

**UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**

ESCUELA DE AGRONOMÍA

Memoria de Título

**EVALUACIÓN DE VARIEDADES DE RADICCHIO EN LA LOCALIDAD DE POLPAICO
CON FINES DE EXPORTACIÓN**

FELIPE EDUARDO VIVEROS VELASCO

**Santiago, Chile
2010**

**UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**

ESCUELA DE AGRONOMÍA

Memoria de Título

**EVALUACIÓN DE VARIEDADES DE RADICCHIO EN LA LOCALIDAD DE POLPAICO
CON FINES DE EXPORTACIÓN**

EVALUATION OF RADICCHIO VARIETIES IN POLPAICO FOR EXPORT

FELIPE EDUARDO VIVEROS VELASCO

**Santiago, Chile
2010**

**UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**

ESCUELA DE AGRONOMÍA

**EVALUACIÓN DE VARIEDADES DE RADICCHIO EN LA LOCALIDAD DE POLPAICO
CON FINES DE EXPORTACIÓN**

Memoria para optar al título profesional
de Ingeniero Agrónomo
Mención Fitotecnia

FELIPE EDUARDO VIVEROS VELACO

	Calificaciones
Profesor Guía	
Sr. Ricardo Pertuzé C. Ingeniero Agrónomo, Ph.D.	6,7
Profesores Evaluadores	
Sra. Verónica Díaz M. Ingeniero Agrónomo, Mg.Sc.	6,5
Sra. Elena Sepúlveda E. Ingeniero Agrónomo	6,5

Santiago, Chile
2010

AGRADECIMIENTOS

Quisiera agradecer en primer lugar a mis padres Jorge y Norma por las innumerables oportunidades que me han ofrecido en la vida, por el apoyo incondicional que me entregaron en cada una de las empresas que inicié y por su infinito amor hacia mí.

Agradezco a Ricardo Pertuzé por la confianza que me entregó para llevar a cabo este estudio, por su constante apoyo y por el excelente ambiente de trabajo que logró formar.

A todos quienes formaron parte de un gran equipo de trabajo, desde el transplante hasta la cosecha y sus evaluaciones, en especial a Loreto Bravo, Marcela Bravo, Sebastián Cortés, Francisco Villalobos y Mauricio Gordyczyk, ya que sin ellos todo esto hubiese resultado imposible.

A Marco Rojas de la biblioteca “Rector Ruy Barbosa” por agotar todos los medios por conseguir la información que le solicité.

A mi familia en su totalidad por el apoyo, interés y preocupación demostrados por este trabajo, en especial a mis hermanos María Alejandra y Jorge.

Finalmente y de forma muy especial, quiero agradecer a Pamela Muñoz por su constante trabajo en esta memoria, quien supo levantarme cuando las fuerzas se agotaban haciéndome cumplir cada una de las metas trazadas aquí. Su apoyo fue fundamental hasta el final.

ÍNDICE

RESUMEN	1
PALABRAS CLAVES	2
ABSTRACT	3
KEY WORDS	3
INTRODUCCIÓN	4
MATERIALES Y MÉTODOS	8
MATERIALES.....	8
<i>Lugar del estudio</i>	8
<i>Características del suelo</i>	8
<i>Características climáticas</i>	8
MÉTODO	9
<i>Diseño experimental y tratamientos</i>	9
<i>Siembra y transplante</i>	11
<i>Riego</i>	11
<i>Fertilización</i>	11
<i>Control de malezas</i>	11
<i>Cosecha</i>	11
<i>Parámetros evaluados</i>	12
Temperatura y humedad.....	12
Registros de eventos fenológicos del cultivo.....	12
Evaluaciones a cosecha	12
Tamaño y forma de cabeza.....	12
Peso fresco.....	13
Color de la lámina.....	13
Plantas cosechadas	13
Rendimiento.....	13
<i>Análisis estadístico</i>	13
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	15
ANÁLISIS FENOLÓGICO	15
<i>Número de hojas al cierre de cabeza</i>	15
<i>Tiempo térmico</i>	17
RENDIMIENTOS Y COMPONENTES DE RENDIMIENTO	21
<i>Ensayo 1: Transplante 20 de Diciembre de 2007</i>	21
Rosso di Chioggia	21
Rosso di Treviso Precoce.....	23
<i>Ensayo 2: Transplante 03 de Enero de 2008</i>	24
Rosso di Chioggia	24
Rosso di Treviso Precoce.....	25
<i>Ensayo 3: Transplante 17 de Enero de 2008</i>	26
Rosso di Chioggia	26
Rosso di Treviso Precoce.....	28
CONCLUSIONES	32
BIBLIOGRAFÍA	34
ANEXOS Y APÉNDICES	40

RESUMEN

El radicchio (*Cichorium intybus* L. var. *silvestre* Bischoff) es una hortaliza de hojas rojas, muy apreciada hoy en día por la población de los países desarrollados, ya sea por sus características organolépticas como por sus beneficios a la salud.

En Chile la producción ha venido al alza en los últimos años destinándose casi en su totalidad a la exportación, generando importantes ingresos al país.

La selección varietal en pos de buscar mejores rendimientos y disminuir los costos, debe hacerse en la misma zona donde se realizará la producción comercial. Por ello se planteó este estudio en la localidad de Polpaico durante la temporada 2007/2008 que buscó encontrar variedades de polinización abierta que cumplieran con los requisitos de rendimiento y exportación.

A través de 3 ensayos independientes consistentes en 3 fechas de transplante se buscó la mejor variedad para cada ensayo entre 22 variedades del tipo “Rosso di Chioggia” y 7 del tipo “Rosso di Treviso Precoce”. La evaluación consistió en una caracterización fenológica y una estimación de rendimiento a través de peso fresco, porcentaje de plantas cosechadas y porcentaje de color exportable.

Los resultados mostraron una clara susceptibilidad de la especie a las altas temperaturas, obteniéndose los rendimientos más bajos en el primer ensayo, coincidentes con el mayor tiempo alcanzado por las plantas de este ensayo entre transplante y cierre de cabeza y el mayor número de hojas con que este evento ocurrió.

En los 3 ensayos fue posible encontrar variedades del tipo “Rosso di Chioggia” que cumplieron con la calidad de exportación, sin embargo sólo en los ensayos 1 y 2 se pudieron encontrar variedades de polinización abierta con estas características.

Respecto a los “Rosso di Treviso Precoce”, las variedades fueron las más sensibles a las altas temperaturas. Sin embargo, en los 3 ensayos se pudo encontrar al menos 1 variedad de polinización abierta con características de calidad exportable.

A través de este estudio se pudo establecer la importancia determinante que tuvo el color en la calidad del radicchio y como el parámetro “porcentaje de plantas cosechadas” resulta de un complejo de factores que deben ser mejor estudiados.

Palabras claves

Cichorium intybus, Rosso di Chioggia, Rosso di Treviso Precoce, rendimiento.

ABSTRACT

Radicchio (*Cichorium intybus* L. var. *silvetre* Bischoff) is a red-leaf vegetable very appreciated these days by people in developed countries, both by its organoleptic characteristics as well as its health benefits.

Since 2000 in Chile, its production has been rising although most of it is exported, generating substantial revenue to the country.

The variety selection to decrease cost and get better yields, should be done in the same area where commercial production is being held. This study was carried out in Polpaico throughout the 2007-2008 season, seeking open pollination varieties that allow achieving yield and export requirements.

This study was divided into 3 independent planting dates, looking for the best “Rosso di Chioggia” and “Rosso di Treviso Precoce” radicchio variety. The trial evaluation consisted of a phenotypic characterization and yield estimation through fresh weight, harvested plants’ percentage as well as percentage of exportable colour.

Results showed high susceptibility of the species to high temperature, thus obtaining the lowest yields in the first planting date, corresponding with the highest time reached by the plants in this same trial between transplant and closed head and the highest leaf number occurring within this event.

In all the planting dates it was possible to find “Rosso di Chioggia” varieties that reach export quality, however only in the first two trials (1 and 2) open pollination varieties with these features were observed.

Regarding “Rosso di Treviso Precoce” varieties, they were the most sensitive to high temperature. However, in all the trials at least 1 open pollination variety was found with export quality.

Throughout this study it was possible to determine the important role of colour in radicchio quality as well as the parameter “percentage of harvested plants” that was the result of many factors that must be better studied.

Key words

Cichorium intybus, Rosso di Chioggia, Rosso di Treviso Precoce, yield.

INTRODUCCIÓN

El radicchio es una hortaliza de hoja que está aumentando su popularidad para ensaladas en los Estados Unidos y en los países desarrollados y se está transformando en un componente importante en las bolsas de ensaladas surtidas precortadas (IV gama). En primer lugar, es muy apreciado por el brillo de sus hojas moradas-rojizas, que contrastan con la nervadura blanca y su sabor medianamente amargo (Hernández *et al.*, 1999). Además forma parte de los vegetales gourmet altamente cotizados por la industria alimenticia y, finalmente, la población está teniendo un creciente interés por las comidas y vegetales nuevos, inusuales y exóticos (Maynard, 1989) y se está tomando conciencia sobre los beneficios nutricionales y el valor antioxidante de los vegetales de hojas rojas (Ryder, 2002).

Hasta el año 2000 la superficie cultivada de radicchio alcanzaba las 153 ha en promedio (ODEPA, 2009), sin embargo para el año 2007 la superficie se alzó por sobre las 327 ha (Aljaro, 2008), concentradas principalmente en las regiones V y Metropolitana con un 53% y 45% de la producción nacional respectivamente (Sandoval, 2006).

Del total de productos hortícolas exportados a Estados Unidos durante el año 2002, el 25% corresponde a hortalizas frescas, lo que equivale a poco más de US\$ 11 millones. Entre los principales productos se encuentran, en orden de importancia, los espárragos con US\$ 3,28 millones, radicchios con US\$ 3 millones, cebollas con US\$ 2,4 millones y ajos con US\$ 1,3 millones. Estas cifras muestran la importancia que tiene para Chile el mercado estadounidense como destino de las exportaciones hortícolas, lo que sumado a la tendencia positiva del aumento del consumo de hortalizas en ese mercado y al Tratado de Libre Comercio suscrito con ese país, se traduce en interesantes oportunidades para aumentar y diversificar las exportaciones chilenas de hortalizas frescas hacia Estados Unidos (FIA, 2003). A partir del año 2002, las exportaciones de radicchios han tendido a mantenerse en esos valores, pese a que en los 2 últimos años han tenido una leve baja, sin dejar de ser un interesante nicho de producción. Según datos de PROCHILE (2008), en el año 2008 se exportó radicchios por un valor de US\$1.828.190, siendo los principales destinos Estados Unidos, Holanda, Francia e Italia.

El radicchio (*Cichorium intybus* L. var. *silvestre* Bischoff) es una hortaliza de hoja, consumida preferentemente en ensaladas, originaria de Oriente y que habría sido introducida en Europa en el siglo XV. Inició su cultivo un siglo más tarde en la región del Veneto, Italia, donde se difundió rápidamente a otras regiones de ese país y de Europa (Casté, 1993). Sin embargo, Pimpini *et al.* (2001b) señalan que en épocas muy remotas ya se sembraba achicoria en Italia, situándola como originaria de la cuenca del Mediterráneo y otorgándole el nombre de radicchio a una especialidad producida exclusivamente en la región del Veneto de la que no se sabe con certeza su procedencia.

El radicchio es una planta de la familia Asteraceae y del género *Cichorium* (Boscolo, 2005). Este género posee una gran importancia económica, ya que dos de sus especies son frecuentemente cultivadas: *C. endivia* (especie a la que pertenecen la endivia y la escarola) y *C. intybus* (especie a la que pertenecen las achicorias rojas, de raíz y “witloof”) (Kiers *et al.*, 1999). De esta última especie es posible distinguir en base a rasgos morfológicos distintas variedades incluyendo *C. intybus* L. var. *foliosum* Bischoff (hortaliza de hojas frondosas), var. *sativum* Bischoff (del que se obtiene un sustituto del café a partir de su raíz y también inulina) y var. *silvestre* Bischoff (achicoria roja o variegada también llamada “radicchio”) (De Simone *et al.*, 1997; Barcaccia *et al.*, 2003b). Pimpini *et al.* (2001b) sostienen que el tipo introducido en el siglo XV corresponde al “Rosso di Treviso” (*Cichorium intybus* L. var. *foliosum* (Hegi) Bischoff) el que al siglo siguiente dio origen al tipo “Rosso di Verona” por sucesivas selecciones masales hechas por los agricultores, y al tipo “Variegato di Castelfranco” por cruzamientos espontáneos con la escarola (*Cichorium endivia* L. var. *latifolium* Hegi). A partir del tipo “Variegato di Castelfranco” se procedió a hacer selección masal en pos de conseguir un cultivar de cabeza apretada, naciendo así el “Variegato di Chioggia” hacia 1930. Posteriormente, se siguió con la selección masal de esta nueva variedad, esta vez con el objetivo de conseguir una cabeza apretada, pero ahora de color rojo. En 1950 nace así el tipo “Rosso di Chioggia”. Entre los años 1965 y 1970 por selección masal se logra obtener el tipo “Rosso di Treviso Precoce” a partir del “Rosso di Treviso”. Pese al alto parentesco existente entre algunos cultivares, como el “Rosso di Treviso” y el “Rosso di Treviso Precoce” por una parte, y el “Rosso di Verona” y el “Variegato di Castelfranco” por el otro, cada uno de los tipos son perfectamente distinguibles entre ellos (Van Stallen *et al.*, 2001; Barcaccia *et al.*, 2003a). Pese a todos estos antecedentes, numerosos autores han publicado trabajos sobre radicchio asociándolo indistintamente a las variedades *silvestre* (Gianquinto, 1997; Papetti *et al.*, 2002; Sambo *et al.*, 2004; Žnidarčič *et al.*, 2004) o *foliosum* (Suhonen, 1991; Grevsen, 1992; Solari, 1993; Carrasco *et al.*, 1998; Krarup y Moreira, 1998; Berlien, 2004; Loyola *et al.*, 2007), lo que representa una clara dificultad en la identificación taxonómica de esta hortaliza y una confusión, incluso, a nivel de literatura técnica (Krarup y Moreira, 1998).

