a lo reportado por EBNER (1995) y ALTAMIRANO (1997) quienes reportan magnitudes de 0,92 a 1,28 kg m<sup>-2</sup>. Estos datos no son de extrañar puesto que en los últimos 15 años se ha observado un incremento sostenido en la obtención de productos genéticos

de mayor productividad dentro de los cultivos intensivos hortícolas. A priori, se podría esperar que con una mayor capacidad de fotosíntesis y materia fresca, la productividad del cultivo sea mayor para Miraflores, lo cual no se debería al peso de las semillas como se puede ver en el Cuadro 7.

**4.1.2 Biomasa fresca total de los cultivares:** Como se muestra en la Figura 4, la biomasa fresca para todos los cultivares mostraron un comportamiento similar y típico sigmoideo de cultivo estacional, durante la mayoría del periodo del cultivo, produciéndose la diferencia a favor de Miraflores desde los 126 días después de siembra, donde la cantidad de materia fresca en hoja y por lo tanto, la capacidad fotosintética era mayor. Posteriormente los cultivares se diferenciaron, debido al aumento en las temperaturas entre el día 126 y la cosecha a los 140 días (Cuadro 5).

El cultivar que presentó mayor biomasa fresca al final del cultivo fue Miraflores con  $10,5 \text{ kg m}^{-2}$  superando a Artemis y Borec en  $3,1$  y  $3,0 \text{ kg m}^{-2}$  respectivamente, logrando una diferencia estadísticamente significativa, a la vez este cultivar presentó la mayor cantidad de follaje (figura 3) indicando que el potencial productivo puede ser mayor a los demás genotipos evaluados.



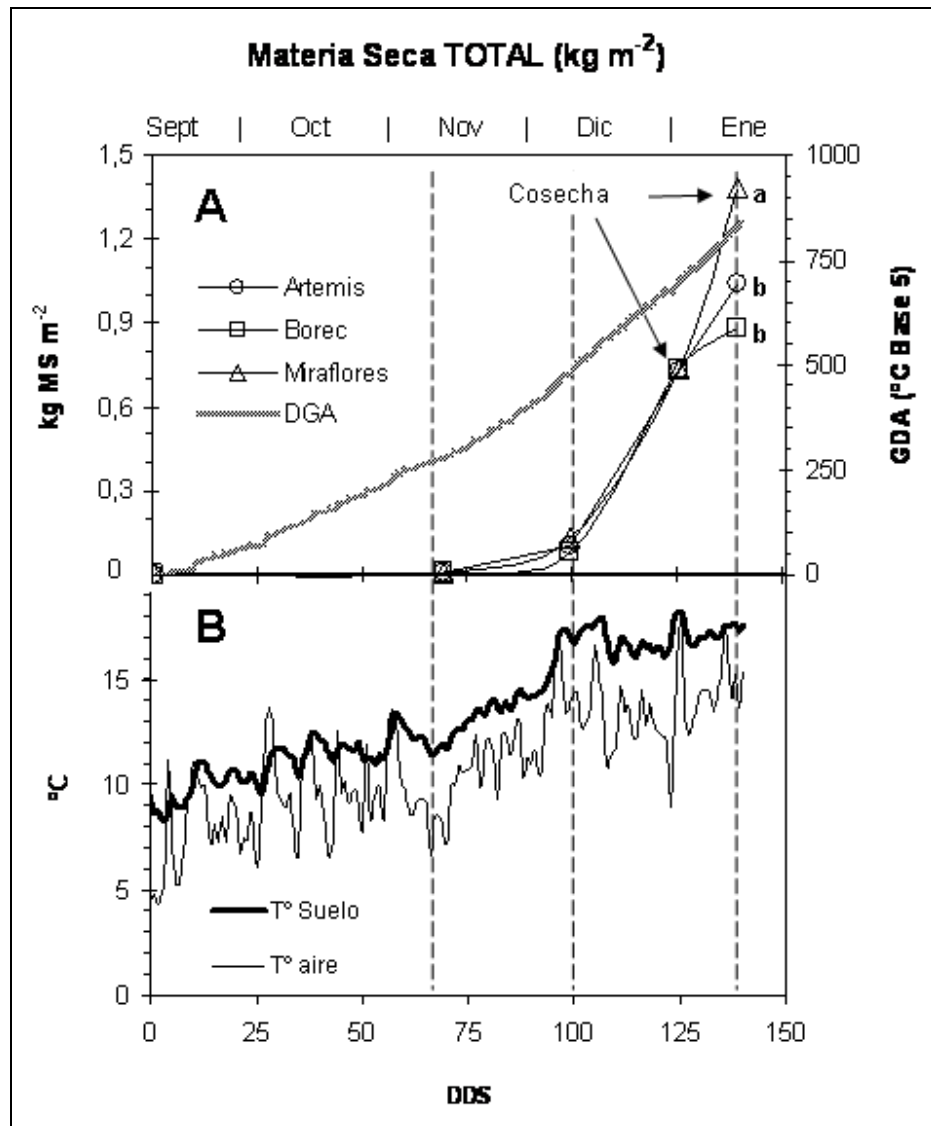
**FIGURA 4 A) Dinámica de productividad de Materia fresca total (kg m<sup>-2</sup>) de los cultivares, y su relación con el tiempo térmico acumulado (GDA). B) Comportamiento medio diario de temperaturas (°C) de suelo (15 cm profundidad) y aire durante el desarrollo del cultivo.** Letras minúsculas diferentes indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ). DGA: Días Grado Acumulados. DDS: Días después de siembra.

La biomasa fresca de los cultivares expuestos en este ensayo son superiores a lo encontrado por EBNER (1995); ALTAMIRANO (1997) quienes reportan valores de 5,43 kg m<sup>-2</sup> para Chantenay, lo que es inferior en aproximadamente 1,8 a 4,4 kg m<sup>-2</sup>, es

decir que los genotipos evaluados en este estudio son superiores en 18 a 44 t ha<sup>-1</sup> en biomasa total.

**4.1.3 Materia seca total de los cultivares:** Siguiendo la tendencia de la biomasa total fresca, la biomasa seca se comportó de igual forma para los tres cultivares, sin diferencias significativas hasta los 126 días después de siembra. Pasada esta etapa, los cultivares se diferenciaron, especialmente Miraflores quien fue el que alcanzó finalmente la mayor producción con 1,38 kg m<sup>-2</sup>, superando a Artemis y Borec en 0,34 y 0,41 kg m<sup>-2</sup> respectivamente.

