

**UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
ESCUELA DE AGRONOMIA**

**Evaluación agronómica de once cultivares de  
*Spinacia oleracea* L. para cultivo industrial en la zona de  
Valdivia.**

Tesis presentada como parte de  
los requisitos para optar al grado  
de Licenciado en Agronomía

**ALBERTO JOSE VASQUEZ NAVARRETE  
VALDIVIA – CHILE  
2006**

**PROFESOR PATROCINANTE:**

Sr. Aage Krarup H. (Q.E.P.D)  
Ing. Agr., M. Sc., Ph. D.

---

**PROFESOR COPATROCINANTE:**

Peter Seemann F.  
Ing. Agr., Dr. rer. hort.

---

**PROFESORES INFORMANTES:**

Roberto Carrillo LI.  
Ing. Agr., M. Sc., Ph. D.

---

Luigi Ciampi P.  
Ing. Agr., M. Sc., Ph. D.

---

**INSTITUTO DE PRODUCCIÓN Y SANIDAD VEGETAL.**

## INDICE DE MATERIAS

Capítulo		Página
1	<b>INTRODUCCION</b>	1
2	<b>REVISION BIBLIOGRAFICA</b>	3
2.1	Dinámica del cultivo de <i>Spinacia oleracea</i> L. en Chile	3
2.1.1	Centro de origen y dispersión	4
2.1.2	Descripción botánica y taxonómica	4
2.1.3	Cultivares	6
2.2	Requerimientos del cultivo	7
2.2.1	Clima	8
2.2.1.1	Temperaturas	8
2.2.1.2	Humedad	10
2.2.1.3	Fotoperíodo	10
2.2.2	Suelo	12
2.2.2.1	Acidez del suelo	12
2.2.2.2	Nivel de pH requerido en espinaca	13
2.2.2.3	Adición de cal	13
2.2.3	Nutrientes	15
2.2.4	Efecto de la acidez en la disponibilidad de nutrientes	16
2.2.4.1	Efecto del pH sobre la disponibilidad de fósforo	18
2.2.4.2	Efecto del pH sobre la disponibilidad de nitrógeno	18
2.2.4.3	Efecto del pH sobre la disponibilidad de micronutrientes	18
2.2.4.4	Efecto del pH sobre la disponibilidad de K, Mg, Ca	19
2.2.5	Fertilización	19
2.3	Densidad de siembra	20
2.4	Rendimiento	20
2.5	Requerimientos de calidad para el producto congelado	21
2.6	Malezas	22

2.7	Plagas.	22
2.8	Enfermedades	23
2.8.1	Mildiú de la espinaca	23
2.8.2	Cercosporosis	23
2.8.3	Caída de plántulas	23
2.8.4	Enfermedades producidas por virus	24
3	<b>MATERIAL Y METODO</b>	26
3.1	Antecedentes generales	26
3.1.1	Localización del ensayo	26
3.1.2	Antecedentes climáticos	26
3.1.3	Condiciones edáficas	27
3.2	Material vegetal	27
3.3	Labores previas al ensayo	28
3.4	Fertilización y enmienda	30
3.5	Siembra	30
3.6	Riego	30
3.7	Aplicación de productos fitosanitarios	31
3.7.1	Control de malezas	31
3.7.2	Control de plagas y enfermedades	31
3.8	Cosecha	32
3.9	VARIABLES A EVALUAR	32
3.9.1	Altura y ancho de planta	33
3.9.2	Forma de la hoja	33
3.9.3	Color de la hoja	33
3.9.4	Número de hojas	33
3.9.5	Peso total planta	33
3.9.6	Tamaño de lámina	33
3.9.7	Largo del pecíolo	34
3.9.8	Peso de láminas y pecíolo	34
3.9.9	Rendimiento en peso de hojas	34

3.9.10	Emisión de tallo floral, cálculo de grados día	34
3.10	Diseño experimental	34
3.11	Análisis estadístico.	35
4	<b>PRESENTACION Y DISCUSION DE RESULTADOS</b>	37
4.1	Determinación de longitud de lámina	37
4.2	Longitud de pecíolo	39
4.3	Relación longitud de lámina por longitud de pecíolo	41
4.4	Ancho de lámina	43
4.5	Peso de hoja	46
4.6	Peso de pecíolo	48
4.7	Peso de lámina	51
4.8	Número de hojas por planta	53
4.9	Altura de plantas	55
4.10	Ancho de plantas	57
4.11	Peso total de hojas (Rendimiento industrial)	59
4.12	Días-grado acumulados desde siembra a cosecha	61
4.13	Descripción morfológica de cultivares	63
5	<b>CONCLUSIONES</b>	64
6	<b>RESUMEN</b>	65
	<b>SUMMARY</b>	66
7	<b>BIBLIOGRAFIA</b>	67
	<b>ANEXOS</b>	76