El radicchio es una especie bienal. Su sistema radical está conformado por una raíz primaria pivotante, engrosada y larga, que produce abundantes raíces secundarias finas. El sistema caulinar de la primera temporada presenta un tallo comprimido en el cual se disponen alternadamente las numerosas hojas que forma, generando el hábito de roseta característico de la planta. A inicios del desarrollo, las hojas se presentan abiertas, extendidas y verdes. A partir de cierto número de hojas y con temperaturas ambientales bajas, empiezan a adquirir tonalidades rojizas a moradas y la disposición de éstas cambia hacia formas más compactas o arrolladas, donde las hojas más viejas envuelven a las más nuevas, de manera que no se extiendan (Krarup y Moreira, 1998).

Según el color de sus hojas, los radicchios se pueden dividir en dos grandes grupos:

- Radicchios Rojos: su lámina foliar es roja y la nervadura central blanca. En este grupo se incluyen los tipo “Rosso di Treviso”, “Rosso di Verona” y “Rosso di Chioggia”.

- Radicchios Variegados: la lámina foliar es de color amarillo-verdoso, sobre la cual se distribuyen líneas o puntos verdes, rojos y blanquecinos, de variadas dimensiones. A este grupo pertenecen los tipos “Variegato di Castelfranco” y “Variegato di Chioggia” (Casté, 1993).

El radicchio es una especie de día largo (Gianquinto, 1997), que inicia su floración a finales de invierno (Bais y Ravishankar, 2001). Las flores son hermafroditas, insertas en cantidades de 15 a 25, sobre capítulos solitarios o en grupos de 2 ó 3. Las flores poseen una corola de color azul brillante (Bais y Ravishankar, 2001), un ovario ínfero unilovulado, un estilo piloso y un estigma bífido (Pimpini *et al.*, 2001*b*). Sus frutos, dispuestos en capítulos, corresponden a aquenios pequeños (2-3 mm), truncados, de color marrón, negro o moteados y con un vilano consistente en un anillo de cortos apéndices secos (Cichan y Palser, 1982; Bais y Ravishankar, 2001).

El órgano de consumo del radicchio corresponde al núcleo central de hojas de la roseta, las cuales constituyen una cabeza que, dependiendo del cultivar, puede ser suelto o apretado y firme, semejando un repollo. Las hojas presentan desde la base y prolongándose en la nervadura un color blanquecino, lo que contrasta fuertemente con el color rojo intenso o variegado de la lámina, por lo que las hojas se presentan muy atractivas a la vista. La cabeza tiene un peso muy variable dependiendo del tipo de radicchio, pero generalmente no sobrepasa 0,5 kg (Krarup y Moreira, 1998). La madurez de cosecha se basa en el tamaño comercial después de que se haya alcanzado un cierto número de días base, generalmente entre 75 y 85 días. Deben ser cosechados con una porción de la raíz para ayudar a la retención de hojas (Suslow y Cantwell, 2008).

La composición nutritiva del radicchio es similar a cualquier otra hortaliza de hoja. Es baja en calorías, pero rica en vitaminas y sales minerales, particularmente potasio, calcio y fósforo. Es un buen aporte de fibras y favorece la actividad digestiva (Pimpini *et al.*, 2001*b*).

Un radicchio de calidad exportable debe tener la cabeza firme y hojas crujientes, con el nervio medio de color blanco y con sabor amargo. Las hojas no deben estar agrietadas, rotas o con lunares negros producto de daños mecánicos o necrosis en el margen (Mencarelli, 2004). El color es el principal parámetro de calidad, ya que a partir de él, el consumidor aceptará o rechazará el producto (Saézn, 1989), mientras que el productor determinará el momento oportuno de cosecha según el producto haya alcanzado un color atractivo y típico de la variedad (Berger, 1989). Cualquiera de estos parámetros de calidad es fuertemente susceptible de ser afectado por algún tipo de estrés abiótico durante el cultivo, como déficit hídrico, baja intensidad lumínica, exceso de temperatura, etc. Los daños pueden variar según la variedad (Hodges y Toivonen, 2008).

El tipo de radicchio más cultivado en el mundo, y prácticamente el único cultivado en Chile, es el “Rosso di Chioggia” (Casté, 1993), el que se caracteriza por poseer una lámina

foliar de color rojo intenso, con nervadura central blanca y de forma redondeada. Al inicio sus hojas son verdes y la cabeza no es notoria, tiene un ligero jaspeado rojo, pero en la medida que transcurre el tiempo, las hojas que son redondeadas toman una coloración roja muy intensa (Boscolo, 2005).

El tipo “Rosso di Treviso Precoce” tiene un follaje voluminoso, alargado, bien cerrado y acompañado de una pequeña porción de raíz. Sus hojas se caracterizan por una nervadura central muy pronunciada de color blanco que se ramifica en pequeñas nervaduras por todo el limbo foliar notablemente desarrollado (Consorzio del Radicchio di Treviso, 2006). Su forma es similar al de una lechuga romana o a la endivia Belga (Royal Rose, 2008).

Un programa de mejoramiento vegetal que pretenda obtener una variedad híbrida, debe generar en un comienzo líneas puras altamente homocigotas. En una segunda etapa, estas líneas puras deben cruzarse obteniendo así una variedad híbrida con alto vigor, estabilidad y homogeneidad (Bellamy *et al.*, 1996). Para obtener líneas puras es necesario conseguir ciclos de sucesivas autopolinizaciones, proceso altamente complejo en el radicchio debido a que es una especie de polinización cruzada, lo que genera una alta heterogeneidad entre las plantas de un cultivar. Además, las auto polinizaciones son limitadas por un sistema de incompatibilidad esporofítica (Eenink, 1981; Varotto *et al.*, 1995; Kiers *et al.*, 1999) y una fuerte competencia gametofítica entre la auto polinización y el polen foráneo (Barcaccia *et al.*, 2003a). Sin embargo, gracias a los avances realizados en hibridación, a partir de los años ochenta comenzaron a introducirse las primeras variedades híbridas que presentan una alta homogeneidad en el cultivo, aumentan los rendimientos y disminuyen las plantas espigadas. Esto ha hecho que se extiendan por todo el mundo (Bejo Andes Ltda., 2006), pese a su alto precio. Además se está avanzando en la producción de plantas haploides a través del cultivo de microsporas, con resultados inciertos (Theiler-Hedtrich y Hunter, 1995). Cabe señalar que aun cuando existe un alto nivel de polinización cruzada, no ocurre lo mismo entre los grupos cultivados y silvestres de *C. intybus*, manteniéndose constante los genes entre un grupo y otro. Esto hace suponer, que de desarrollarse una variedad transgénica, los genes transgénicos tendrán muy pocas posibilidades de traspasarse a las variedades silvestres (Kiær *et al.*, 2008).

Por todo lo anteriormente expuesto, resulta importante encontrar una variedad de radicchio de polinización abierta que cumpla con los requerimientos de calidad para los consumidores y sea atractiva para los productores por los menores costos de sus semillas. Por ello, se planteó esta investigación en una importante zona de producción de esta hortaliza, como lo es Polpaico, donde surge la siguiente hipótesis: “En la localidad de Polpaico es posible determinar la variedad que se adapte a las condiciones propias del lugar, cumpliendo con los requisitos necesarios para ser exportada a Estados Unidos como una hortaliza fresca”. Junto con ello, se trazó el objetivo de evaluar el comportamiento productivo y algunos parámetros de calidad, como color, tamaño y peso fresco, de 29 variedades de radicchio (*Cichorium intybus* L. var. *silvestre* Bischoff) en la localidad de Polpaico para la exportación a Estados Unidos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materiales

Lugar del estudio

El estudio se realizó durante la temporada 2007-2008 entre diciembre/2007 y mayo/2008 en 2 sitios, el Fundo San Manuel s/n Polpaico, comuna de Til Til, Región Metropolitana (33°07'12''S y 70°52'00''O, a una altitud de 544 m.s.n.m) (Google, 2009) y la Parcela N°5 ubicada en el camino a Polpaico s/n, comuna de Til Til, Región Metropolitana (33°08'18''S y 70°51'31''O, a una altitud de 544 m.s.n.m) (Google, 2009)

Características del suelo

El Fundo San Manuel presenta un suelo que corresponde a uno de tipo franco de la serie Quilapilún. Es de origen aluvio-coluvial, moderadamente profundo que se presenta en posición de plano inclinado (piedmont) con pendientes dominantes de 1 a 3% y presenta un ligero microrelieve producto de disecciones. Descansa sobre un substrato de arenas, gravas y piedras por debajo de los 180 cm. La temperatura media anual del suelo fluctúa entre los 15° y 16° C. La profundidad efectiva es de 84 cm en promedio. Es un suelo bien drenado con permeabilidad moderadamente rápida y con un escurrimiento superficial lento. Es un suelo apto para todo cultivo bajo condiciones de riego con capacidad de uso IIs 0 (Comisión Nacional de Riego, 1981). El cultivo anteriormente existente en el suelo correspondió a cebolla.

La Parcela N°5 presenta un suelo que corresponde a uno de tipo franco de la serie Polpaico. Es de origen aluvio-coluvial, profundo, en posición de plano ligeramente inclinado (piedmont) con pendientes dominantes de 1 a 2%. La profundidad efectiva del suelo varía entre 100 y 130 cm. y más. La temperatura media anual del suelo se estima varía entre 15° y 16° C. Es un suelo bien drenado con permeabilidad moderadamente lenta y escurrimiento superficial moderado. Posee capacidad de uso IIs 0, apto para todos los cultivos de la zona, incluyendo frutales y viñas (Comisión Nacional de Riego, 1981). El cultivo anterior existente en el suelo correspondió a lechuga.

Las características físicas y químicas de ambos suelos se resumen en el Anexo 1.

Características climáticas

El estudio fue llevado a cabo en una zona de clima estenotérmico mediterráneo semiárido

(Novoa *et al.*, 1989). Su régimen térmico considera la presencia de 7 meses libres de heladas, con 1.600 días-grado (°D) al año, entre 1.600 y 1.699 horas de frío anuales y una temperatura promedio máxima entre 28° y 28,9° C en el mes de enero y mínima entre 2° y 2,9° C en el mes de julio (Santibáñez, 1990).

Su régimen hídrico considera 8 meses secos, con déficit hídrico anual entre 1.000 y 1.099 mm, 4 meses húmedos con un exceso hídrico anual entre 200 y 299 mm. La precipitación promedio anual es de 414,0 mm (Santibáñez, 1990).

Método

Diseño experimental y tratamientos

Este estudio consistió en 3 ensayos independientes, cada uno de los cuales correspondió a una fecha de transplante. Estas fechas están descritas en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Fechas de siembra y transplante de los 3 ensayos.

	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3
Siembra	12 noviembre	27 noviembre	12 diciembre
Transplante	20 diciembre	03 enero	17 enero

Cada ensayo se realizó con las variedades distribuidas en bloques completos al azar con 5 repeticiones.

En los ensayos 1 y 2, la unidad experimental correspondió a una mesa de 1,2 m de ancho con un largo de 3,5 m. Las plantas se distribuyeron en 4 hileras distanciadas en 0,3 m y sobre ellas se dispusieron 3 plantas por metro lineal.

En el ensayo 3, la unidad experimental correspondió a 3 camellones separados entre sí por 0,75 m y con un largo de 3,5 m. Las plantas se distribuyeron en 2 hileras por camellón con 3 plantas por metro lineal.

Para todos los ensayos el único tratamiento fue la variedad. Se evaluaron 29 variedades, existiendo 22 del tipo “Rosso di Chioggia” y 7 del tipo “Rosso di Treviso Precoce” (Cuadro 2).

No todas pudieron ser evaluadas en las 3 fechas debido a la falta de semillas. En el ensayo 1 se transplantaron 28 variedades, 21 del tipo “Rosso di Chioggia” y 7 del tipo “Rosso di Treviso Precoce”. En el ensayo 2 se transplantaron 17 variedades, 12 del tipo “Rosso di Chioggia” y 5 del tipo “Rosso di Treviso Precoce”. En el ensayo 3 se transplantaron 14 variedades, 9 del tipo “Rosso di Chioggia” y 5 del tipo “Rosso di Treviso Precoce”.

Cuadro 2. Variedades presentes en el estudio con su procedencia y precocidad.