El desarrollo de la raíz de almacenamiento o pivotante, depende de la habilidad de los diferentes órganos de la planta para interceptar y asimilar recursos, existiendo antecedentes de que temperaturas diferenciadas en los órganos producen comportamientos diferenciados asociados a la bioquímica y enzimas en la célula. Respecto a la materia seca de la raíz, la Figura 5 resume el desarrollo de la misma durante la ontogenia del cultivo, observándose 3 estados fenológicos claros que corresponden al estado de 3 a 4 hojas verdaderas (Figura 5B-1), el cual se consiguió con 278 GDA (Base 5) con casi 70 DDS; término de elongación radicular (Figura 5B-2), con 204 GDA; y momento de cosecha (Figura 5B-3y4) para máximo rendimiento registrado con otros 345 GDA, lo que da un total para el período de 827GDA, valor sensiblemente menor a los 1450 GDA reportado por AGUILERA (2000) para los mismos tipos de zanahorias, pero de variedades más antiguas en la zona. Una mayor cantidad de GDA podría tener influencia en la calidad de la raíz.



**FIGURA 5 A) Dinámica de productividad de Materia seca total (kg m<sup>-2</sup>) de los cultivares, y su relación con el tiempo térmico acumulado (GDA). B) Comportamiento medio diario de temperaturas (°C) de suelo (15 cm profundidad) y aire durante el desarrollo del cultivo.** Letras minúsculas diferentes indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ). DDS: Días Después de la Siembra.

Probablemente el principal factor que favoreció el incremento en biomasa seca de raíces de los cultivares, y en mayor medida de Miraflores, que resultó con diferencias significativas a los 139 DDS con respecto a los otros dos cultivares, sería la temperatura más alta que se presentaron entre la primera quincena de diciembre

(09/12) y la fecha de cosecha (04/01), período que corresponde al engrosamiento de la raíz, y que como se puede observar en la Figura 5A y B, se manifiesta por una mayor pendiente en la curva de crecimiento (entre puntos 2 y 3 en 5B). La diferencia media térmica del suelo y del aire fue de 16,9 y 13,3 °C respectivamente, lo que significa un 27% más de temperatura media a favor de la raíz. Según OLYMBIOS (1973; citado por BENJAMIN *et al.*, 1997), estos datos estarían indicando que el potencial máximo de crecimiento podría no haberse producido, ni siquiera para la segunda cosecha donde las temperaturas medias de suelo y aire llegaron a 17,1 y 14,2 °C respectivamente, lo que se explica porque una disminución en la temperatura de un órgano (en este caso, el follaje con menor  $T^0$ ) restringe la actividad metabólica del mismo y por lo tanto, su capacidad de competencia y uso de los fotoasimilados, en comparación a la raíz. Respecto a lo anterior, el mismo autor comenta que una relación de 15°C : 25°C = follaje : raíz, promueve un diferencial negativo al desarrollo de la raíz de un 47% menos cuando ambos órganos se hallan a 15°C, lo que hace pensar que valores en torno a 25°C serían considerados como supraóptimos para el desarrollo de la raíz. En términos prácticos, y dadas las condiciones agroecológicas en donde se llevó a cabo este cultivo, sería difícil considerar que las temperaturas del aire y suelo permanecieran iguales. El comportamiento diferencial del cultivo, en relación a las temperaturas de la rizósfera y del aire, parece obedecer a señales químicas emitidas por el follaje que inhibiría el desarrollo de la raíz. De todas maneras, en un análisis más general de las temperaturas y que integra los valores en rizósfera y aire para ambas cosechas, habrían asegurado a los cultivos de este ensayo su desarrollo en el nivel óptimo de 15,5 a 18,3°C (LORENZ y MAYNARD, 1980), lo que le permitió expresar las mayores tasas de desarrollo durante la ontogenia de los cultivares evaluados (Figura 5A).

En términos generales, la diferencia observada entre las productividades de materias seca de la raíz, sería un componente genético típico a favor de la variedad Miraflores.

Datos del aumento del área foliar en relación al incremento de las temperaturas (GONZÁLEZ, 2002), hacen pensar que la capacidad fotosintética de las variedades fue mayor en el último periodo, junto con un aumento radiativo producido por el avance de la estación, podrían haberse manifestado en una mayor capacidad de fijación de carbono, y por lo tanto de materias seca. La Figura 3 confirma esto al momento de la última cosecha, lo que permite explicar que pese a que las temperaturas afectaron por

igual a los tres cultivos en su dinámica de crecimiento, la variedad Miraflores tuvo una mayor superficie foliar asociada a una diferencia estadísticamente significativa en el peso fresco y seco del follaje, lo que habría permitido una mayor productividad en este ensayo.

**4.1.4 Índice de cosecha de los cultivares:** El índice de cosecha de los cultivares fue similar para todos, sin diferencias significativas entre ellos, con índices de 0,71 a 0,78. (Cuadro 6)

#### **CUADRO 6 Índice de cosecha de los cultivares**

<b>Cultivares</b>	<b>Índice de cosecha</b>
Artemis	0,72 a
Borec	0,71 a
Miraflores	0,78 a

\*Letras diferentes en la misma columna, representan diferencias significativas para  $\alpha=0,05$

Como se observa en el Cuadro 6, el peso de la raíz representa casi un 70 % del peso total de la planta, lo que concuerda con los datos obtenidos por EBNER (1995) y ALTAMIRANO (1997). La no significancia de los datos a favor del IC de Miraflores, puede ser dada debido a que este valor es un índice menos limpio en términos de análisis estadístico, ya que involucra para su cálculo la relación con otras componentes de las plantas, como la parte aérea, con lo cual puede ser considerado como un dato de menor interés en términos estadísticos, pero una buena guía para estimar la utilidad del cultivo.

**4.2 Caracterización de los cultivares:** Al observar las características físicas de los cultivares, se pudo apreciar que Miraflores y Artemis presentan las mejores características en cuanto a tamaño y calidad externa de la raíz (Cuadro 7).

**4.2.1 Peso de las semillas:** Al evaluar el peso de las semillas de los cultivares por medio de una muestra y análisis estadístico, se observa que no existen diferencias significativas en este parámetro, por lo tanto el peso de las semillas no sería el responsable de las diferencias halladas en la biomasa descritas en las figuras 4 y 5, lo que permite descartar para este caso el efecto descrito por BENJAMIN y HARDWICK (1986; citado por BENJAMIN *et al*, 1997) y BENJAMIN (1990, citado por BENJAMIN *et*



al, 1997) en donde se asegura que la productividad diferenciada entre cultivares de zanahorias, tiene directa relación con la diferencia en peso por unidad de semilla.

**4.2.2 Caracterización de la raíz:** Al referirse al tamaño, considerando el peso fresco, longitud (L) y diámetro de la raíz (D) (Figura 2, Cuadro 7), se aprecia que el peso fresco promedio de las raíces, presentan diferencias significativas, observándose que el genotipo Miraflores es el que alcanza mayor peso individual, superando a Artemis y Borec en 33,8 y 32,8 g respectivamente.