**INDICE DE CUADROS**

Cuadro		Página
1	Condiciones climáticas óptimas y críticas para espinaca	8
2	Efecto de la temperatura del suelo en la germinación y tiempo de emergencia en semillas de espinaca	9
3	Rendimiento, absorción y eficiencia de recuperación en tres cultivares de espinaca frente a distintas dosis de nitrógeno	16
4	Características climáticas del período comprendido entre enero y marzo, promedio de 42 años	27
5	Principales características de los cultivares utilizados	28
6	Resultado del análisis químico del suelo donde se realizó el ensayo	29
7	Fertilización y momento de aplicación de nutrientes	30
8	Longitud promedio de lámina (cm.), en once cultivares de <i>Spinacia oleracea</i> L.	37
9	Longitud promedio de peciolo (cm.), en once cultivares de <i>Spinacia oleracea</i> L.	39
10	Relación promedio de largo de lámina / largo de peciolo en once cultivares de <i>Spinacia oleracea</i> L.	41
11	Ancho promedio de lámina (cm) en once cultivares de <i>Spinacia oleracea</i> L.	44
12	Peso promedio de hoja (g) en once cultivares de <i>Spinacia oleracea</i> L.	46
13	Peso promedio de peciolo (g), en once cultivares de <i>Spinacia oleracea</i> L.	49
14	Peso promedio de lámina (g) en once cultivares de <i>Spinacia oleracea</i> L.	51
15	Número promedio de hojas en once cultivares de <i>Spinacia oleracea</i> L.	54

16	Altura promedio de plantas (cm), en once cultivares de <i>Spinacia oleracea</i> L.	55
17	Ancho promedio de plantas (cm) en once cultivares de <i>Spinacia oleracea</i> L.	57
18	Peso total de hojas (ton/ha) en once cultivares de <i>Spinacia oleracea</i> L.	59
19	Grados días acumulados desde siembra a cosecha y fotoperíodo observado al momento de insinuación de emisión de tallo floral de once cultivares de <i>S.oleracea</i> .	61
20	Principales características observadas en los cultivares de espinaca.	63

**INDICE DE FIGURAS**

Figura		Página
1	Disposición de las parcelas y subparcelas experimentales para los cultivares de <i>S. oleracea</i> L.	35
2	Longitud promedio de lámina (cm.), en once cultivares de <i>S.oleracea</i> .	38
3	Longitud promedio de pecíolos (cm), en once cultivares de <i>S.oleracea</i>	40
4	Relación entre largo de lámina y largo de pecíolo, en once cultivares de <i>S.oleracea</i> .	43
5	Ancho de lámina promedio en once cultivares de <i>S.oleracea</i> .	45
6	Peso promedio de hoja en once cultivares de <i>S.oleracea</i>	47
7	Peso promedio de pecíolo en once cultivares de <i>S.oleracea</i> .	50
8	Diferencia de peso de lámina (g) observada dentro de cultivares en subparcelas con cal y sin cal	52
9	Altura total de plantas, en once cultivares de <i>S.oleracea</i>	56
10	Ancho promedio de plantas, en once cultivares de <i>S.oleracea</i>	58
11	Peso total de hojas en once cultivares de <i>S.oleracea</i>	60



**INDICE DE ANEXOS**

Anexo		Página
1	Forma de limbo, excluyendo lóbulos basales	77
2	Característica de pecíolo	77
3	Característica de lámina	78
4	Intensidad de color verde en el limbo	78
5	Método de análisis de suelo recomendado.	79
6	Temperaturas registradas en el periodo de ensayo.	80
6	Temperaturas registradas en el periodo de ensayo (Continuación).	81
7	Análisis de varianza para longitud de lámina.	82
8	Análisis de varianza para longitud de pecíolo	82
9	Análisis de varianza para la relación entre longitud de lámina y longitud de pecíolo.	83
10	Análisis de varianza para ancho de lámina	83
11	Análisis de varianza para peso de hoja.	84
12	Análisis de varianza para peso de pecíolo	84
13	Análisis de varianza para peso de lámina	85
14	Análisis de varianza para número de hojas.	85
15	Análisis de varianza para altura de plantas	86
16	Análisis de varianza para ancho de plantas	86
17	Análisis de varianza para peso total de hojas (Rendimiento industrial).	87

Anexo		Página
18	Gráfico de temperaturas, máxima, mínima y media registradas durante el período experimental.	89
19	Fotoperíodo (horas y décimas) a las latitudes 20, 30, 40 y 50 grados sur, registradas los días 7 y 22 de cada mes, desde una intensidad mínima de una bujía (10,8 lux).	90
20	Fotoperíodo calculado para los 39,79° Latitud sur, durante el período experimental (siembra a emisión de tallo floral).	91

## 1 INTRODUCCION

En la última década Chile ha presentado una tendencia creciente en la producción de hortalizas, como respuesta a la mayor demanda de variados productos hortícolas, sobre todo los de hoja, los que hasta algún tiempo atrás sólo se producían para consumo interno. Con los avances tecnológicos para conservar los productos, el panorama hortícola ha cambiado y es posible exportar una parte importante de las hortalizas a otros mercados.