Nombre	Tipo	Procedencia / País	Característica	E1	E2	E3
Corrado	Rosso di Chioggia	INCAO / Italia	Semitardío	x	x	x
Ciro	Rosso di Chioggia	INCAO / Italia	Precoz	x	x	x
Costantino	Rosso di Chioggia	INCAO / Italia	Tardío	x	x	x
CH117	Rosso di Chioggia	SAIS / Italia	-	x	x	x
CH121	Rosso di Chioggia	SAIS / Italia	-	x	x	x
8879	Rosso di Chioggia	ZELADA / Italia	Tardío	x		
CH1/05	Rosso di Chioggia	ZELADA / Italia	Precoz	x		
CH4/05	Rosso di Chioggia	ZELADA / Italia	Semitardío	x		
CH4/04	Rosso di Chioggia	ZELADA / Italia	Semitardío	x		
CH5/04	Rosso di Chioggia	ZELADA / Italia	Tardío	x		
CH6/04	Rosso di Chioggia	ZELADA / Italia	Tardío	x		
OT789	Rosso di Chioggia	SALMASO / Italia	Precoz	x	x	
OT790	Rosso di Chioggia	SALMASO / Italia	Tardío	x	x	
OT791	Rosso di Chioggia	SALMASO / Italia	Tardío	x	x	x
CH01	Rosso di Chioggia	Sotomarina/ Italia	Precoz	x	x	x
CH02	Rosso di Chioggia	Sotomarina/ Italia	Precoz	x	x	
Leonardo	Rosso di Chioggia	Bejo Zaden / Holanda	Precoz	x	x	x
Leo	Rosso di Chioggia	T & T / Italia	Precoz	x		
3040	Rosso di Chioggia	T & T / Italia	Precoz	x		
Perseo	Rosso di Chioggia	T & T / Italia	Precoz	x		
Sirio	Rosso di Chioggia	T & T / Italia	Precoz	x		
Erfano	Rosso di Chioggia	Bejo Zaden / Holanda	Precoz		x	x
CH118	Treviso	SAIS / Italia	Semiprecoz	x	x	x
CH100	Treviso	SAIS / Italia	Tardío	x	x	x
Tullio	Treviso	INCAO / Italia	Precoz	x	x	x
8881	Treviso	ZELADA / Italia	Semiprecoz	x		
TV3/04	Treviso	ZELADA / Italia	Semiprecoz	x		
OT782	Treviso	SALMASO / Italia	Precoz	x	x	x
TV01	Treviso	Sotomarina/ Italia	Precoz	x	x	x
Total				28	17	14

1/Todas las variedades son de polinización abierta, salvo Leonardo y Erfano que corresponden a un híbrido.

2/E1 corresponde a ensayo 1, E2 a ensayo 2 y E3 a ensayo 3.

Siembra y transplante

Los almácigos fueron confeccionados por el vivero Los Olmos ubicado en la ciudad de San Fernando, utilizando un sustrato compuesto por 66,6% de turba, 16,6% de corteza de pino y 16,6% de perlita. Las siembras se realizaron manualmente en bandejas de 432 alvéolos.

Los plantines fueron transplantados en forma manual con un estado fenológico de entre 4 y 5 hojas. Los plantines llegaron al transplante 38, 37 y 36 días post-siembra a los ensayos 1, 2 y 3 respectivamente.

El terreno de los ensayos fue preparado por el productor, configurándolo para los ensayos 1 y 2 en mesas de 1,2 m de ancho con 4 hileras de plantas y para el ensayo 3 en camellones de 0,75 m de ancho con 2 hileras de plantas en cada camellón. En el ensayo 1 y 2, las plantas fueron dispuestas con una densidad de 10 plantas/m², mientras que en el ensayo 3 fueron dispuestas con una densidad de 8 plantas/m².

Riego

En los ensayos 1 y 2, el riego se realizó por cintas con un caudal de 4L/m lineal, cada siete días. En el ensayo 3, el riego se realizó por surcos.

Fertilización

La fertilización se realizó según los requerimientos óptimos del cultivo, esto es 100-120 u/ha de N entregados en 3 parcializaciones, 150-200 u/ha de P₂O₅ y 100-150 u/ha de K₂O a la siembra (Pimpini *et al.*, 2001a).

Control de malezas

Las malezas fueron controladas con el herbicida Herbadox antes del transplante y durante el cultivo se realizaron 3 limpiezas manuales.

Cosecha

La cosecha se realizó cuando la unidad muestral de cada variedad alcanzó una cabeza compacta con la coloración típica de la variedad.

Parámetros evaluados

Para los 3 ensayos a partir del momento del transplante se consideraron los siguientes parámetros:

Temperatura y humedad. Se llevó un registro de temperatura y humedad a través de un termohigrógrafo (marca Keytag, modelo KTL-508) instalado en el lugar de los ensayos. Este dispositivo tomó registros cada media hora obteniéndose la temperatura máxima y mínima y estimando a partir de ellas la media diaria. A partir de esta información se calcularon los días-grado ($^{\circ}\text{D}$) para diversos estados fenológicos del cultivo, utilizando como temperatura umbral 8°C (Xodo, 1988). Además se construyó la curva de comportamiento térmico de Polpaico durante el período de los 3 ensayos.

Registros de eventos fenológicos del cultivo. Se registró el número de hojas desde el transplante hasta el cierre de cabeza, el cierre de cabeza y el estado de cosecha.

Evaluaciones a cosecha. Una vez obtenidas las condiciones de cosecha para cada variedad, éstas fueron cosechadas en forma manual, se eliminaron las hojas exteriores y se cortó el sistema radical a nivel de la base para los tipo “Rosso di Chioggia” o se cortó dejando 5 cm de la raíz principal, como forma de presentación del producto, para los tipo “Rosso di Treviso Precoce”.

Para las siguientes evaluaciones se consideraron 10 radicchios de cada variedad por repetición cosechados de las 2 hileras centrales de la mesa en los ensayos 1 y 2 y del camellón central en el ensayo 3.

Tamaño y forma de cabeza. Se midió el diámetro ecuatorial y el largo del radicchio, desde la base para los tipo “Rosso de Chioggia” y desde el punto de inserción de las hojas basales (descontando la porción de raíz) para los tipo “Rosso di Treviso Precoce”. La medición se realizó con un pie de metro y la unidad de medición fueron centímetros.

Para el tipo “Rosso di Chioggia” con la información obtenida se construyó el parámetro “Relación Altura/Diámetro (A/D)” la que permite ver la forma del radicchio. Un valor igual a 1 indica que el radicchio posee forma esférica, la que es óptima y característica del tipo. Sin embargo, para el tipo “Rosso di Treviso Precoce” se consideró el largo como indicador de tamaño, el que está descrito como parámetro importante.

El tamaño de los radicchio “Rosso di Chioggia” se puede considerar directamente correlacionado con el Peso fresco, ya que se parte del supuesto que fueron cosechados todos con la misma firmeza, y por lo tanto la misma densidad, por lo que bastaría saber el peso para tener una aproximación del tamaño.

Peso fresco. Cada uno de los radicchios de la unidad muestral fue pesado en el campo. Se utilizó una balanza digital que entregó el peso en gramos.

Color de la lámina. El color fue evaluado en campo en base a una escala construida especialmente para estos ensayos. La escala que se presenta en la Figura 1 presenta 4 categorías de color: el nivel 1 agrupa a los radicchios de color amarillo, verde pálido, verde oscuro y de pigmentación irregular; el nivel 2 agrupa a los radicchios de color rosa pálido y a aquellos que puedan presentar pequeñas coloraciones verdes en el sector de las venas; el nivel 3 agrupa a los radicchios de color rojo intenso; y el nivel 4 agrupa a los radicchios de color morado.



Figura 1. Escala de color.

Los radicchios presentes en las categorías 1 y 2 no reúnen las condiciones de color necesarias para ser exportados, mientras que las categorías 3 y 4 sí las poseen. La suma de las categorías 3 y 4 permite construir el parámetro “Color de exportación” el que es expresado en porcentaje.

El siguiente parámetro consideró la totalidad de los radicchios ubicados en las 2 hileras centrales de la mesa en los ensayos 1 y 2 y en el camellón central del ensayo 3, descontando en los 3 ensayos 2 radicchios bordes en cada lado de la parcela.

Plantas cosechadas. Del total de radicchios considerados en la unidad muestral se descontaron las plantas subidas, enfermas, fuera de tipo, etc. Este parámetro fue considerado como porcentaje de plantas cosechadas.

Rendimiento. A partir de los parámetros Peso fresco, Plantas cosechadas y Color exportable se estimó el rendimiento de cada variedad expresado en $t \cdot ha^{-1}$ a partir de una población aproximada de $79.000 \text{ plantas} \cdot ha^{-1}$. Se consideró la misma población para los 3 ensayos, ya que de esta forma se puede tener una visión general respecto a las tendencias que mostraron algunas variedades en las 3 fechas de transplante.

La expresión utilizada fue:

$$RENDIMIENTO(t/ha) = \frac{79000(\text{plantas/ha}) * \text{Pesofresco(g)} * \%AC * \%ColorExportable}{1.000.000}$$

donde el valor de 1.000.000 corresponde a un factor de corrección de unidades y %AC corresponde al porcentaje de plantas cosechadas.

Análisis estadístico

Las variables fueron sometidas a un Análisis de Varianza (ANDEVA) para detectar diferencias significativas para un nivel de confianza de 95%. En caso de existir diferencias significativas, los datos fueron sometidos a una prueba de rango múltiple de Tukey para separar las medias de las variedades.

Las variables porcentuales se sometieron a la transformación del “arcoseno” a través de la siguiente expresión:

$$ARCOSENO \sqrt{\frac{x}{100}}$$

donde x corresponde al valor que se desea transformar. De esta manera las variables pueden ser tratadas como paramétricas. Fueron sometidas a esta transformación los parámetros “Porcentaje a cosecha” y “Color exportable”.

Todos los parámetros fueron sometidos a pruebas de Homogeneidad de Varianzas y Normalidad de los datos, previo a la aplicación del ANDEVA.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis Fenológico

Número de hojas al cierre de cabeza

En los 3 ensayos independientes se contó el número de hojas que alcanzaban los radicchios durante el período comprendido entre el transplante y el cierre de la cabeza. En los 3 ensayos, los plantines tenían entre 4 y 6 hojas al momento de ser transplantados, sin embargo el comportamiento posterior estuvo fuertemente influenciado por la variedad y la fecha de transplante como se muestra en la Figura 2. En el ensayo 1, las variedades cerraron cabeza entre 12 (Perseo) y 22 hojas (Corrado y CH4/04) después de 50 días del transplante. En el ensayo 2 las variedades lo hicieron entre 12 (Ciro) y 14,5 (CH02) hojas después de 36 días y en el tercer ensayo las variedades cerraron la cabeza entre 10 (Leonardo) y 12,5 (Corrado) hojas después de 29 días posterior al transplante.

Gianquinto y Pimpini (1989) pudieron establecer que temperaturas sobre los 30°C disminuían la velocidad de crecimiento de las plantas, siendo ideales aquellas comprendidas entre 20° y 30°C. Estos resultados no pudieron ser claramente ratificados en estos ensayos, ya que las temperaturas medias en la fase transplante-cierre de cabeza fueron bastante similares. Estos mismos autores establecieron que las temperaturas altas disminuían significativamente el número de hojas, situación que se contrapone en estos 3 ensayos donde la tendencia fue a desarrollar más hojas hacia el período donde las temperaturas máximas fueron en torno a los 40°C, es decir, en el ensayo 1. Estos resultados pueden no ser coincidentes debido al sistema de siembra, el que fue de siembra directa para el estudio de Gianquinto y Pimpini (1989) y de almácigo transplante para el presente estudio. Por otro lado, Pimpini y Gianquinto (1988) lograron establecer una relación positiva entre el número de hojas y la temperatura, lo que coincide plenamente con los encontrados en este estudio.

Respecto a las variedades de tipo “Rosso di Treviso Precoce”, en la Figura 3 se muestra que en el ensayo 1 donde las temperaturas máximas fueron mayores, las variedades tardaron 43 días en cerrar cabeza con una cantidad de hojas entre 19 (OT782) y 23 (TV01). En el segundo ensayo el número de hojas al momento de cierre de cabeza fueron las mismas, sin embargo este evento se produjo con 36 días. En el tercer ensayo las diferencias fueron mayores, llegando al cierre de cabeza con 13 (OT782 y Tullio) y 17 (TV01) hojas en tan solo 29 días.

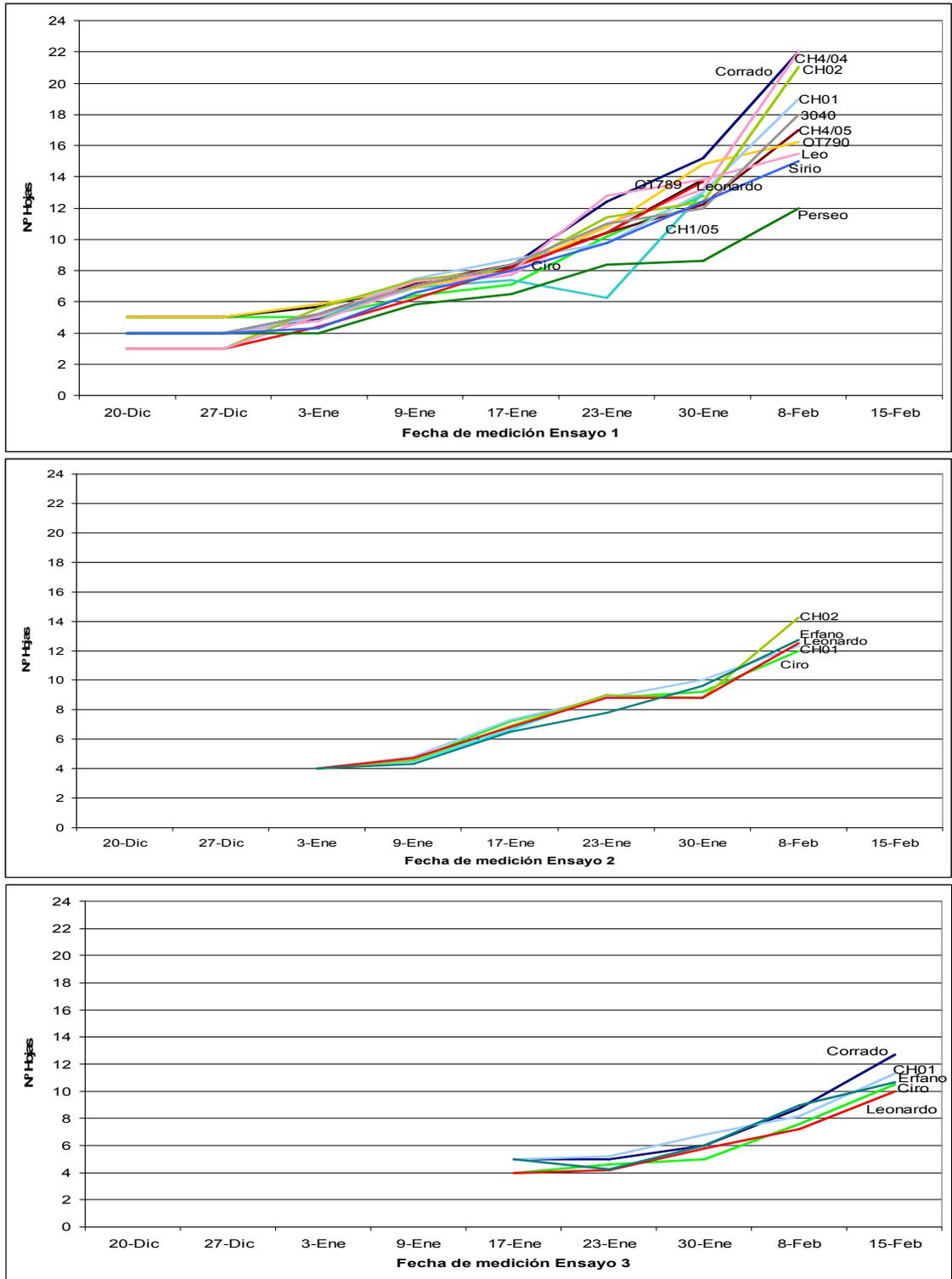


Figura 2. Número de hojas hasta el cierre de cabeza de las variedades “Rosso di Chioggia” que llegaron a cosecha en cada uno de los ensayos.