En relación a la longitud radical promedio, Artemis y Miraflores presentan el mayor tamaño siendo significativamente superior a Borec en 1,2 cm, lo que las hace de un carácter pivotante más pronunciado, y por tanto de una forma comercial más adecuada a consumidores que prefieren zanahorias más largas que anchas. Las diferencias obtenidas en cuanto a longitud se deben principalmente al tipo de zanahoria, ya que según el genotipo, Artemis y Miraflores son representantes de las zanahorias semilargas, a diferencia de Borec que es una zanahoria tipo semicorta (REINAS, 1997). Estos resultados son de interés para decidir acerca del carácter agroindustrial de estos tipos de zanahorias, ya que si el interés es lograr bastones de zanahorias, estos podrían quedar de tamaños diferenciados y por lo tanto de calidad visual menor, debido a la forma cónica de la raíz.

En cuanto a diámetro se puede apreciar que el cultivar Miraflores es el que tiene el mayor diámetro superando en 0,5 cm al cultivar Borec y por 0,8 cm al cultivar Artemis, siendo estas diferencias significativas (Cuadro 7)

**CUADRO 7 Caracterización física de los cultivares (promedio)**

<b>Cultivar</b>	<b>Miraflores</b>	<b>Artemis</b>	<b>Borec</b>
<b>Características:</b>			
Peso semilla (g semilla <sup>-1</sup> )	0,001537 a	0,001599 a	
Peso fresco raíz (g)	126,8 a	93,02 b	94,01 b
Longitud radical (L) (cm)	12,6 a	12,7 a	11,4 b
Diámetro raíz (D) (cm)	4,9 a	4,1 b	4,4 ab
Raíces normales (%)	71,3 ab	87,0 a	57,0 b
Raíces dañadas (%)	28,7 ab	13,0 a	43,0 b
Deformes (%)	18,4 a	11,8 a	24,4 a
Rajadas (%)	10,4 ab	1,2 a	18,6 b
Tipo raíz (apreciación visual)	Cilindro-cónica	Cilíndrica	Cilindro-cónica

\*Letras diferentes en la misma fila, representan diferencias significativas para  $\alpha=0,05$

Los cultivares del ensayo presentan una longitud radical superior que Chantenay evaluado por KRARUP (2000), sin embargo, el diámetro del cultivar Borec puede ser comparado con lo informado por este último autor.

En relación al porcentaje de raíces dañadas o de descarte para fresco, en el mismo cuadro también se puede observar que el cultivar que tiene el menor porcentaje es Artemis con un 13,0 % dentro de las cuales el 11,8 % son deformes y el resto son raíces rajadas. En este último parámetro se encontró diferencias significativas en los cultivares, la cual fue significativamente mayor en Borec y Miraflores con un 18,6 y 10,4% respectivamente. En términos generales el cultivar Borec fue el que presentó el mayor porcentaje de raíces dañadas con un 43,0 %, mientras que Miraflores presentó un 28,7 % del total, aduciéndose que este el principal componente de descarte de las raíces.

Al referirse a las raíces deformes (formación de dos o más raíces de orden pivotante desde el cuello de la planta causado principalmente por nematodos), no se encontraron diferencias significativas en los cultivares indicando que todos los cultivares son igualmente resistentes o susceptibles a nematodos del genero *Meloidogyne spp.* y *Pratylenchus spp.* , los cuales fueron determinados como metodología complementaria en el Laboratorio de Fitopatología UACH 2010.

En relación a la forma de la raíz, se observa que, Artemis es más cilíndrica que las dos restantes siendo más interesante este tipo para uso en V gama ya que en este tipo de procesamiento se requiere que la zanahoria sea uniforme en diámetro en toda su longitud. En las dos restantes se observó que presentan una forma cilindro cónica.

**4.3 Rendimiento:** A continuación se presentan los resultados obtenidos para los diferentes análisis.

**4.3.1 Rendimiento alcanzados por los cultivares:** Los resultados de los rendimientos promedios alcanzados por los cultivares Artemis CLX 3124, Borec F1 y Miraflores CLX 3142 se presentan a continuación en el Cuadro 8, en donde se observan dos datos de cosecha, lo cual se hizo para determinar el momento más oportuno de recolección.

De acuerdo a los rendimientos obtenidos para los tres cultivares, se puede apreciar que en la primera cosecha (04/01/2010), no existieron diferencias significativas entre cultivares. Posteriormente en la cosecha final (18/01/2010), Miraflores fue significativamente superior que Artemis y Borec en 20,7 y 19,7 t ha<sup>-1</sup> respectivamente.

Al comparar la fecha final de cosecha con la inicial vemos que los rendimientos aumentaron considerablemente en un periodo de 14 días, debido principalmente a las temperaturas más altas que se presentaron en dicho lapso de tiempo, como también a la radiación incidente. El aumento en el rendimiento observado en este ensayo, es superior a lo obtenido por EBNER (1995), al analizar fechas de cosecha con intervalos de 20 días, pero en meses diferentes (cosecha Marzo-Abril) en lo que se obtuvo un aumento de 11,12 t ha<sup>-1</sup>. En esas fechas, el incremento marginal térmico y radiativo (diferencial energético por cada día de aumento en el desarrollo del cultivo), es negativo de cara a la entrada al otoño, por lo que el aumento en el rendimiento diario fue inferior, más aun en Valdivia donde se presentan estaciones muy marcadas. Del mismo modo se puede apreciar que las diferencias entre fechas de recolección de zanahorias, fueron significativas, siendo Miraflores la que obtuvo mayor ganancia de peso aumentando en 21,3 t ha<sup>-1</sup> desde la primera cosecha hasta la recolección final.

**CUADRO 8 Rendimientos promedios alcanzados por los cultivares (t ha<sup>-1</sup>)**

Cultivares	04-ene	18-ene	$\Delta$	Ganancia de peso (%)
Artemis	38,0 a B	52,8 b A	14,8	38,9
Borec	39,8 a B	53,8 b A	14	35,2
Miraflores	52,2 a B	73,5 a A	21,3	40,8

\*Letras minúsculas diferentes en la misma columna, representan diferencias significativas para la productividad entre cultivares en la misma fecha. Letras mayúsculas diferentes en la misma fila, indican diferencias significativas para productividad entre fechas ( $p \leq 0,05$ ).  $\Delta$ : ganancia de peso en t ha<sup>-1</sup> entre fechas de cosecha (t ha<sup>-1</sup>).

Los rendimientos promedios finales obtenidos para estos cultivares son superiores a los alcanzados por KRARUP (2000), quien analiza rendimientos para diferentes zonas de la ahora región de Los Ríos, en la cual reporta 43,3 t ha<sup>-1</sup> para Valdivia. Datos similares a los de Krarup también son encontrados por ALTAMIRANO (1997) quien obtuvo 44,1 t ha<sup>-1</sup> para Chantenay. Sin embargo este autor contó con una menor precipitación en el periodo del ensayo lo que pudo influir en el rendimiento obtenido, al igual que XARPELL (1991), quien obtuvo un rendimiento de 43,5 t ha<sup>-1</sup> para Chantenay, con siembra en Noviembre, más tardía que en este ensayo.