Históricamente, la espinaca (*Spinacia oleracea* L.) como hortaliza de hoja, ha sido un producto de bajo consumo y restringido a pequeños sectores del país; sin embargo, en los últimos años su cultivo ha ido en aumento, como resultado de un mayor consumo en fresco, a la posibilidad de ampliar y prolongar su consumo a través del deshidratado, y posteriormente, del congelado.

La espinaca como cultivo posee ciertas ventajas, entre las que destacan su rápido desarrollo (logrado a veces en 60 a 90 días), tolerancia a heladas débiles y a la posibilidad de su industrialización, lo cual permite asegurar la comercialización mediante la suscripción de contratos previamente pactados con la agroindustria.

Las perspectivas de crecimiento de la actividad agroexportadora en la zona sur, la cual antiguamente estaba concentrada sólo en la zona central de Chile, hace interesante evaluar distintos cultivares de espinaca como alternativa a agricultura tradicional. Para ello, es necesario previamente contar con información de la respuesta frente a su establecimiento en áreas edafoclimáticas del sur de Chile, respecto a los rendimientos y a la calidad de los productos obtenidos.

La hipótesis planteada en esta investigación indica que genotipos de *S. oleracea*, cultivados en un determinado ambiente se comportan de manera diferente, siendo posible determinar dentro de ellos, el o los cultivares que se adapten mejor a la zona.

Para demostrar esta hipótesis se establece como objetivo general, evaluar el comportamiento agronómico de once cultivares de *S. oleracea* sembrados en la época estival en la zona de Valdivia.

En tanto, los objetivos específicos que persigue este estudio corresponden a:

- Determinar el rendimiento en once cultivares de esta especie, expresado como peso de materia fresca en la parte aérea de la planta.
- Evaluar en los cultivares estudiados, las características cualitativas (coloración, forma de la hoja y características de pecíolo) y cuantitativas (tamaño y peso de planta, láminas y pecíolos; y grados día acumulados a la cosecha) requeridas por el proceso industrial.
- Medir el efecto de la incorporación al suelo de enmienda calcárea, en once cultivares de espinaca.

## 2 REVISION BIBLIOGRAFICA

### 2.1 Dinámica del cultivo de *Spinacia oleracea* L. en Chile

La espinaca (*S. oleracea*), según GIACONI y ESCAFF (1998), históricamente ha sido una hortaliza de escasa superficie de cultivo en Chile, sin embargo en el segundo quinquenio de la década de 1980 alcanza un considerable incremento, particularmente en la Región Metropolitana, producto de la mayor demanda por parte de plantas deshidratadoras.

Respecto a la importancia nacional del cultivo, KRARUP Y MOREIRA (1998) lo sitúan en un nivel intermedio, concentrándose principalmente en las regiones Metropolitana, V y IX. Además, debido al desarrollo reciente de la industria de congelados, plantea un incremento en la demanda de esta especie, por tanto, es de esperar un aumento en el área cultivada, como a su vez una mayor producción.

Según datos presentados por VOLOSKY (1974), en Chile se cultivaban 210 ha en el año 1974, concentradas principalmente en las zonas de Quillota, Quilicura y Colina. Satteler (1985), citado por ULLOA (1985), basándose en la compra de semilla de espinaca como indicador de superficie a sembrar, estimó que en el año 1985 la superficie sembrada sería aproximadamente de unas 1200 ha.

Basándose en información presentada por CHILE, OFICINA DE ESTUDIOS Y POLÍTICAS AGRARIAS (ODEPA) (2006), la superficie total sembrada de espinaca en Chile, para las temporadas 1989/1990 y 1999/2000, fue de 759 y 450 ha respectivamente. En tanto, en las regiones IX y X, esta cifra no superó las 15 ha.

**2.1.1 Centro de origen y dispersión del cultivo.** La forma original o silvestre de espinaca no es conocida; sin embargo, existe consenso en que la especie es originaria de la región del Cáucaso, cerca de Irán, Afganistán y Turkestán (KRARUP Y MOREIRA, 1998).

La palabra espinaca proviene del árabe “esbanasch” o “sebanach”, según INSTITUT NATIONAL DE VULGARISATION POUR LES FRUITS ET LEGUMES (INVUFLEC) (1970), que corresponde al mismo nombre procedente del persa “ispany” o “ispanaj”.