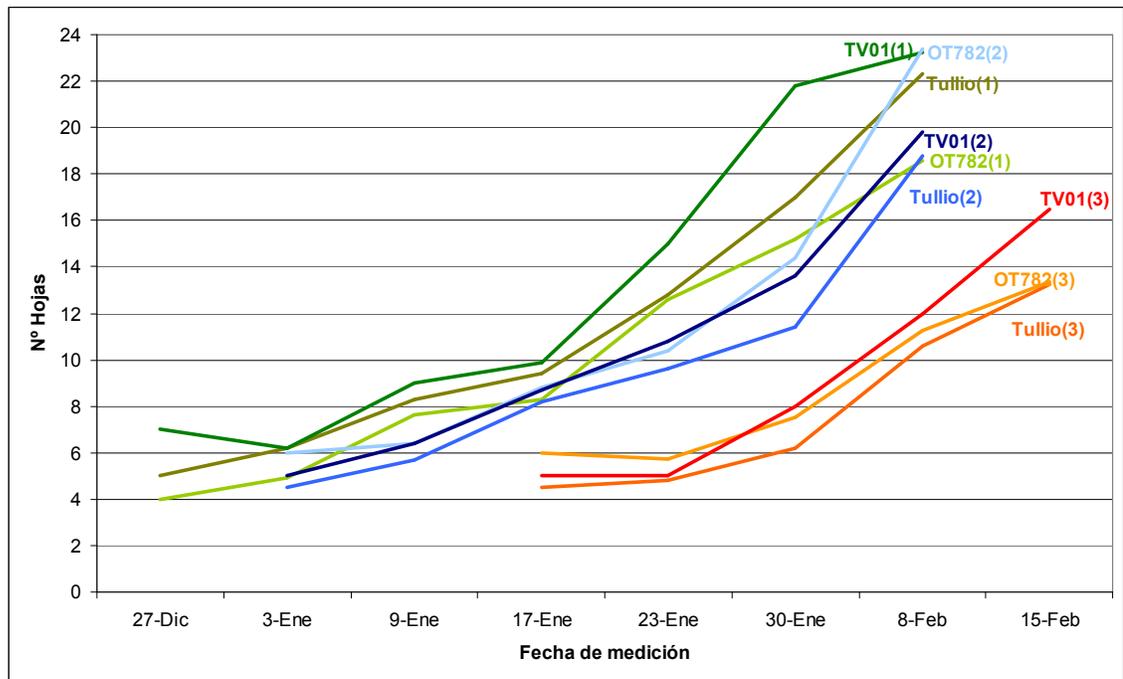


Figura 3. Número de hojas hasta el cierre de cabeza de las variedades “Rosso di Treviso Precoce” que llegaron a cosecha en los 3 ensayos. 1/Números en paréntesis indican el ensayo.

Tiempo térmico

El registro de temperatura permitió calcular los días grado ($^{\circ}\text{D}$) de transplante a cosecha, considerando un valor inicial y final según el comienzo de la cosecha y el término de ésta para cada una de las variedades, los que se muestran en el Cuadro 3. Este Cuadro permite apreciar, además de los $^{\circ}\text{D}$, la ventana de cosecha de cada una de las variedades las que presentaron comportamientos diversos.

Durante el primer ensayo, las variedades “Rosso di Chioggia” CH01, CH1/05 y Ciro presentaron una ventana de cosecha superior a los 30 días, lo que puede interpretarse como una ventaja al permitir sacar el producto en forma gradual abasteciendo por mayor tiempo el mercado. Esto sería útil si el mercado de destino es el interno, sin embargo para la exportación, donde el negocio pasa también por el volumen de venta, no resulta ser una ventaja considerando que además aumenta los costos al tener que recurrir a una mayor cantidad de recolecciones y por lo tanto, de mano de obra. Por ello, las ventanas acotadas de recolección son las ideales para una hortaliza de exportación.

La variedad Leonardo presentó una ventana de 24 días la que puede considerarse grande, frente a la de las variedades CH02, 3040, CH4/05, Perseo y OT 790 con ventanas de 14, 14, 14, 13 y 7 días respectivamente.

La precocidad con la que los fabricantes describen sus variedades parece no ser del todo adecuada para las condiciones del presente ensayo. Según Pimpini *et al.* (2001a) las variedades de radicchio del tipo “Rosso di Chioggia” se clasifican en:

- Muy precoz entre 60 y 80 días entre transplante y cosecha.
- Precoz entre 80 y 90 días entre transplante y cosecha.
- Semiprecoz entre 90 y 105 días entre transplante y cosecha.
- Semitardío entre 120 y 160 días entre transplante y cosecha.
- Tardío entre 160 y 180 días entre transplante y cosecha.

Cuadro 3. Ventana de cosecha, tiempo cronológico (días) y acumulación de días-grado (°D) de transplante a cosecha de las variedades “Rosso di Chioggia” y una “Rosso di Treviso Precoce” que llegaron a cosecha en el 1er ensayo.

Variedad	Inicio de Cosecha	Fin de Cosecha	Trasplante a Cosecha	Ventana de cosecha	Inicio de Cosecha	Término de Cosecha
						Días
CH4/04	13-mar	10-abr	83 - 110	28	1.333	1.663
Corrado	20-mar	10-abr	90 - 110	21	1.425	1.663
OT 790	27-mar	03-abr	97 - 105	7	1.514	1.586
CH02	20-mar	03-abr	90 - 105	14	1.425	1.586
CH4/05	27-mar	10-abr	97 - 110	14	1.514	1.663
Leo	07-mar	03-abr	78 - 105	27	1.249	1.586
CH1/05	20-feb	03-abr	60 - 97	43	1.015	1.586
Perseo	20-feb	04-mar	60 - 74	13	1.015	1.210
CH01	29-feb	03-abr	70 - 105	34	1.146	1.586
Sirio	26-feb	20-mar	66 - 90	23	1.101	1.425
Ciro	20-feb	27-mar	60 - 97	36	1.015	1.514
3040	20-mar	03-abr	90 - 105	14	1.425	1.586
Leonardo	26-feb	20-mar	66 - 90	23	1.101	1.425
OT 789	04-mar	27-mar	74 - 97	23	1.210	1.514
TV 01 ¹	07-mar	27-mar	78 - 97	20	1.249	1.514

¹/Variedad de tipo “Rosso di Treviso Precoce”

De acuerdo a la clasificación de precocidad de Pimpini *et al.* (2001), la mayoría de las variedades utilizadas en este ensayo estarían mal clasificadas. Sin embargo, este hecho puede estar explicado por las altas temperaturas registradas en Polpaico durante el ensayo, llegando incluso a los 40 °C (Apéndice I), lo que acelera el crecimiento de todo vegetal. Es por ello, que la clasificación resultaría más adecuada si se realizara en términos de °D y no de días o tiempo cronológico (Arnold, 1959), que están fuertemente condicionados a las temperaturas de cada localidad.

Las características fenológicas de la única variedad del tipo “Rosso di Treviso Precoce” (TV01) que llegó a cosecha en este ensayo se muestran en la última fila del Cuadro 3, donde se puede corroborar la precocidad establecida por la productora de la variedad con la conseguida en Polpaico, de acuerdo a la clasificación de Pimpini *et al.* (2001a).

En el Cuadro 4 se resumen los días de transplante a cosecha, las ventanas de cosecha, y los °D a cosecha de las variedades “Rosso di Chioggia” que llegaron a cosecha durante el segundo ensayo.

Cuadro 4. Ventana de cosecha, acumulación de días-grado (°D) y tiempo cronológico (días) de transplante a cosecha de las variedades “Rosso di Chioggia” que llegaron a cosecha en el 2° ensayo.

Variedad	Inicio de Cosecha	Fin de Cosecha	Trasplante a Cosecha	Ventana	Inicio de Cosecha	Término
				de Cosecha		de Cosecha
				Días	°D	
CH02	20-mar	10-abr	77 - 98	21	1.196	1.434
CH01	13-mar	10-abr	70 - 98	38	1.104	1.434
OT 789	27-mar	10-abr	84 - 98	14	1.285	1.434
Erfano	27-mar	10-abr	84 - 98	14	1.285	1.434
Ciro	07-mar	10-abr	64 - 98	34	1.020	1.434
Leonardo	13-mar	10-abr	70 - 98	38	1.104	1.434

En este segundo ensayo la variedad “Rosso di Chioggia” más precoz resultó ser *Ciro*, mientras que las más tardías fueron *CH01* y *Erfano*. De acuerdo a la clasificación hecha por Pimpini *et al.* (2001a), las variedades tuvieron comportamientos equivalentes a variedades Muy precoces, Precoces y Semiprecoces, con ventanas muy amplias de cosecha. Al igual que en el primer ensayo, nuevamente las altas temperaturas juegan un rol fundamental en el adelantamiento de la cosecha, sin importar la precocidad de la variedad, dadas por temperaturas particularmente altas en el mes de Febrero en torno a los 35°C como máximas y en torno a los 25°C como temperatura media, muy por encima de lo señalado por la Fundación Chile (1990) como óptimo.

Las características fenológicas de las variedades del tipo “Rosso di Treviso Precoce” que llegaron a cosecha se resumen en el Cuadro 5.

Las tres variedades “Rosso di Treviso Precoce” del ensayo 2 presentaron comportamientos muy similares, tanto en tiempo térmico como en los días de transplante a cosecha. El hecho que hayan llegado a cosecha dos variedades que no lo hicieron en el primer ensayo, *Tullio* y *OT 782*, se puede deber a las menores temperaturas de este ensayo, lo que queda reflejado en los 1.434 °D que se acumularon en 98 días en el segundo ensayo frente a los 1.514

acumulados en 97 días durante el primer ensayo. Esto puede estar indicando la sensibilidad de las variedades a las altas temperaturas impidiendo que lleguen a cosecha cuando se dan estas condiciones térmicas.

Cuadro 5. Ventana de cosecha, acumulación de días-grado (°D) y tiempo cronológico (días) de trasplante a cosecha de las variedades “Rosso di Treviso Precoce” que llegaron a cosecha en el 2° ensayo.

Variedad	Inicio de Cosecha	Fin de Cosecha	Trasplante a Cosecha	Ventana	Inicio de Cosecha	Término
				de Cosecha		de Cosecha
				Días	°D	
OT 782	27-mar	10-abr	84 – 98	14	1.285	1.434
TV 01	27-mar	10-abr	84 – 98	14	1.285	1.434
Tullio	03-abr	10-abr	91 – 98	7	1.357	1.434

Finalmente, el resumen de las mediciones de temperatura, °D y días de trasplante a cosecha de las variedades tipo “Rosso di Chioggia” del tercer ensayo se muestran en el Cuadro 6.

Cuadro 6. Ventana de cosecha, acumulación de días-grado (°D) y tiempo cronológico (días) de trasplante a cosecha de las variedades “Rosso di Chioggia” que llegaron a cosecha en el 3er ensayo.

Variedad	Inicio de Cosecha	Fin de Cosecha	Trasplante a Cosecha	Ventana	Inicio de Cosecha	Término
				de Cosecha		de Cosecha
				Días	°D	
Corrado	26-abr	26-abr	100	1	1.324	1.324
CH 01	10-abr	26-abr	84 – 100	16	1.207	1.324
Erfano	26-abr	26-abr	100	1	1.324	1.324
Ciro	29-mar	26-abr	72 – 100	28	1.079	1.324
Leonardo	10-abr	26-abr	84 – 100	16	1.207	1.324

En este tercer ensayo, las variedades tendieron a comportarse de acuerdo a la descripción de precocidad hecha por los proveedores. A excepción de Corrado que está descrita como Semitardía y que se comportó como Semiprecoz de acuerdo a la clasificación de Pimpini *et al.* (2001a), el resto de las variedades respondieron a su precocidad característica, no obstante tener ventanas de cosecha amplias abarcando períodos que permitirían clasificarlas entre el rango de muy precoz y de semiprecoz. Cabe señalar lo acotada de la ventana de cosecha de las variedades Corrado y Erfano, las que pudieron ser cosechadas en una sola recolección, por lo que resultan interesantes de considerar para una variedad que busca ser exportada.