Los rendimientos del genotipo Miraflores sólo son comparables con los recientes estudios realizados por KEHR *et al.*, (2010), en INIA Carrillanca, quien reporta productividades que van desde los 70 a 130 t ha<sup>-1</sup>, aduciendo que las variedades industriales son las que ofrecen la mayor producción.

Entre los cultivares de este ensayo el mayor rendimiento de Miraflores parece estar asociado al largo y diámetro de la raíz superior a los demás genotipos, lo que conlleva a que este cultivar alcance un mayor peso por planta.

Los datos anteriores pueden ser explicados por la influencia climática. Como se muestra en el Cuadro 5, se puede apreciar que las precipitaciones caídas en el periodo del ensayo fueron abundantes, por lo que no habría representado una limitante para el desarrollo del cultivo y por la misma razón, no se habrían generado diferencias significativas entre los subniveles del factor riego en el ANOVA. En relación a las temperaturas del aire estas fueron más bajas que la media normal de Valdivia para todos los meses del ensayo excepto enero, pudiendo afectar el crecimiento del cultivo

siendo más lento en este periodo, ya que el metabolismo normal se ve afectado por las temperaturas (BENJAMIN *et al.*, 1997). En cuanto a las temperaturas de suelo estas se mantuvieron en torno a los requerimientos de la raíz (13,6 °C promedio del período) el cual OLYMBIOS (1973; citado por BENJAMIN *et al.*, 1997) sitúa en 15°C. En términos específicos, y de acuerdo a la fenología de la planta (FIGURA 4), el mayor desarrollo (pendiente entre los puntos del día 95 DDS y primera cosecha ) se observó durante los meses de Diciembre y Enero, con temperaturas medias de 16,5 y 17,1 °C, respectivamente, lo que según LORENZ y MAYNARD (1980), situaría al cultivo dentro de el rango óptimo (15,5 -18,3°C) para el desarrollo de la raíz, pudiendo validar estos datos para la zona de Valdivia, con la salvedad de que los genotipos responden de manera diferencial a este estímulo ambiental. Los datos comprometidos en este ensayo no permiten determinar si la temperatura media de Diciembre (16,5 °C, época en donde se observó el mayor incremento en materia fresca por expansión celular), puede ser la más adecuada para los cultivares, ya que no se hicieron estudios del efecto de la fecha de siembra en zanahorias para coincidir con las mismas etapas fenológicas en diferentes momentos de la estación.

#### 4.3.2 Rendimiento en jugo y aspectos de calidad de los cultivares.

Los resultados de los análisis realizados para ver la calidad del producto se dan a conocer a continuación:

**4.3.2.1 Volumen de jugo:** Según los resultados observados en el Cuadro 9, no hay diferencias significativas en los cultivares en cuanto a volumen de jugo reportado, siendo estos valores bajos para ser utilizados en la agroindustria de jugo, en relación a otros cultivares analizados en Valdivia.

**CUADRO 9 Volumen de jugo de los cultivares (mL kg<sup>-1</sup>)**

Cultivares	Jugo (mL kg <sup>-1</sup> )	Jugo (%)
Artemis	346,67 a	34,7 a
Borec	344,17 a	34,4 a
Miraflores	346,68 a	34,7 a

\*Letras diferentes en la misma columna, representan diferencias significativas para  $\alpha=0,05$ .

Como se mencionó en la metodología en este ensayo, para la obtención de estos datos no se filtró la pulpa, por lo que los valores aquí presentados son los obtenidos al pasar las zanahorias por la saca-jugo sin filtrar la pulpa resultante, lo que produce diferencias de consideración al comparar los resultados brutos respecto a lo reportado por otros investigadores. Así XARPELL (1991), al filtrar la pulpa obtuvo valores de 69,45 % (694,5 mL kg<sup>-1</sup>) para el cultivar Chantenay.

En relación a autores nacionales que mencionan rangos de volumen de jugo, también se observan valores mayores a los hallados en este ensayo. En efecto, KRARUP (2000), quien menciona valores de 54,4 % y 51,7 % para los genotipos más utilizados en Valdivia. Al igual que este EBNER (1995); MONTEFUSCO (1997) y AGUILERA (2000), encontraron un volumen de jugo superior a los de este ensayo. Los rendimientos en jugo obtenidos de estas variedades son solamente concordantes con los obtenidos por INIA Carillanca, quien expresa un rango desde 350 a 670 L t<sup>-1</sup> (KEHR *et al.* 2010).

En cuanto al efecto del cultivar en el volumen de jugo, a diferencia de los autores antes mencionados, aquí no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en el volumen de jugo de los diferentes cultivares.

**4.3.2.2 Materia seca:** En relación al contenido de materia seca de la raíz, como se muestra en el Cuadro 10, se puede apreciar que los tres cultivares presentan valores similares de materia seca, con valores desde 11,8 a 12,9 %, sin diferencias significativas entre los cultivares.

**CUADRO 10 Contenido de materia seca (%).**

Cultivar	% MS
Artemis	12,9 a
Borec	11,9 a
Miraflores	11,8 a

\*Letras diferentes en la misma columna, representan diferencias significativas para  $\alpha=0,05$ .

Estos valores encontrados concuerdan con los encontrados por MONTEFUSCO (1997) y KRARUP (2000), quienes reportaron valores desde 12,95 a 11,55 % para los cultivares analizados (Chantenay, Emperador entre otras). Sin embargo, estos autores

encontraron diferencias significativas en el nivel de materia seca entre cultivares. GAJEWSKY *et al.*, (2007), al evaluar la calidad de genotipos de diferente color, igualmente encontraron valores similares a los obtenidos en este ensayo, con un porcentaje de 11,9 a 13% para la zanahoria de color anaranjado encontrando diferencias significativas entre variedades del mismo color y más aún con las que presentaban diferente coloración. En relación a la materia seca de cultivares analizados por AGUILERA (2000), quien reporta valores mayores que los encontrados en estos genotipos, seguramente es debido a la menor oferta hídrica que se presentó en el último periodo del cultivo.

En cuanto a la relación de la materia seca y el clima, y como se muestra en el Cuadro 5, las temperaturas fueron un poco más bajas que la media para Valdivia y lo requerido para el cultivo OLYMBIOS (1973; citado por BENJAMIN *et al.*, 1997), sin embargo esto no habría afectado el contenido de materia seca, ya que el valor es concordante con experiencias previas en la zona (KRARUP *et al.*, 1986; citado por AGUILERA, 2000).

**4.3.2.3 Sólidos solubles:** En relación al contenido de sólidos solubles, no se encontraron diferencias significativas en el contenido de azúcar de los cultivares, con valores cercano a los 8° Brix. como se muestra en el Cuadro 11.