Respecto a las variedades tipo “Rosso di Treviso Precoce”, al igual que en el ensayo 2, fueron las mismas 3 las que llegaron a cosecha ratificando su mejor comportamiento ante condiciones térmicas más templadas. En este ensayo se destaca que las variedades llegaron a cosecha con 1.324 °D como lo muestra el Cuadro 7, a diferencia de los ensayos anteriores donde se acumularon 1.434 y 1.514 °D en el segundo y primer ensayo respectivamente, en un período cronológico que aparentemente sería más corto.

Cuadro 7. Ventana de cosecha, acumulación de días-grado (°D) y tiempo cronológico (días) de trasplante a cosecha de las variedades “Rosso di Treviso Precoce” que llegaron a cosecha en el 3er ensayo.

Variedad	Inicio de Cosecha	Fin de Cosecha	Trasplante a Cosecha	Ventana	Inicio de Cosecha	Término
				de Cosecha		de Cosecha
				Días	°D	
OT 782	10-abr	26-abr	84 -100	16	1.207	1.324
TV 01	19-abr	26-abr	93 – 100	7	1.274	1.324
Tullio	26-abr	26-abr	100	1	1.324	1.324

Rendimientos y componentes de rendimiento

Ensayo 1: Transplante 20 de Diciembre de 2007

Rosso di Chioggia: En el Cuadro 8 se muestran los rendimientos estimados por hectárea para cada variedad a partir de los datos recogidos del ensayo. Para el análisis estadístico se omitieron las variedades en que el rendimiento dio un valor de cero, ya sea porque no cumplían con el color para exportación o porque simplemente no llegaron a cosecha. Además, el Cuadro 8 muestra el comportamiento de cada uno de los componentes del rendimiento, los que se analizaron en forma independiente. Este último análisis se realizó con el propósito de sentar las bases del comportamiento de las distintas variedades en Polpaico, de tal forma de poder entregar mayores herramientas para el mejorador que quiera trabajar sobre ellas y entender mejor la forma en que se generó el rendimiento. El orden de las variedades se estableció de acuerdo al rendimiento obtenido, de menor a mayor.

Los resultados muestran que las mejores variedades en cuanto a rendimiento fueron OT789, Leonardo, 3040, Ciro, Sirio, CH01, Perseo, CH1/05 y Leo las que fueron significativamente iguales. Debido a que la variedad Leonardo es la más cultivada en Chile y ya que se encuentra en el grupo de las mejores, es importante hacer notar que es la única variedad híbrida de este ensayo. Las otras 8 variedades del grupo superior son todas de polinización abierta y por lo tanto de menor costo por semillas. Cabe señalar que si bien Leo es significativamente equivalente al grupo superior, también resultó estadísticamente

idéntica a todas las variedades, con un rendimiento de 13,53 t ha⁻¹. Por lo tanto, Leo podría ser una variedad que debe ser mejor estudiada para tomar decisiones sobre su conveniencia para ser cultivada y exportada.

El porcentaje de plantas cosechadas podría explicar en parte el comportamiento de los rendimientos. El patrón es muy similar, teniendo los más altos porcentajes de plantas cosechadas en la parte baja del Cuadro 8. CH1/05, Perseo, Sirio, Ciro, Leonardo y OT789 fueron significativamente superiores a las variedades CH4/04, Corrado, OT 790, CH02, CH4/05 y Leo que alcanzaron un máximo de plantas cosechadas de un 54%, lo que es considerado extremadamente bajo (Bertolini, 2001). Las variedades CH01 y 3040 si bien son significativamente equivalentes a las variedades de más alto porcentaje de plantas cosechadas, no logran alcanzar el 80% considerado como el óptimo por Bertolini (2001). Sin embargo, en distintos ensayos citados por Rangarajan e Ingall (2001) los porcentajes de radicchios que llegan a cosecha varían entre 4 y 70% en diversos ensayos, señalando además que algunos productores en Nueva York logran alcanzar un 80%. Con estos antecedentes se puede afirmar que las variedades aquí destacadas tuvieron un desempeño excepcional, teniendo un muy buen potencial para hacer selección a partir de ellas.

Cuadro 8. Rendimientos de las variedades “Rosso di Chioggia” que llegaron a cosecha en el 1er ensayo y sus componentes.

Variedad	Plantas cosechadas		Color exportable		Peso	Rendimiento		
	%				g·unidad ⁻¹	t·ha ⁻¹		
CH4/04	54,0	ab ¹	32,5	a	389,2	ab	5,05	a
Corrado	39,7	a	86,7	cd	273,1	ab	6,65	ab
OT 790	44,2	ab	46,0	abc	485,2	b	7,13	abc
CH02	49,3	ab	67,2	bcd	340,0	ab	8,88	abc
CH4/05	50,0	ab	43,3	ab	406,8	ab	10,63	abc
Leo	53,3	abc	92,5	d	415,0	b	13,53	abcd
CH1/05	85,8	d	74,4	bcd	269,3	a	14,17	bcd
Perseo	76,4	cd	82,4	cd	298,1	ab	14,69	bcd
CH01	66,3	bcd	92,5	d	305,7	ab	15,20	bcd
Sirio	86,2	d	74,0	bcd	303,8	ab	15,33	bcd
Ciro	88,1	d	76,0	cd	336,0	ab	15,47	bcd
3040	68,9	bcd	80,0	cd	374,7	ab	16,91	cd
Leonardo	80,3	d	92,0	d	338,1	ab	17,05	cd
OT 789	82,0	d	79,4	cd	389,4	ab	22,60	d

¹Letras distintas en la misma columna representan diferencias significativas a un nivel de 5% de significancia.

En este ensayo, el color exportable no permite explicar las diferencias significativas de rendimiento entre variedades, sin embargo, las ubicadas en la parte baja del Cuadro 8 tienen

los valores de radicchios con color de exportación más altos, siendo las variedades Leonardo, CH01 y Leo aquellas con los mayores porcentajes, pero significativamente iguales al resto de las variedades, exceptuando CH4/04, OT 790 y CH4/05. Este parámetro es considerado uno de los más importantes al momento de determinar si un vegetal es comerciable o no lo es (Gazula *et al.*, 2005). Es así, como junto a las mejoras de rendimiento, se han intentado establecer mejoras en el color de las variedades a través del cultivo con cubiertas protectoras de diferentes colores, logrando promisorios resultados con cubiertas de color gris (Rangarajan e Ingall, 2001). Por lo tanto, este parámetro puede ser modificado más allá de las condiciones ambientales que presente el cultivo o de las condiciones varietales.

El peso de las variedades con mayores rendimientos es significativamente equivalente, tanto a las más pesadas (Leo y OT 790) como a la más liviana (CH1/05), por lo que este parámetro no logra explicar las diferencias obtenidas en rendimiento. Los pesos obtenidos se pueden considerar dentro de los rangos establecidos para exportación (Fundación Chile, 1990) y coincidentes con los resultados obtenidos por Žnidarčič *et al.* (2004) en 8 cultivares bajo condiciones térmicas similares a las registradas en Polpaico, donde los pesos fluctuaron entre 282,1 g y 476,4 g entre dichos cultivares. Es importante señalar que la variedad Leo posee un peso significativamente mayor al resto, lo que le permitiría estar en el grupo de las mejores variedades en relación al rendimiento.

Como todos los pesos están dentro de los rangos para exportación, las diferencias encontradas implicarán considerar el número de cabezas por caja como variable entre las distintas variedades. Así, la más liviana, CH1/05, deberá ser exportada en cantidad de 12 unidades por caja de 3 kg, mientras que para la más pesada, OT790, se deberán considerar tan solo 6 unidades para la misma caja (Vital Berry Marketing S.A., 2003).

Los rendimientos obtenidos en el ensayo coinciden con lo señalado por Bertolini (2001) quien estima que una cosecha puede llegar a las 15 t·ha⁻¹ e incluso más, valor conseguido por las mejores variedades de este ensayo. Sin embargo, este rendimiento parece ser bajo de acuerdo a los resultados obtenidos por Martínez *et al.* (1995) quienes obtuvieron 26,9 t ha⁻¹ en la localidad de Mendoza, Argentina. Estos resultados pueden estar explicados por las condiciones ambientales, ya que en la localidad de Mendoza las temperaturas durante la etapa de crecimiento fueron entre 20-24°C, temperaturas muy cercanas a las óptimas para el cultivo (15-20°C) (Fundación Chile, 1990; Bais y Ravishankar, 2001). En Polpaico las temperaturas medias fueron bastante similares a las registradas en Mendoza, sin embargo la oscilación térmica en Polpaico fue mayor, alcanzando temperaturas máximas cercanas a los 40°C (Apéndice I) lo que podría estar explicando la diferencia de rendimientos, ya que con estas temperaturas la función fotosintética se inhibe, disminuyendo la asimilación de CO₂ y aumentando la respiración (Taiz and Zeiger, 2002).

Rosso di Treviso Precoce: Debido a las condiciones de altas temperaturas de Polpaico, solamente una variedad logró llegar a cosecha, la TV01. Las principales características se

muestran en el Cuadro 9.

Cuadro 9. Rendimiento de la variedad “Rosso di Treviso Precoce” que llegó a cosecha en el 1er ensayo y su componente.

Variedad	Plantas cosechadas	Color exportable	Peso	Rendimiento	Largo
		%	g·unidad ⁻¹	t·ha ⁻¹	cm
TV01	45,5	82,5	347	8,98	20,1

Al considerar el peso, los valores obtenidos se pueden considerar como buenos (Cuadro 9), considerando que el peso mínimo obtenido fue de 150 g y no se sobrepasó los 500 g, ni el largo que debe estar entre 15-25 cm (Consorzio del Radicchio di Treviso, 2006).

El color de los radicchios es el principal factor responsable del bajo número de variedades que llegaron a cosecha (datos no mostrados). Este comportamiento estaría explicado por las altas temperaturas registradas durante el cultivo, estrés térmico que provoca la degradación de los pigmentos antocianos y su consecuente pérdida de color (Dela *et al.*, 2003; Gazula *et al.*, 2005). Por lo explicado, la variedad TV01 representa la única alternativa posible para los radicchios “Rosso di Treviso Precoce” en transplantes tempranos en la localidad de Polpaico (Cuadro 9).

Ensayo 2: Transplante 03 de Enero de 2008

Rosso di Chioggia: De las 12 variedades transplantadas en este ensayo para el tipo “Rosso di Chioggia”, sólo la mitad llegó a cosecha, siendo las 6 variedades mostradas en el Cuadro 10 las que pudieron ser evaluadas en cuanto a rendimiento y sus respectivos componentes.

Cuadro 10. Rendimientos de las variedades “Rosso di Chioggia” que llegaron a cosecha en el 2º ensayo y sus componentes.

Variedad	Plantas cosechadas	Color exportable ^{ns}	Peso ^{ns}	Rendimiento
	%		g·unidad ⁻¹	t·ha ⁻¹
CH 02	53,9 a ¹	78	376,7	11,61 a
CH 01	65,4 ab	70	399,8	13,91 ab
OT 789	67,3 ab	80	421,8	17,60 ab
Erfano	62,5 ab	74	520,1	18,87 ab
Ciro	87,7 b	74	396,4	20,62 ab
Leonardo	79,2 ab	88	409,3	23,58 b

¹Letras distintas en la misma columna representan diferencias significativas a un nivel de 5% de significancia.

^{ns}Parámetro no significativo para $p \leq 0,05$.

De acuerdo al Cuadro 10, el único componente del rendimiento que explica las diferencias obtenidas entre las variedades, es el porcentaje de plantas cosechadas, que para CH02 resultó significativamente menor a Ciro. Tanto el peso como el porcentaje de color exportable no mostraron diferencias significativas, pese a que en el componente peso es posible observar a Erfano con un valor de 520,1 g, que tiene más de 100 g por unidad que la variedad que le sigue (Leonardo).

El porcentaje de plantas cosechadas (Cuadro 10), salvo por la variedad Ciro, está por debajo del 80% señalado como óptimo por Bertolini (2001) y Maynard (1989). Sin embargo, este valor considerado óptimo es muy difícil de alcanzar, siendo lo más común valores en torno al 50-60%, como los encontrados por Vernon *et al.* (1999) y Maynard (1989).

La variedad CH02 es la única que resultó tener un rendimiento significativamente más bajo que la variedad Leonardo, que obtuvo el mayor rendimiento de todas las variedades (23,58 t ha⁻¹). El rendimiento de Leonardo resultó bastante superior al alcanzado por la misma variedad en el primer ensayo, lo que estaría demostrando una favorable respuesta a las menores temperaturas que registró este ensayo. El resto de las variedades no se diferenciaron significativamente de Leonardo ni de CH02, pese a que en el caso de CH01 el rendimiento fue la mitad que el de Leonardo, posiblemente debido al alto coeficiente de variación que tuvieron las variedades, superior a un 40% en algunos casos (datos no mostrados).

Rosso di Treviso Precoce: En este ensayo se cosecharon 3 variedades. Esto puede estar explicado por la sensibilidad del radicchio a las temperaturas, que en el caso de este ensayo fueron menores a las registradas en el ensayo 1.

El Cuadro 11 muestra que los rendimientos alcanzados fueron bastante altos, muy por encima del máximo tolerado para aquellos producidos en algunos sectores de Italia que se comercializan bajo certificación I.G.P. (Indicazione Geográfica Protetta) la que tolera tan sólo 9 t ha⁻¹ como máximo (Conzorcio del Radicchio di Treviso, 2006).

Cuadro 11. Rendimientos de las variedades “Rosso di Treviso Precoce” que llegaron a cosecha en el 2º ensayo y sus componentes.

Variedad	Plantas	Color	Peso	Rendimiento ^{ns}	Largo ^{ns}
	cosechadas ^{ns}	exportable ^{ns}			
	%		g·unidad ⁻¹	t·ha ⁻¹	cm
OT782	53,2	83	300,3 a ¹	10,38	18,2
TV01	45,3	97	327,8 a	11,55	19,7
Tullio	42,6	85	492,5 b	13,83	23,1

¹Letras distintas en la misma columna representan diferencias significativas a un nivel de 5% de significancia.

^{ns}Parámetro no significativo para $p \leq 0,05$.

La variedad TV01, la única que llegó a cosecha en el primer ensayo, aumentó su rendimiento en casi un 30% (Cuadros 9 y 11), elemento que ayuda a ratificar la conveniencia de las temperaturas más moderadas para el cultivo. Este aumento en el rendimiento también se pudo observar en la variedad Leonardo del tipo “Rosso di Chioggia” (Cuadros 8 y 10).

Si bien es cierto que en el rendimiento no hubo diferencias significativas, sí las hubo para uno de los componentes del rendimiento, el peso (Cuadro 11). La variedad Tullio tuvo el mayor rendimiento, y un peso significativamente más alto que las variedades OT782 y TV01. El resto de los componentes de rendimiento no mostraron diferencias significativas. Es necesario destacar el alto porcentaje de color alcanzado por las tres variedades, parámetro muy importante para evaluar la calidad de un radicchio, sin embargo, los porcentajes de plantas cosechadas fueron contrariamente muy bajos. Los bajos porcentajes de radicchios que llegan a cosecha son un problema considerado en el trabajo de Vernon *et al.* (1999), quienes estimaron como valor alto de formación de cabeza sólo un 56%, alcanzado por uno de los 11 cultivares que estudiaron.

El largo de los radicchios no mostraron diferencias significativas (Cuadro 11) y poseen valores dentro de los rangos óptimos para el producto (Conzorcio del Radicchio di Treviso, 2006).

Ensayo 3: Transplante 17 de Enero de 2008.

Rosso di Chioggia: A diferencia de lo ocurrido en los dos ensayos anteriores, el rendimiento de Leonardo es el único significativamente superior al resto de las variedades, como lo muestra el Cuadro 12. Cabe señalar que las variedades CH01, Erfano, Ciro y Leonardo aumentaron su rendimiento respecto de los ensayos anteriores, dando claras muestras que esta hortaliza se adapta de mejor forma a condiciones térmicas más templadas que en aquellas condiciones de altas temperaturas, ya que en los meses de Marzo y Abril (Apéndice 2) las temperaturas coincidieron plenamente con el óptimo señalado por la Fundación Chile (1990).

Dentro de los componentes del rendimiento que podrían explicar las diferencias existentes en el rendimiento (Cuadro 12), claramente el porcentaje de plantas cosechadas parece ser el que mejor lo explica, donde Leonardo es significativamente distinta a todas las variedades, salvo Ciro. De las cabezas cosechadas de Leonardo el 88,3% posee muy buen color, considerando el óptimo de 80% establecido por Bertolini (2001) y las dificultades para llegar a ese valor señaladas por Vernon *et al.* (1999), que fueron discutidas en los resultados del segundo ensayo.

Cuadro 12. Rendimientos de las variedades “Rosso di Chioggia” que llegaron a cosecha en el 3er ensayo y sus componentes.

Variedad	Plantas cosechadas	Color exportable ^{ns}	Peso	Rendimiento
	%		g·unidad ⁻¹	t·ha ⁻¹
Corrado	35,8 a ¹	85,0	326,8 a	8,04 a
CH 01	52,2 ab	95,0	399,4 b	16,34 a
Erfano	56,4 ab	87,5	477,3 b	20,08 a
Ciro	72,1 bc	72,0	510,3 b	20,87 a
Leonardo	88,3 c	96,0	497,6 b	34,56 b

¹Letras distintas en la misma columna representan diferencias significativas a un nivel de 5% de significancia.

^{ns}Parámetro no significativo para $p \leq 0,05$.

El porcentaje de plantas cosechadas implica el descarte de todas aquellas plantas que no reúnen las condiciones de un producto de calidad por diversos factores. Dentro de estos factores uno de los más importantes y estudiados (Gianquinto y Pimpini, 1989; Suhonen, 1991; Gianquinto, 1997), es la elongación del tallo floral en forma prematura o comúnmente denominado “bolting”. El “bolting” está determinado por la interacción entre el genotipo, la temperatura de crecimiento, el largo del día (Taiz y Zeiger, 2002) y la edad de la planta al momento del transplante (Pimpini y Gianquinto, 1988). Además si las semillas reciben un tratamiento de frío previamente, las plantas aumentan su sensibilidad al largo del día y por lo tanto se hacen más propensas al “bolting” (Gianquinto y Pimpini, 1989; Gianquinto, 1997) situación que pudo haber ocurrido con el material provisto por distintos productores. Por otra parte, la edad de los plantines resulta trascendental en la sensibilidad a bajas temperaturas (menores a 8° C) que puedan desencadenar el “bolting”. Un plantín viejo tiene 30-35 días, como los usados en estos 3 ensayos, recomendándose el uso de plantines entre 20-25 días (Pimpini y Gianquinto, 1988) que permitiría el efecto anti-vernalizante provocado por las altas temperaturas del día (Taiz y Zeiger, 2002). Por otro lado hay antecedentes que indican que temperaturas sobre 32° C también favorecerían el “bolting” (Žnidarčič *et al.*, 2004), situación que coincide plenamente con las registradas en Polpaico pero que afectaron por igual a todas las variedades (Apéndice I). Los valores obtenidos de porcentaje a cosecha en las distintas variedades mantienen un patrón relativamente constante entre los 3 ensayos, por lo que el largo del día, la temperatura y la edad de las plantas no estarían explicando las diferencias encontradas entre variedades (Cuadro 12), por lo que es posible inferir que las diferencias encontradas se deben a factores genéticos y por ello el parámetro “porcentaje de plantas cosechadas” resulta de vital importancia.

Si se considera además del bajo porcentaje de plantas cosechadas (Cuadro 12), el bajo peso que tuvo la variedad Corrado, se puede comprender a cabalidad el motivo de un rendimiento que no alcanzó siquiera la cuarta parte del alcanzado por la mejor variedad en este ensayo, Leonardo.

En este tercer ensayo, se puede apreciar un aumento de los pesos promedio de las variedades en relación a los 2 ensayos anteriores (Cuadros 8, 10 y 12). Esto se podría explicar por el mayor tiempo que tuvieron las variedades en el campo para acumular materia seca, ya que su tiempo térmico se completó en forma más lenta, es decir, los días-grados que requirieron para llegar a cosecha se completaron en un mayor número de días (Cuadros 3, 4 y 6), tendencias que también registró Suhonen (1991). Sin embargo, estos resultados se contraponen con lo expresado por Ikeda *et al.* (1988) quienes encontraron que las lechugas disminuían su crecimiento y por lo tanto su peso en la medida que se acortaba su fotoperíodo, pero creciendo a temperaturas óptimas.

Rosso di Treviso Precoce: En el Cuadro 13 se muestran los rendimientos de las 3 variedades que llegaron a cosecha de las 5 evaluadas, con valores muy similares a los obtenidos en el segundo ensayo. Nuevamente queda de manifiesto la sensibilidad de las variedades tipo “Rosso di Treviso Precoce” a las altas temperaturas, explicando de este modo el motivo de haber rendido menos durante el primer ensayo.

Cuadro 13. Rendimiento de las variedades “Rosso di Treviso Precoce” que llegaron a cosecha en el 3er ensayo y sus componentes.

Variedad	Pantas cosechadas	Color exportable	Peso	Rendimiento	Largo
	%		g·unidad ⁻¹	t·ha ⁻¹	cm
OT 782	42,2	93,3	319,3	10,19	17,8
TV 01	53,3	90,0	329,6	12,48	18,9
Tullio	36,8	95,0	403,8	12,95	21,0

1/No se presentaron diferencias significativa en lo parámetros señalados para $p \leq 0,05$.

Entre las 3 variedades no hubo diferencias significativas en el rendimiento, como así tampoco en sus componentes.

Respecto a los ensayos anteriores, la variedad TV01 mejoró su color exportable en casi 10 puntos porcentuales respecto al primer ensayo (Cuadros 9 y 13). Las variedades OT 782 y Tullio también lo hicieron en la misma magnitud respecto al segundo ensayo (Cuadros 11 y 13). Este cambio se debe a que la acumulación de antocianos, pigmentos íntimamente ligados a la coloración roja de los radicchios (Innocenti *et al.*, 2005; Lavelli *et al.*, 2009), es muy sensible a las altas temperaturas (Gazula *et al.*, 2005; 2007) como las registradas durante el primer ensayo. El radicchio, al ser considerada una hortaliza de exportación, requiere muy buenas condiciones de almacenamiento y por lo tanto, buenas cualidades de post-cosecha. Se ha demostrado que el más mínimo nivel de estrés en el campo afecta sus propiedades antioxidantes durante el almacenaje de post-cosecha (Lavelli *et al.*, 2009).

Finalmente, es necesario señalar que el color como parámetro de calidad para el radicchio no solamente involucra la apreciación sensorial por parte del consumidor y las ventajas a la

salud asociadas a la presencia de antocianos, sino que también el color está siendo la base para el desarrollo de tecnologías que permitan cosechas mecanizadas en este cultivo (Milella *et al.*, 2006) lo que contribuye a seguir focalizando los intentos de conseguir variedades cada vez más homogéneas con el color característico del producto.

Al igual que en el segundo ensayo (Cuadros 11 y 13), el largo de los radicchios no presentó diferencias significativas y poseen valores dentro de los rangos óptimos para el producto (Conzorcio del Radicchio di Treviso, 2006).

Durante los tres ensayos llevados a cabo en la localidad de Polpaico se pudieron obtener importantes conclusiones. Se pudo comprobar la sensibilidad del producto, tanto para su tipo “Rosso di Chioggia” como para el tipo “Rosso di Treviso Precoce” a las altas temperaturas, como quedó de manifiesto con parámetros como rendimiento, color exportable y plantas cosechadas, tendiendo a ser más favorables las condiciones térmicas para efectuar el transplante de mediados del mes de Enero respecto a las del inicio del mismo mes.

Dentro de los parámetros evaluados, el color juega un rol fundamental en la calidad del radicchio, ya sea por la percepción sensorial como por la calidad de poscosecha del producto. Además, este parámetro responde positivamente a las temperaturas más templadas registradas hacia el final del estudio (Apéndice I), siendo los valores más altos de color exportable, los registrados en el tercer ensayo (Cuadro 13).

Las plantas cosechadas no permiten concluir si las temperaturas juegan un rol importante en el rendimiento, ya que para una misma variedad se observó relaciones positivas ante la disminución de las temperaturas como ocurrió con Leonardo y TV01, sin embargo también se observó relaciones negativas en el caso de Corrado, CH01, Erfano, Ciro, OT782 y Tullio. Este parámetro resulta complejo de evaluar ya que no responde únicamente a un factor, sino que su resultado puede estar compuesto por elementos como plagas y enfermedades, “bolting”, manejos agronómicos, etc. Se sugiere continuar las investigaciones sobre estos factores de tal manera de poder caracterizar aún mejor las variedades aquí estudiadas.

En los parámetros estudiados no siempre fue posible encontrar diferencias significativas entre las variedades pese a que las magnitudes obtenidas fueron muy distintas, como en los casos de peso y color exportable para el tipo “Rosso di Chioggia” en el ensayo 2, color exportable en el ensayo 3 y plantas cosechadas y peso para el tipo “Rosso di Treviso Precoce” en el ensayo 3. Esto se debe al alto coeficiente de variación de cada variedad que en algunos casos fue sobre el 50% (valores no mostrados), por lo que se sugiere que en futuros estudios el número de repeticiones debe ser mayor a las 5 utilizadas en este estudio.

Otros parámetros que fueron medidos en los 3 ensayos fueron la altura y el diámetro ecuatorial de las variedades tipo “Rosso di Chioggia”, a partir de los cuales se construyó la relación altura/diámetro (A/D) con la finalidad de considerar el nivel de redondez del

radicchio. Esta relación se muestra en el Apéndice II, donde se encontró diferencias significativas en los 3 ensayos. Sin embargo, pese a las diferencias, los radicchios presentan una apariencia visual totalmente aceptable para los fines de exportación, como se muestran en la Figura 4. Por lo tanto, la relación A/D se descartó como parámetro discriminador de buenas y malas variedades para estos ensayos, aceptando la forma redondeada de todas las variedades.

Al finalizar este estudio no queda más que confirmar lo expresado por George (1989) quién señala la necesidad de hacer ensayos de variedades en la localidad en la que va a realizarse la producción comercial, ya que el comportamiento de cada una de ellas dependerá de las condiciones ambientales. Por el mismo motivo, también señala la necesidad de repetir estos ensayos durante 3 años seguidos para considerar el factor estacional de la localidad. Gracias al presente estudio fue posible encontrar variedades de muy buen comportamiento para cada uno de los ensayos, variedades de polinización abierta que no son las comúnmente cultivadas por los productores.