**CUADRO 11 Contenido de sólidos solubles (° Brix) de los cultivares**

Cultivar	Sólidos solubles (° Brix)
Artemis	8,00 a
Borec	7,63 a
Miraflores	7,95 a

\*Letras diferentes en la misma columna, representan diferencias significativas para  $\alpha=0,05$ .

Los resultados mostrados son inferiores a los reportados por KRARUP (2000), quien encontró valores desde 9,3 a 9,8% encontrando diferencias significativas entre cultivares. Posiblemente las diferencias entre ambos ensayos se deban a la fecha de cosecha y las condiciones climáticas, ya que el contenido de sólidos solubles aumenta con la madurez del cultivo y se ve afectado por la humedad y temperaturas (REINA, 1997; GAJEWSKY *et al.* 2009). Igualmente en los estudios realizados por MONTEFUSCO (1997); GAJEWSKY *et al.*, (2009) y AGUILERA (2000), se hallaron valores más altos. Por su parte este último autor hizo relaciones entre la cantidad de

materia seca y el contenido de sólidos solubles, lo que probablemente se asocie a la disponibilidad de fotosintetatos y tiempo de recolección. Esta tendencia, es decir, aumentar el peso individual de las raíces se ve consolidada en el Cuadro 8, pero lamentablemente no se midieron los grados Brix ( $^{\circ}$ B) para la primera fecha de cosecha por omisión de resultados, lo que casi con toda probabilidad habría indicando niveles mayores de este parámetro a medida que la cosecha se hiciese más tardíamente, debido a que es la raíz el órgano de reserva para fotosintetatos. Las condiciones medias climáticas no habrían tenido mayor interés en el comportamiento de los cultivares, aunque fueron un poco inferiores a la media histórica.

De acuerdo a los valores mostrados en el Cuadro 11, los cultivares aquí ensayados serían aptos para jugos enlatados ya que la agroindustria requiere valores entre 6,4 a 8  $^{\circ}$ Brix o bien que tengan 50 a 75 % de madurez (REINA, 1997). Una vez más, es importante considerar la metodología de extracción para determinar el contenido de jugo, ya que por lo evaluado anteriormente, el volumen de jugo es bajo, lo que si se aumenta por extracción total de agua desde los tejidos de la planta por un método más eficiente, el mismo se podría licuar y disminuir el grado de sólidos solubles. De todas maneras, los subproductos del jugo como la pulpa son posibles de utilizar como materia prima para otros productos como repostería u otros.

**4.3.2.4 pH:** En relación al pH de los cultivares se puede apreciar en el Cuadro 12, que existen diferencias significativas, siendo Miraflores el genotipo que presentó un menor pH, inferior a los demás cultivares en 0,1 unidades.

#### **CUADRO 12 Efecto del cultivar en el pH**

<b>Cultivar</b>	<b>pH</b>
Artemis	6,5 a
Borec	6,5 a
Miraflores	6,4 b

\*Letras diferentes en la misma columna, representan diferencias significativas para  $\alpha=0,05$

Estos valores de pH obtenidos concuerdan con los resultados de XARPELL (1991) y ALTAMIRANO (1997), quienes hallaron magnitudes similares, sin encontrar diferencias entre los cultivares. Por su parte y en términos comparativos, GAJEWSKY *et al.*,



(2007), al analizar los pH de cultivares de zanahorias de colores, obtuvieron valores un poco menores a los obtenidos en este ensayo, (6,14 a 6,22) no obteniendo tampoco diferencias entre los cultivares medidos, lo que hace pensar que los niveles de acidez podrían estar asociado a las consideraciones locales, y que los cultivos responden en forma directa al medio ambiente, más que obtener un patrón de comportamiento diferenciado producto del genotipo.

**4.3.2.5 Color:** Al evaluar el jugo de los cultivares se observó que no hay diferencias en cuanto a este parámetro en los diferentes cultivares, siendo el color de los tres cultivares Saturn red HCC 13/1 (Carta de Colores, 1978).

Al analizar el color visualmente haciendo un corte longitudinal se apreció que los cultivares presentan un color intenso y homogéneo, con pocas diferencias de color entre floema y xilema, lo que es un buen indicador de la calidad de la cara al corte para uso en IV gama, ya que aquí se busca la no diferenciación anatómica por colores que podrían generar rechazos al consumidor.

#### **4.4 Efecto del riego en el comportamiento del cultivo, rendimiento y aspectos de calidad de los cultivares**

Valdivia es una ciudad con altas precipitaciones, con una media anual cercana a los 2300 mm (Estación meteorológica UACH, 2006), por lo que el riego es innecesario en la mayoría de los meses y cultivos. Sin embargo, no siempre las precipitaciones son oportunas y se presentan cuando el cultivo está en la fase de crecimiento intensivo o máxima necesidades de riego, por lo que es necesario la implementación de riego para obtener el máximo rendimiento, especialmente cuando se presentan veranos secos, ya que estos meses coinciden con la mayor demanda hídrica del cultivo, debido a su fisiología.

A continuación se presentan los resultados obtenidos en el ensayo en los tratamientos con y sin riego, considerado como un factor importante que incide en el rendimiento y se hace necesario cuando se presentan años secos en Valdivia. Los datos mostrados a continuación son el promedio de las 3 variedades de zanahorias.

**4.4.1 Efecto del riego en el rendimiento y sus componentes:** como se observa en el Cuadro 13 el riego no tuvo efecto significativo en ninguno de los parámetros expuestos a continuación.

**CUADRO 13 Efecto del riego en el rendimiento y sus componentes**

Riego	Peso seco hojas (kg m <sup>-2</sup> )	Biomasa seca (kg m <sup>-2</sup> )	Índice de cosecha	Long. radical (cm)	Diámetro raíz (cm)	Rend. (t ha <sup>-1</sup> )	
						04-01	18-01
SR	0,20 a	1,1 a	0,79 a	12,3 a	4,6 a	42,1 a	63,1 a
CR	0,22 a	1,1 a	0,69 a	12,1 a	4,3 a	44,6 a	56,9 a

\*Letras diferentes en la misma columna, representan diferencias significativas para  $\alpha=0,05$ . CR: Con riego. SR: Sin riego.

Como se observa en el cuadro anterior los diferentes índices de rendimiento, no presentan diferencias significativas al suministrar agua al cultivo, siendo los valores obtenidos en ambos tratamientos (riego y secano) similares.

En general, los datos del mismo cuadro permiten observar que el riego no tiene efecto sobre el rendimiento de los cultivares analizados para ambas fechas de cosecha, sin embargo, otros autores resaltan que el suministro de agua es uno de los principales factores que aumenta el rendimiento de los cultivos (DYSKO y KANISZEWKI, 2007). En el presente trabajo no se encontraron diferencias significativas en el rendimiento debido al riego.

El riego no surgió efecto, principalmente por que las precipitaciones caídas en el periodo del cultivo fueron abundantes (Cuadro 5) por lo que la frecuencia de riego fue baja (Anexo 1).

**4.4.2 Efecto del riego en el rendimiento en jugo y parámetros de calidad de los cultivares:** A continuación, se muestran los datos sólo correspondientes a la cosecha final. Al igual que en los parámetros anteriores, el riego suministrado no tiene efecto sobre el rendimiento en jugo y parámetros de calidad analizados.

**CUADRO 14 Efecto del riego en el rendimiento en jugo y parámetros de calidad.**

Riego	Jugo (mL kg <sup>-1</sup> )	Materia Seca (%)	Sólidos solubles (°Brix)	pH
SR	354,4 a	11,8 a	7,5 a	6,47 a
CR	337,2 a	12,5 a	8,2 a	6,47 a

\*Letras diferentes en la misma columna, representan diferencias significativas para  $\alpha=0,05$

De la misma manera que para los parámetros anteriores, probablemente no hubo diferencias, debido a que en el periodo del cultivo las precipitaciones fueron frecuentes y abundantes por lo que los tratamientos (riego y seco) no tuvieron diferencias (Anexo 1)

En general y bajo las condiciones en que este ensayo se realizó, el riego no tuvo efecto en el rendimiento ni calidad de los cultivares analizados, pero debe ser considerado para el cultivo de primavera como en este ensayo, debido a que no se tiene la certeza de tener un comportamiento climático anual como en las condiciones descritas para este ensayo. En el mismo sentido, de particular importancia sería asociar el efecto del riego sobre la inercia térmica del suelo y el efecto de esta sobre el desarrollo en los cultivos de raíces, como la zanahoria.

## CONCLUSIONES

En relación a los resultados obtenidos en el presente ensayo, al evaluar tres cultivares de zanahoria en cuanto a su rendimiento y calidad, se puede concluir:

- Los cultivares analizados en este ensayo, presentaron las típicas curvas de crecimiento sigmoideas de los vegetales estacionales para cultivos de primavera – verano , observándose que existe una diferenciación sobre la ganancia de materia fresca y seca, asociada a las etapas fenológicas y la adaptabilidad del mismo al medio ambiente en Valdivia, desarrollándose en sus mayores tasas ( $\text{kg m}^{-2}$ ) en los meses de diciembre y enero de acuerdo a las temperaturas que coincidieron con las óptimas descritas en la literatura. El comportamiento de los tres genotipos durante el desarrollo del cultivo fue similar, hasta el último cuarto del tiempo estudiado después de siembra, en donde Miraflores se diferenció al alza en forma estadísticamente significativa con respecto a Borec y Artemis, alcanzando la mayor biomasa total fresca, seca y el mayor peso seco del follaje.
- Respecto a la productividad, los cultivares presentan diferencias significativas en cuanto a rendimiento, siendo el genotipo Miraflores el que alcanza el mayor rendimiento, obteniendo producciones estadísticamente mayores a cultivares tipo Chantenay que por años ha sido cultivados en esta zona (Valdivia).
- En relación al riego, en este ensayo no se pudo observar diferencias estadísticas relacionadas con la disponibilidad hídrica del suelo, a causa de las condiciones climáticas durante el tiempo de estudio. No se puede descartar el efecto positivo del riego para los parámetros incluidos para este cultivo en Valdivia.
- Respecto a la calidad de los cultivares aquí ensayados, el genotipo tiene efecto significativo en la proporción de raíces de descarte, causadas por el medio ambiente, siendo Artemis el que presenta menor porcentaje de raíces anormales, seguido de Miraflores y Borec. Los genotipos no tienen influencia en los parámetros de calidad evaluados, excepto en el pH, aunque en una mínima magnitud, lo que sugiere que las diferencias se darían mas bien por una cuestión ambiental más que de genética.

- Los sólidos solubles obtenidos por los cultivares para la fecha final de cosecha, están de acuerdo a los requerimientos de la agroindustria de jugos enlatados.
- En relación al tamaño de las raíces, el mayor tamaño lo presenta el cultivar Miraflores lo que le confiere a este cultivar una característica interesante para ser utilizado en la agroindustria de congelado y IV gama, debido a la menor pérdida de materia prima al ser pelado.

## 6 BIBLIOGRAFÍA

- AGUILERA, P. 2000. Efecto del cultivar, Momento de cosecha y almacenamiento de Zanahoria (*Daucus carota* L.) en la calidad del Jugo y en el rendimiento por prensado. Tesis Lic.Agr. Valdivia. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias. 84 p.
- ALTAMIRANO. 1997. Momento de cosecha de raíces y Aspectos de calidad de Jugo de seis Cultivares de Zanahoria (*Daucus carota* L.) bajo las condiciones de Valdivia. Tesis Lic.Agr. Valdivia. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias. 87 p.
- BENJAMIN, L.; M<sup>C</sup> GARRY, A.; GRAY, D. 1997. The root vegetables: Beet, carrot, parsnip and turnip. *In*: The physiology of vegetable Crops. H.C. Wien Ed. CABI Publishing. Cambridge, UK. 662 p.
- BRAVO, M y ALDUNATE, P. 1986. La zanahoria. Monografías Hortícolas. Corporación de fomento de la producción (CORFO) y Universidad Católica de Chile. 99 p.
- CARRERO y PLANES. 2008. Plagas del campo. 13° ed. Mundi-prensa. (On line) <[http://books.google.cl/books?id=MD5IDguYzf0C&pg=PA331&lpg=PA331&dq=nematodos+en+zanahoria&source=bl&ots=oaJvrU6aL7&sig=8SeAXHh2\\_DTA3J7wCAleWTDuQ8&hl=es&ei=LJdETIO\\_B8KqlAfO4fj2DQ&sa=X&oi=book\\_result&ct=result&resnum=5&ved=0CCoQ6AEwBA#v=onepage&q=nematodos%20en%20zanahoria&=false](http://books.google.cl/books?id=MD5IDguYzf0C&pg=PA331&lpg=PA331&dq=nematodos+en+zanahoria&source=bl&ots=oaJvrU6aL7&sig=8SeAXHh2_DTA3J7wCAleWTDuQ8&hl=es&ei=LJdETIO_B8KqlAfO4fj2DQ&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=5&ved=0CCoQ6AEwBA#v=onepage&q=nematodos%20en%20zanahoria&=false)> (16 Julio 2010).
- DGAC. 2010. Dirección General de Aeronáutica Civil. Dirección Meteorológica de Chile. (On line) <[http://www.meteochile.cl/climas/climas\\_decima\\_region.html](http://www.meteochile.cl/climas/climas_decima_region.html)> (29 Agosto 2010).
- DYSKO y KANISZEWKI. 2007. Effect of drip irrigation, N-fertigation and cultivation methods on the yield and quality of carrot. Vegetable Crops Research Bulletin 2007 Vol. 67 pp. 25-33. Compendiado en: CAB Abstract AN 20083115312.
- EBNER, P. 1995. Efecto del nitrógeno y momento de cosecha sobre aspectos de calidad y rendimientos de zanahoria (*Daucus carota* L.) en la provincia de