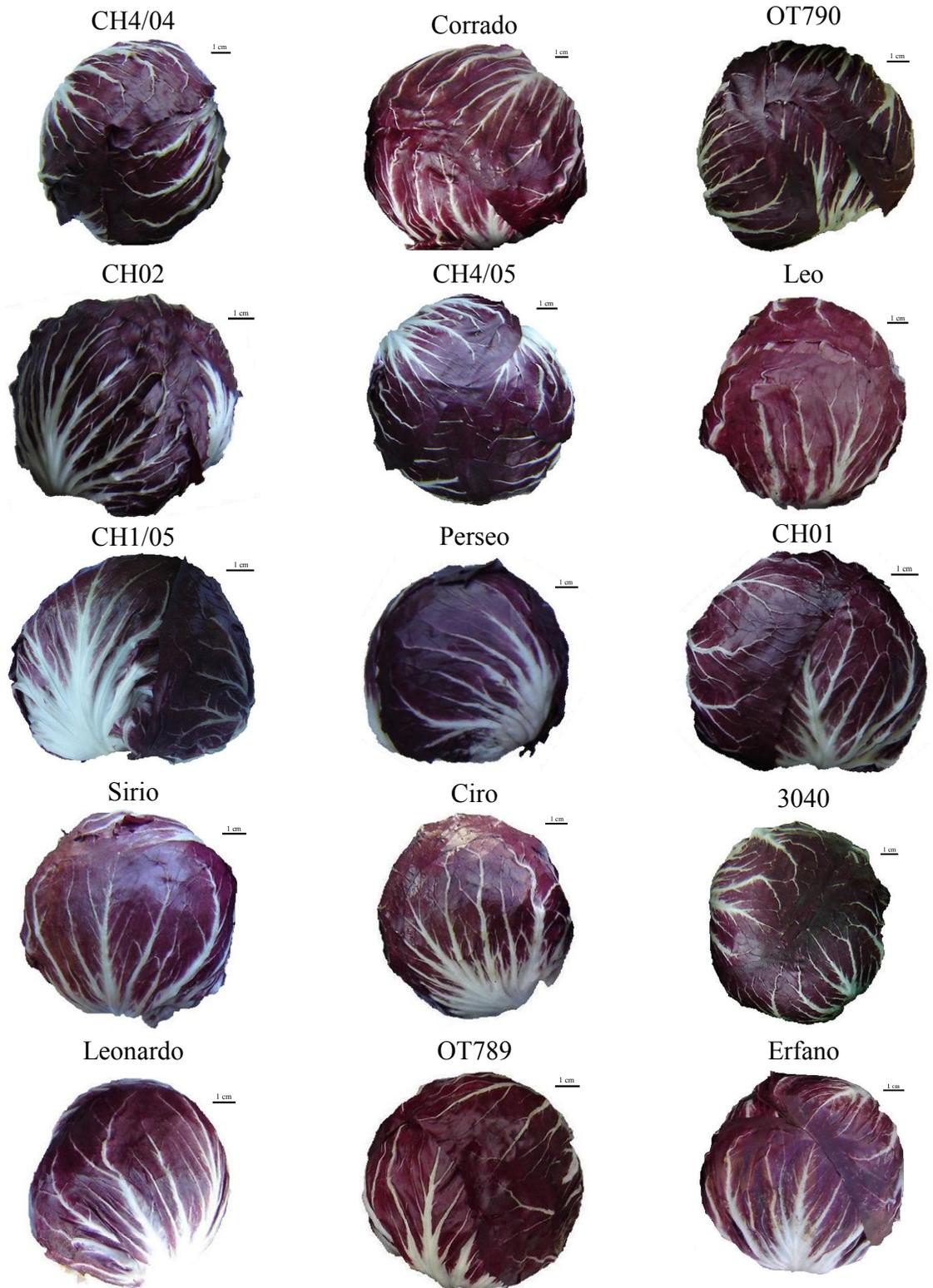


Figura 4. Forma y aspecto visual de las variedades “Rosso di Chioggia”.

CONCLUSIONES

Una vez finalizada esta investigación, se ha podido concluir:

Para un trasplante efectuado el día 20 de diciembre en la localidad de Polpaico, se puede recomendar usar la variedad híbrida Leonardo, como las variedades de polinización abierta OT789, 3049, Ciro, Sirio, CH01, Perseo, CH1/05 y Leo, todas ellas del tipo “Rosso di Chioggia”, como así también la variedad de polinización abierta TV01 del tipo “Rosso di Treviso Precoce”.

Para un trasplante efectuado el día 03 de enero en Polpaico, se puede recomendar usar las variedades híbridas Leonardo y Erfano, como así también las de polinización abierta Ciro, OT789 y CH01, todas ellas del tipo “Rosso de Chioggia”, como así también las variedades de polinización abierta OT782, TV01 y Tullio del tipo “Rosso di Treviso Precoce”.

Para un trasplante efectuado el día 17 de enero en Polpaico, se puede recomendar sólo la variedad híbrida Leonardo del tipo “Rosso di Chioggia”. Del tipo “Rosso di Treviso Precoce” se pueden recomendar las variedades de polinización abierta OT782, TV01 y Tullio.

El cultivo responde positivamente a condiciones térmicas más moderadas como las del tercer ensayo, presentando mayores dificultades ante condiciones térmicas extremas. Pese a ello, las condiciones de altas temperaturas también permiten el desarrollo del cultivo, debiendo extremar las precauciones respecto a la elección de la variedad.

El tipo “Rosso di Treviso Precoce” es más sensible a las altas temperaturas que el tipo “Rosso di Chioggia”, la primera manifestando problemas de falta de color típico de la especie y la segunda, problemas de elongación temprana del tallo floral.

Para poder llevar a buen término el cultivo de radicchio bajo las condiciones de Polpaico, se debe tener en cuenta la correcta elección de la variedad de tal forma de disminuir los efectos negativos de las altas temperaturas.

El color es un muy buen parámetro para estimar momento de cosecha, ya que es estable y el primer aspecto que el consumidor considera para aceptar o rechazar el producto.

El porcentaje a cosecha es un parámetro que permite hacer muy buenas estimaciones respecto al desempeño de una variedad en el campo, ya que presenta tendencias similares al rendimiento y es fuertemente dependiente del genotipo, ya que de él dependerá la susceptibilidad a la elongación temprana del tallo floral, al ataque de enfermedades y al necrosamiento del margen de las hojas.

Las variedades de polinización abierta pueden comportarse tan bien o incluso mejor que una híbrida, siempre que el genotipo esté estudiado y escogido para las condiciones particulares de cada sector. Esto permite bajar los costos del cultivo y por lo tanto, hacerlo más rentable.

BIBLIOGRAFÍA

Aljaro, A. 2008. Una mirada hacia la empresa hortícola de Chile. INIA Tierra adentro mayo-junio 2008. Disponible en: <http://www.inia.cl/medios/biblioteca/ta/NR34854.pdf> Leído el 19 de agosto de 2009.

Arnold, C. 1959. The determination and significance of base temperature in a linear heat unit system. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci., 74: 430-445.

Bais, H. and GA. Ravishankar. 2001. Review. *Cichorium intybus* L – cultivation, processing, utility, value addition and biotechnology, with an emphasis on current status and future prospects. Journal of the Science of Food and Agriculture 81: 467-484.

Barcaccia, G., M. Lucchin, R. Lazzarin and P. Parrini. 2003a. Relationships among radicchio (*Cichorium intybus* L.) types grown in Veneto and diversity between local varieties and selected lines as assessed by molecular markers. Eucarpia Leafy Vegetables. 2003: 105-110. Disponible en: http://www.leafyvegetables.nl/download/18_105-110_Parrini.pdf Leído el 23 de abril de 2009.

Barcaccia, G., L. Pallottini, M. Soattin, R. Lazzarin, P. Parrini and M. Lucchin. 2003b. Genomic DNA fingerprints as a tool for identifying cultivated types of radicchio (*Cichorium intybus* L.) from Veneto, Italy. Plant Breeding 122: 178-183.

Bejo Andes Ltda. 2006. Cultivos diversos. Disponible en http://www.bejoandes.cl/w_bejo_cult_div.html Leído el 27 de octubre de 2008.

Bellamy, A., F. Vedel and H. Bannerot. 1996. Varietal identification in *Cichorium intybus* L. and determination of genetic purity of F₁ hybrid seed samples, based on RAPD markers. Plant Breeding 115: 128-132.

Berger, H. 1989. El color en la postcosecha de frutas y hortalizas. pp.79-85. En: Saéñz, C., E. Loyola (Eds.). El color en alimentos. Medidas instrumentales. Publicaciones misceláneas N°31. Santiago, Chile. 96p.

Berlien, E. 2004. Comportamiento adaptativo de ocho cultivares de Radicchio (*Cichorium intybus* L. var. *foliosum*) bajo las condiciones agroclimáticas de Valdivia. Tesis Licenciatura en Agronomía. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias. Valdivia, Chile. Disponible en: <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2004/fab511c/html/index-frames.html> Leído el 24 de mayo de 2009.

Bertolini, P. 2001. Protezione post-raccolta e conservazione. pp.47-56. In: Pimpini, F., G.

Chillemi, R. Lazzarin, P. Bertolini, C. Marchetti. Il Radicchio Rosso di Chioggia, Aspetti tecnici ed economici di produzione e conservazione. Veneto Agricoltura, Padova, Italia. 85p.

Boscolo, M. 2005. L'Orticoltura a Chioggia. Una risorsa da salvaguardare. Think Adv. Padova, Italia. 86p.

Carrasco, G., C. Carmona and C. Sandoval. 1998. Plant density on yield red chicory heads – radicchio rosso – (*Cichorium intybus* L. var. *foliosum* Hegi) grown in south central Chile. *Acta Horticulturae* 467: 269-275.

Casté, A. 1993. El Radicchio: Situación Actual y Perspectivas. *Agroeconómico* 15: 19-23.

Cichan, M. and B. Palser. 1982. Development of normal and seedless achenes in *Cichorium intybus* (Compositae). *American Journal of Botany* 69(6): 885-895.

Comisión Nacional de Riego. 1981. Estudio de suelos del Proyecto Maipo. *Agrolog Chile Ltda.* 802p.

Consorzio del Radicchio di Treviso. 2006. Disciplinare di produzione del “Radicchio Rosso di Treviso”. Disponible en: http://www.radicchioditreviso.it/disciplinare_treviso.asp . Leído el 22 de mayo de 2009.

De Simone, M., M. Morgante, M. Lucchin, P. Parrini and A. Marocco. 1997. A first linkage map of *Cichorium intybus* L. using a on-way pseudo-testcross and PCR-derived markers. *Molecular Breeding* 3: 415-425.

Dela, G., E. Or, R. Ovadia, A. Nissim-Levi, D. Weiss and M. Oren-Shamir. 2003. Changes in anthocyanin concentration and composition in “Jaguar” rose flowers due to transient high-temperature conditions. *Plant Science* 164: 333-340.

Eenink, A. 1981. Compatibility and Incompatibility in Witloof-Chicory (*Cichorium intybus* L.). 2. The Incompatibility System. *Euphytica* 30: 77-85

FIA, Chile. 2003. Perspectivas para las hortalizas frescas chilenas en el mercado de Estados Unidos. Boletín trimestral 6. Disponible en: <http://www.fia.gob.cl/difus/boletin/bhorta/bhabril2003.pdf> Leído el 15 de noviembre de 2007.

Fundación Chile. 1990. Radicchio: Una hortaliza que registra exportaciones crecientes. *Agroeconómico* 7(6): 13-17.

Gazula, A., M. Kleinhenz, J. Streeter and A. Miller. 2005. Temperature and Cultivar Effects on Anthocyanin and Chlorophyll b Concentrations in Three Related Lollo Rosso

Lettuce Cultivars. HortScience 40(6): 1731-1733.

Gazula, A., M. Kleinhenz and J. Scheerens. 2007. Anthocyanin Levels in Nine Lettuce (*Lactuca sativa*) Cultivars: Influence of Planting Date and Relations among Analytic, Instrumented, and Visual Assessments of Color. HortScience 42(2): 232-238

George, R. 1989. Producción de Semillas de Plantas Hortícolas. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, España. 330p.

Gianquinto, G. 1997. Morphological and physiological aspects of phase transition in radicchio (*Cichorium intybus* L. var. *silvestre* Bisch.): influence of daylength and its interaction with low temperature. Scientia Horticulturae 71: 13-26

Gianquinto, G. and F. Pimpini. 1989. The influence of temperature on growth, bolting and yield of chicory cv. Rosso di Chioggia (*Cichorium intybus* L.). Journal of Horticultural Science 64(6): 687-695

Google. 2009. Disponible en: <http://maps.google.com/maps?ll=-33.132752,-70.857518&z=14&t=h&hl=en> Leído el 13 de septiembre de 2009.

Grevsen, K. 1992. Experiments with the cultivation of red leafed chicory – “Radicchio Rosso” – under north european conditions. Acta Horticulturae 318: 125-133.

Hernández, A., M. Cantwell and T. Suslow. 1999. Sensitivity of Radicchio to External Ethylene and Decay Pathogens. Perishables Handling Quarterly 98: 24-25.

Hodges, D. and P. Toivonen. 2008. Review. Quality of fresh-cut fruits and vegetables as affected by exposure to abiotic stress. Postharvest Biology and Technology 48: 155-162.

Ikeda, A., S. Nakayama, Y. Kitaya and K. Yabuki. 1988. Effects of photoperiod, CO₂ concentration, and light intensity on growth and net photosynthetic rates of lettuce and turnip. Acta Horticulturae 229: 273-282

Innocenti, M., S. Gallori, C. Giaccherini, F. Ieri, F. Vincieri and N. Mulinacci. 2005. Evaluation of the Phenolic Content in the Aerial Parts of Different Varieties of *Cichorium intybus* L. Journal of Agricultural and Food Chemistry 53: 6497-6502

Kiær, L., F. Felber, A. Flavell, R. Guadagnuolo, D. Guiatti, T. Hauser, A. Olivieri, I. Scotti, N. Syed, M. Vischi, C. van de Wiel and R. Jørgensen. 2008. Spontaneous gene flow and population structure in wild and cultivated chicory, *Cichorium intybus* L. Genetic Resources and Crop Evolution 56: 405-419.

Kiers, A., T. Mes, R. Van Der Meiden and K. Bachmann. 1999. Morphologically Defined *Cichorium* (Asteraceae) Species Reflect Lineages Based on Chloroplast and Nuclear (ITS)

DNA Data. *Systematic Botany* 24(4): 645-659.