- Valdivia. Tesis Lic. Agr. Valdivia. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias. 90 p.
- FAO. 2001. Principles and practices of small-and medium-scale fruit juice processing. Vegetables Juices, Chapter 14. (On line) <[http://www.fao.org/Docrep/005/Y3515e2515e18.htm#p0\\_0](http://www.fao.org/Docrep/005/Y3515e2515e18.htm#p0_0)> (16 Julio 2010).
- GAJEWKI, M.; SZYMCZAK, P.; ELKNER, K.; DABROWSKA, A. y DANILCENKO, H. 2007. Some aspects of nutritive and biological value of carrot cultivars with orange, yellow and purple-coloured roots. *Vegetable Crops Reseach Bulletin* 2007 Vol. 67 pp. 149-161. Compendiado en: CAB Abstract AN 20083115378
- GAJEWKI, M.; WEGLARZ, Z.; SEREDA, A.; BAJER, M.; KUCZKOWSKA, A. y MAGEWKI, M. 2009. Quality of carrot grown for processing as affected by nitrogen fertilization and harvest term. *Vegetable Crops Reseach Bulletin* 2007 Vol. 70 pp. 135-144. Compendiado en: CAB Abstract AN 20093244893
- GAJEWKI, M.; WEGLARZ, Z, SEREDA, A.; BAJER, M, KUCZKOWSKA, A. y MAGEWKI, M. 2010. Carotenoid accumulation by carrot storage root in relation to nitrogen fertilization level. *Notulae Botanicae, Horti Agrobotanici, Cluj-Napoca*. . 38(1):71-75..
- GARCIA, 2002. El cultivo de la zanahoria. Universidad de la Republica Facultad de Agronomía. Departamento de producción vegetal Centro regional sur. Curso Horticultura. Uruguay. 43 p. (On lines) <<http://www.fagro.edu.uy/~horticultura/CURSO%20HORTICULTURA/ZANAHORIA/ZANAPRE5public.pdf>>(13may. 2010)
- GEDAMU, F.; WITZADIK, K.; DECHASSA, N. y TIWARI, A. 2008. Effects of clove size and plant density on the bulb yield and yield components of Ethiopian garlic (*Allium sativum* L.). *Pantnagar Journal of Research*. 6(2):234-238.
- GIACONI, V. y ESCAFF, M. 2001. Cultivo de Hortalizas. Editorial Universitaria. Santiago,Chile. 336p.
- GONZÁLEZ, M. 2002. Respuestas morfo-fisiológicas de la zanahoria a la temperatura. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. (On line) <<http://www.inta.gov.ar/balcarce/ResumenesPG/PGPV2002/resugonza.htm>>

- GONZÁLES, R. 1989. Insectos y Ácaros de importancia Agrícola y Cuarentenaria en Chile. Universidad de Chile. 310 p.
- GONZÁLES, M. 1996. Producción de Hortalizas bajo invernadero frío en la zona centro sur. Informativo agropecuario Bioleche-INIA Quilamapu.
- IMTIYAZ, M.; KHARPRAN, S. y ALAM, M. 2007. Comparison of drip, microsprinkler and surface irrigation methods for carrot under variable water supply. Proceedings of the International Agricultural Engineering Conference, Bangkok, Thailand, 3-6 December 2007. Cutting edge technologies and innovations on sustainable resources for world food sufficiency. Compendiado en: CAB Abstract AN 20103035171.
- ISRAELSEN, O.; HANSEN, V. 1965. Principios y aplicaciones del riego. Ed. Reverté S.A. 2da. Ed. John Wiley & Sons. Inc., Barcelona, España. 397p.
- KEHR, E. y BORQUES, C. 2010. La zanahoria como una hortaliza apta para procesamiento agroindustrial. Tierra Adentro, INIA. Enero-febrero 2010. No. 88, p17-19. (On line) <<http://www.inia.cl/medios/tierraadentro/TierraAdentro88.pdf>>
- KRARUP, A.; ALTAMIRANO, L. y GALLARDO, V. 2000. Efecto del lugar de cultivo y del momento de cosecha, sobre los rendimientos y parámetros de calidad del jugo producido por seis genotipos de zanahoria. *Agro sur*. [online]. ene. 2000, vol.28, no.1, p.57-69. (On line) <[http://mingaonline.uach.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0304-88022000000100005&lng=es&nrm=iso](http://mingaonline.uach.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0304-88022000000100005&lng=es&nrm=iso)>. ISSN 0304-8802.> (10 Marzo 2010)
- LATORRE, B.; APABLAZA, J.; VAUGHAN, M.; KOGAN, M HELFGOTT, S. y LORCA, F. 1990. Plagas de las Hortalizas. Manual de manejo integrado. 520 p.
- LORENZ, O.; MAYNARD, D. 1980. Knott's Handbook For Vegetable Growers. John Wiley & Sons, Inc. Eds. USA. 2nd Edition. 390 p.
- MONTEFUSCO, P. 1997. Variación de parámetros de calidad en jugo de zanahoria en función del momento de cosecha. Tesis Lic. Agr. Valdivia. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias. 60 p.
- MORANDINI, M. 2009. Efecto de la conservación de residuo de la caña de azúcar en la temperatura de un suelo Argiudol típico de la Llanura Chacopampeana sub