Krurup, C. y I. Moreira. 1998. Hortalizas de estación fría. Biología y diversidad cultural. P. Universidad Católica de Chile, VRA, Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal, Santiago, Chile. Disponible en: http://www.puc.cl/sw_educ/hort0498 Leído el 11 de noviembre de 2007.

Lavelli, V., E. Pagliarini, R. Ambrosoli and B. Zanoni. 2009. Quality of minimally processed red chicory (*Cichorium intybus* L.) evaluated by anthocyanin content, radical scavenging activity, sensory descriptors and microbial indices. *International Journal of Food Science and Technology* 44: 994-1001.

Loyola, N., P. Calquín y R. Norambuena. 2007. Evaluación de parámetros físicos, microbiológicos y sensoriales de radicchios (*Cichorium intybus* L. var. *foliosum*) envasados mediante IV gama. *IDESIA (Chile)* 25(3): 59-73.

Martínez, L., M.F. Filippini and J.B. Cavagnaro. 1995. Influence of sowing dates on growth, bolting and yield of chicory cv. Rosso di Chioggia (*Cichorium intybus* L.). *Advances in Horticultural Science* 9(2): 79-82.

Maynard, D. 1989. Speciality vegetable production in Florida, USA. *Acta Horticulturae* 242: 203-215.

Mencarelli, F. 2004. Radicchio. Disponible en: <http://www.ba.ars.usda.gov/hb66/118radicchio.pdf> Leído el 11 de noviembre de 2007.

Milella, A., G. Reina and M. Foglia. 2006. Computer vision technology for agricultural robotics. *Sensor Review* 26(4): 290-300.

Novoa, R., S. Villaseca, P. Del Canto, J. Rouanet, C. Sierra y A. Del Pozo. 1989. Mapa Agroclimático de Chile. INIA, Santiago, Chile. 221p.

ODEPA, Chile. 2009. Superficie estimada de hortalizas. Disponible en: <http://www.odepa.gob.cl/odepaweb/servlet/contenidos.ServletDetallesScr;jsessionid=B2BD28EF8355D6EBCA8EEB0B668624AF?idcla=12&idn=1754> Leído el 19 de agosto de 2009.

Papetti, A., M. Daglia and G. Gazzani. 2002. Anti - and pro-oxidant activity of water soluble compounds in *Cichorium intybus* var. *silvestre* (Treviso red chicory). *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*. 30: 939-945.

Pimpini, F. and G. Gianquinto. 1988. The influence of climatic conditions and age of plant at trasplanting on bolting and yield of chicory (*Cichorium intybus* L.) cv. Rosso di Chioggia grown for early production. *Acta Horticulturae* 229: 379-386

- Pimpini, F., R. Lazzarin e G. Chillemi. 2001a. Técnica cultural. pp.21-45. *In*: Pimpini, F., G. Chillemi, R. Lazzarin, P. Bertolini, C. Marchetti. Il Radicchio Rosso di Chioggia, Aspecti tecnici ed economici di produzione e conservazione. Veneto Agricoltura, Padova, Italia. 85p.
- Pimpini, F., R. Lazzarin e G. Chillemi. 2001b. Aspecti Generali. pp.15-20. *In*: Pimpini, F., G. Chillemi, R. Lazzarin, P. Bertolini, C. Marchetti. Il Radicchio Rosso di Chioggia, Aspecti tecnici ed economici di produzione e conservazione. Veneto Agricoltura, Padova, Italia. 85p.
- PROCHILE, Chile. 2008. Estadísticas de comercio exterior. Disponible en: <http://www.prochile.cl/servicios/estadisticas/exportaciones.php> Leído el 9 de junio de 2009.
- Rangarajan, A. and B. Ingall. 2001. Mulch color affects radicchio quality and yield. *HortScience* 36(7): 1240-1243.
- Royal Rose, 2008. Royal Rose Radicchio Varieties. Disponible en: <http://www.radicchio.com/Varieties/radicchio-varieties.html> Leído el 08 de julio de 2009.
- Ryder, E. 2002. The New Salad Crop Revolution. Disponible en: <http://www.hort.purdue.edu/newcrop/ncnu02/pdf/ryder.pdf> Leído el 04 de julio de 2008.
- Saézn, C. 1989. Importancia de las medidas de color en alimentos. pp.1-16. *En*: Saézn, C., E. Loyola (Eds.). El color en alimentos. Medidas instrumentales. Publicaciones misceláneas N°31. Santiago, Chile. 96p.
- Sambo, P., G. Gianquinto and F. Pimpini. 2004. Effects of Osmoprimer Treatments on Seed Germination of Two Types of Radicchio (*Cichorium intybus* var. *silvestre*). *Acta Horticulturae* 631: 95-102.
- Sandoval, E. 2006. Perfil de oferta exportable regional / nacional – POEX. Disponible en: http://www.provhile.cl/poex/poex_radicchio_2006.pdf Leído el 19 de agosto de 2009.
- Santibáñez, F. 1990. Atlas agroclimático de Chile. Ed. Universitaria, Santiago, Chile. 65p.
- Solari, P. 1993. Efecto de la época de transplante, densidad y control de malezas, en la producción del radicchio Rosso di Chioggia (*Cichorium intybus* L. V. *foliosum* Bischoff) cv. Cesare. Memoria Título Profesional de Ingeniero Agrónomo. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Santiago, Chile. 71p.
- Suhonen, I. 1991. Growth, bolting and yield quality of “radicchio rosso”. *Scientia Horticulturae* 46: 25-31.

Suslow, T. and M. Cantwell. 2008. Radicchio. Recomendaciones para Mantener la Calidad Postcosecha. Disponible en: <http://postharvest.ucdavis.edu/ProduceFacts/Espanol/Radicchio.shtml> Leído el 04 de junio de 2009.

Taiz, L. and E. Zeiger. 2002. Chapter 25 Stress Physiology. pp. 593-623. *In*: Taiz, L. and E. Zeiger. Plant Physiology, 3rd ed. Sinauer Associates, Inc., Sunderland, EEUU. 690p.

Theiler-Hedtrich, R. and C. Hunter. 1995. Regeneration of dihaploid chicory (*Cichorium intybus* L. var. *foliosum* Hegi) via microspore culture. Plant Breeding 114: 18-23

Van Stallen, N., V. Noten, V. Neefs and M. de Proft. 2001. The phylogenetic relationship between different *Cichorium intybus* cultivars and cultivar groups, as revealed by RAPDs. Plant Breeding 120: 425-428.

Varnon, R., D. Coffey and J. Summerlin. 1999. Evaluation of Radicchio, Plant Science Farm, Knoxville Experiment Station. Disponible en: http://bioengr.ag.utk.edu/Extension/ExtProg/Vegetable/year/VegInitReport00/33evaluation_of_radicchio.htm Leído el 28 de mayo de 2009.

Varotto, S., L. Pizzoli, M. Lucchin and P. Parrini. 1995. The incompatibility system in Italian red chicory (*Cichorium intybus* L.). Plant Breeding 114(6): 535-538.

Vital Berry Marketing S.A. 2003. Products, Radicchio. Disponible en: <http://www.vitalberry.cl/others/radicchio.php> . Leído el 24 de abril de 2009.

Xodo, E. 1998. Il radicchi rosso del Veneto. Serie Orticoltura. Centro Científico Didattico Ente di Sviluppo Agricolo. Italia. 12p.

Žnidarčič, D., J. Osvald and S. Trdan. 2004. Plant characteristics for distinction of red chicory (*Cichorium intybus* L. var. *silvestre* Bisch.) cultivars grown in central Slovenia. Acta agriculturae slovenica 83(2): 251-260

ANEXO I
Características físicas y químicas de los suelos del estudio

Fundo San Manuel

		Horizontes					
		A1	B1	B21	B22	B3	C
Profundidad cm		0-15	15-28	28-42	42-70	70-100	100-120
Densidad Aparente g/cc			1,7	1,6	1,5	1,5	1,5
Humedad retenida 15 atm		14	12	13	14	13	23
Humedad aprovechable %		7	7	11	9	9	8
Materia Orgánica %		3,1	1,0	0,7	0,3	0,3	0,2
pH (1:1) agua		7,4	8,2	8,3	8,1	8,3	8,4
C.E. mmhos/cm a 25° C		0,4	0,2	0,2	0,4	0,5	0,7
CaCO ₃ %		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,6
CIC		34,5	33,1	30,0	37,4	34,3	30,6
Saturación Básica %		94	91	97	97	99	
Cationes de intercambio	Ca me/100g	23,3	21,7	21,3	26,3	24,2	
	Mg me/100g	7,2	7,1	6,8	8,6	8,6	
	K me/100g	1,2	0,7	0,3	0,3	0,3	0,2
	Na me/100g	0,6	0,7	0,8	1,0	1,0	1,2
	Suma me/100g	32,3	30,2	29,2	36,2	34,1	

Comisión Nacional de Riego, 1981

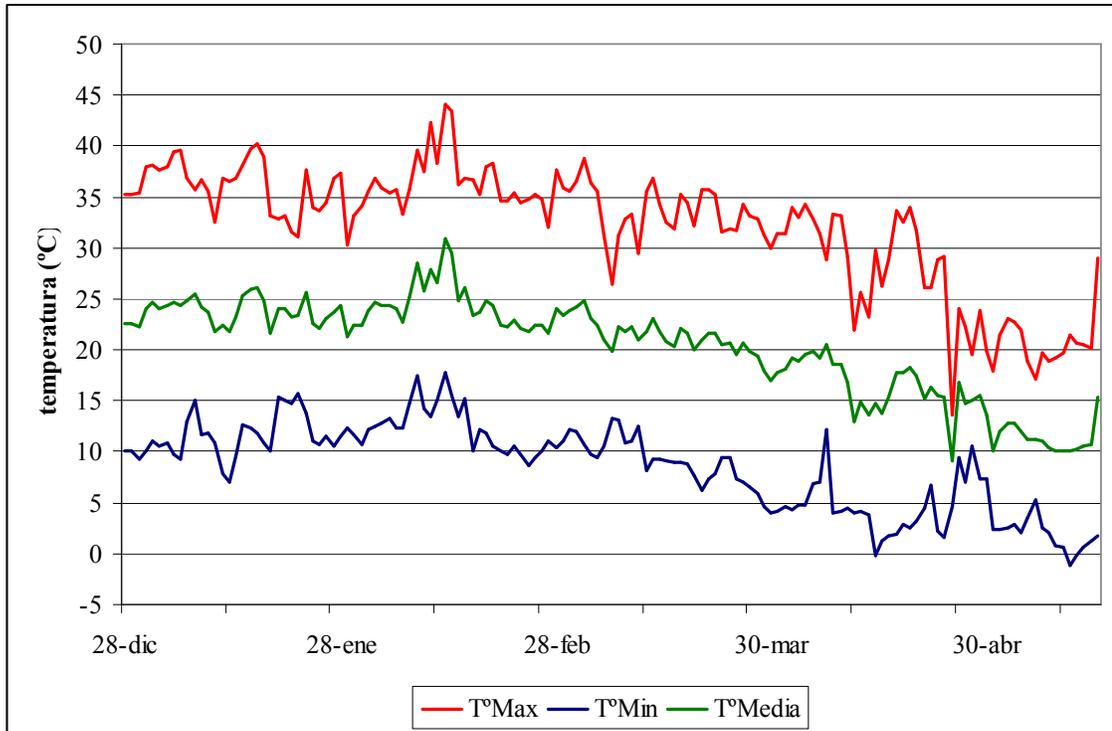
Parcela N°5

		Horizontes					
		Ap	B11	B12	B21	B22	C
Profundidad cm		0-17	17-30	30-51	51-87	87-120	+ 120
Densidad Aparente g/cc		1,6	1,5	1,3	1,3	1,3	1,5
Humedad retenida 15 atm		22	20	19	20	18	20
Humedad aprovechable %		11	12	20	19	18	18
Materia Orgánica %		3,3	1,4	0,9	0,7	0,7	0,7
pH (1:1) agua		8,0	7,7	7,7	7,8	8,1	7,9
C.E. mmhos/cm a 25° C		0,6	0,6	0,7	0,8	0,8	1,4
CaCO ₃ %		0,7	0,2	0,3	0,5	1,3	1,3
CIC		41,0	45,0	46,8	42,9	42,2	43,1
Saturación Básica %							
Cationes de intercambio	Ca me/100g						
	Mg me/100g						
	K me/100g	2,1	1,0	0,5	0,5	0,4	0,4
	Na me/100g	0,9	1,2	1,5	2,1	1,8	1,4
	Suma me/100g						

Comisión Nacional de Riego, 1981

APÉNDICE I

Temperaturas durante el estudio



APÉNDICE II
Relación altura/diámetro para las variedades “Rosso di Chioggia” en los 3 ensayos

Ensayo 1		Ensayo 2		Ensayo 3	
Variedad	Relación A/D	Variedad	Relación A/D	Variedad	Relación A/D ^{ns}
CH4/04	0,97 a ¹	CH 02	1,04 a	Corrado	0,99
Corrado	1,05 ab	CH 01	1,10 ab	CH 01	1,00
OT 790	1,11 ab	OT 789	1,14 ab	Erfano	1,02
CH02	1,04 ab	Erfano	1,21 b	Ciro	1,01
CH4/05	0,96 a	Ciro	1,09 ab	Leonardo	0,95
Leo	1,07 ab	Leonardo	1,07 a		
CH1/05	1,03 ab				
Perseo	1,00 a				
CH01	0,97 a				
Sirio	1,02 ab				
Ciro	1,13 b				
3040	1,04 ab				
Leonardo	1,02 ab				
OT 789	1,08 ab				

¹Letras distintas en la misma columna representan diferencias significativas a un nivel de 5% de significancia.

^{ns}Parámetro no significativo para $p \leq 0,05$.