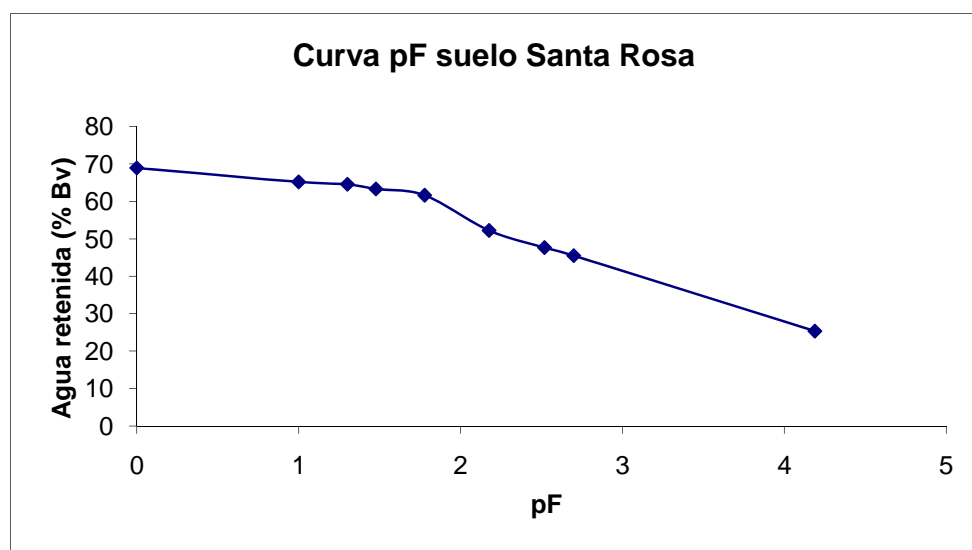
- húmeda-húmeda (Tucumán Argentina). Revista industrial y agrícola de Tucumán. vol. 86, n.1, p.15-23. Las Talitas ene/jun 2009. (On line) <[http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S185130182009000100003](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S185130182009000100003)> (27 agosto 2010)
- NISSEN, J. 1974. Estudio agroecológico del Predio Experimental "Santa Rosa" Valdivia. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias. Instituto de Ingeniería Agraria y Suelo. 46 p.
- OLIVA, R. 1992. Manual de producción de semillas hortícolas, Zanahoria. (On line) <http://www.inta.gov.ar/Laconsulta/info/documentos/zanahoria/Manual%20de%20Producci%C3%B3n%20de%20Semillas%20Hort%C3%ADcolas.%20Zanahoria.pdf> (27 Octubre 2010).
- RANGEL, W.; DE NEGREIROS, M.; DA SILVA, T.; VIEIRA, S.; MARTINS, C.; DE SOUSA, G. y GRANGEIRO, 2008. Productividad de cultivares de zanahoria bajo diferentes densidades de plantación. Revista Ceres. Vol. 55(5): 482-487.
- REINA, C. 1997. Manejo de postcosecha y evaluación de calidad para la zanahoria (*Daucus carota* L.) que se comercializan en la ciudad de Neiva. Disponible en; [http://www.agronet.gov.co/www/docs\\_si2/Manejo%20poscosecha%20y%20evaluacion%20de%20la%20calidad%20en%20Zanahoria.pdf](http://www.agronet.gov.co/www/docs_si2/Manejo%20poscosecha%20y%20evaluacion%20de%20la%20calidad%20en%20Zanahoria.pdf). (23 febrero 2010).
- RODRIGUEZ, J.; PINOCHET, D.; MATUS, F. 2001. Fertilización de los cultivos. LOM Ediciones. Santiago, Chile. 117p.
- SAHARAN, M.; YADAN, A.; DAHIYA, M.; AVTARSINGH Y VIJAYPALSINGH, 2006. Effect of irrigation levels on root production of newly developed carrot varieties. Haryana Journal of Horticultural Sciences 2006 Vol. 35 No. 3/4 pp. 364-365. Compendiado en: CAB Abstract AN 20083173646.
- WIEN, 1997. The Physiology of vegetable crops. Departament of fruit and Vegetable Science Cornell University, Ithaca, NY, USA. CABI publishing. 662 p.
- XARPELL, J. 1991. Efecto de la dosis de siembra y fertilización nitrogenada sobre el rendimiento y calidad de raíces de zanahoria (*Daucus carota* L.) en la provincia de Valdivia. Tesis Lic. Agr. Valdivia. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias. 60 p.

## 7 ANEXOS

### ANEXO 1 Suministro de riego en parcelas

N° Riego	Fecha
1	07 Septiembre 2009
2	21 Septiembre 2009
3	08 Octubre 2009
4	17 Octubre 2009
5	01 Noviembre 2009
6	14 Noviembre 2009
7	26 Noviembre 2009
8	06 Diciembre 2009
9	18 Diciembre 2009
10	07 Enero 2010
11	14 Enero 2010

### ANEXO 2 Cálculo de tiempo de riego según curva pF



FUENTE: Carlos Alarcón

#### Datos

Criterio de riego: 75 % capacidad de campo

Caudal cinta riego:  $4\text{L Hora}^{-1} \text{m}^{-1} = 8\text{L Hora}^{-1} \text{m}^{-2}$

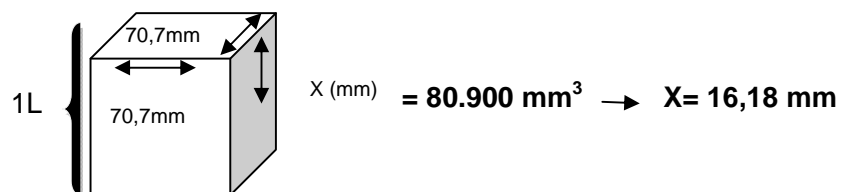
Porcentaje de agua retenida en cada fracción de poros

Tipo de poro	Volumen parcial de poros	Volumen relativo por fracción porosa
PDR	7,29	10,58
PDL	13,98	20,27
PAU	22,31	32,37
PAI	25,35	36,78

### Cálculo

Agua a suplir: 25 % CC

PAUR= 32,37% \* 0,25 = 8,09 % lo que equivale a 0,0809 Litros = 80.900 mm<sup>3</sup>



Si el caudal de la cinta de riego es 8 litros en 1 hora (en 1 metro cuadrado) lo que es igual a 8 mm en una hora, entonces 16,16 mm=

8 mm → 1 hora

16,18 mm → x (hora)

**Tiempo de riego (X)= 2,02 horas de riego**

**ANEXO 3 Condiciones climáticas y evapotranspiración del cultivo, en el período del ensayo.**

semana	T med. (°C)	T min. (°C)	T máx. (°C)	PP (mm)	Etc (mm sem <sup>-1</sup> )	Déficit (mm sem <sup>-1</sup> )
1	6,3	1,0	11,6	72,3	7,1	65,2
2	8,3	3,5	13,9	30,6	8,5	22,1
3	8,2	2,6	13,8	10,0	10,2	-0,2
4	7,8	1,5	14,2	0,6	15,0	-14,4
5	10,9	5,0	17,0	20,1	14,7	5,4
6	9,7	4,3	14,6	28,4	14,6	13,8
7	9,2	3,3	15,3	2,4	13,7	-11,3
8	9,5	4,9	13,1	89,1	12,9	76,2
9	10,8	6,8	14,4	77,2	11,1	66,1
10	8,5	4,6	12,5	68,8	21,9	46,9
11	9,7	4,2	15,3	5,2	25,7	-20,5
12	11,0	7,3	14,6	48,7	20,0	28,7
13	11,8	7,8	15,7	22,3	24,0	-1,7
14	12,9	7,7	18,4	23,4	30,6	-7,2
15	14,1	9,2	20,0	8,6	35,4	-26,8
16	13,4	6,8	20,0	0,9	34,0	-33,1
17	13,4	8,3	17,7	59,2	26,3	32,9
18	12,0	9,1	15,0	50,1	9,5	40,6
19	14,1	8,4	18,8	12,0	21,3	-9,3
20	14,9	9,7	19,6	22,2	21,6	0,6
<b>Total</b>	<b>10,8</b>	<b>5,8</b>	<b>15,8</b>	<b>652,1</b>	<b>378,047</b>	<b>274,053</b>

\*Semana 1 inicia primero de septiembre 2009.