GIACONI Y ESCAFF (1998), señalan que en Persia ya se conocía varios años antes de la Era Cristiana. Sin embargo su cultivo en Europa habría comenzado hace unos mil años, con introducciones de los cruzados o los moros. En los siglos XVI y XVII su cultivo se generalizó a toda Europa y desde allí habría sido traída a América (KRARUP Y MOREIRA, 1998).

**2.1.2 Descripción botánica y taxonómica.** La espinaca al igual que la acelga pertenece a la familia de las Quenopodiáceas, siendo una planta anual; su uso hortícola tiene lugar al comienzo del ciclo vegetativo ya que después emite su tallo floral perdiendo valor como producto. El órgano de consumo de esta hortaliza lo constituyen sus hojas (SERRANO, 1977).

Según KRARUP Y MOREIRA (1998), se distinguen dos variedades botánicas de espinaca, siendo la primera *S.oleracea* L. var. *spinosa*, cuyo nombre se origina por la forma de sus aquenios, los que presentan pericarpio con puntas, hojas puntiagudas y está adaptada a crecer en invierno. La segunda variedad corresponde a *S. oleracea* L. var. *inermis* la cual se habría derivado de *S. oleracea* var. *spinosa*, presenta aquenios lisos y redondeados, hojas de diversas formas, la cual corresponde a la espinaca común e incluye a la gran mayoría de los cultivares comerciales usados hoy en día.

*S.oleracea* L. var. *inermis* es una planta de raíz pivotante, levemente engrosada, poco ramificada y de arraigamiento superficial, pudiendo medir entre 30 y 180 cm de ancho y alcanzando hasta 1 m de profundidad. En lo que respecta al tallo, este es muy corto y rudimentario, llegando a medir entre 0,5 y 1,0 cm de diámetro (KRARUP Y MOREIRA, 1998; VALADEZ, 1993).

Según lo señala INVUFLEC (1970), el sistema caulinar presenta dos fases de desarrollo: vegetativa y reproductiva. Durante la fase vegetativa puede crecer erguido o postrado, de poca altura (15 a 30 cm) y no ramifica, este se compone de un tallo muy corto que sostiene una roseta de hojas que se disponen en forma alterna. Las hojas son enteras, pecioladas y de variadas formas y atributos. La fase reproductiva, se inicia con la emisión de tallos florales que ramifican y pueden alcanzar una altura de poco menos de 1 m (GIACONI Y ESCAFF, 1998; KRARUP Y MOREIRA, 1998).

Las hojas son caulíferas, más o menos alternas y pecioladas, de forma y de consistencia muy variable; dependiendo del cultivar pueden ser ovales o triangulares. Su color de hoja es verde oscuro; el pecíolo es cóncavo y a menudo rojo en su base, disminuye hacia las hojas más nuevas y va desapareciendo en las hojas que se sitúan en la parte más alta del tallo (SERRANO, 1977).

Al respecto, INVUFLEC (1970) describe las hojas como enteras, con láminas y pecíolos fuertemente desarrollados. La lámina es glabra, de superficie lisa, ondulada o crespada, de borde entero, de color variable entre verde claro y verde oscuro, y de variadas formas, aunque normalmente es triangular-ovada. El pecíolo es largo (entre uno a dos tercios del largo total de la hoja), delgado (menos de 1 cm), con ahuecamiento progresivo al avanzar el desarrollo, y de color verdoso hacia la lámina, en contraste con la coloración rosada que presenta en el punto de inserción con el tallo (KRARUP Y MOREIRA, 1998).

Según Kelly (1959) y Guenko (1983), citados por MAROTO (1989), la espinaca es una planta clasificada como dioica, lo cual en la práctica no es estrictamente verdadero, ya que existen diversas expresiones sexuales: desde plantas macho extremas, macho vegetativas, pasando por monoicas, a plantas hembras, e incluso ocasionalmente plantas con flores hermafroditas. Esta situación reviste importancia ya que las plantas macho extremas producen muy pocas hojas y son precoces en florecer y por lo mismo, son poco deseables en el cultivo. RUBATZKY y YAMAGUCHI (1997), respecto al sexo y productividad de la espinaca, señalan que las plantas de mayor interés agrícola son las hembras y las macho vegetativas debido a que poseen similares características en cuanto a un buen desarrollo de follaje y que presentan floración tardía. Los diferentes tipos de sexo en espinaca se encuentran ampliamente analizados por INVUFLEC (1970).

Descriptivamente, las flores son verdosas y se agrupan de a 2 o 3, en glomérulos; las masculinas tienen cinco sépalos, no tienen pétalos, presentan 4 a 5 estambres insertos en la base del perianto, y se ordenan, por lo común, en posición terminal, a diferencia de las femeninas, que se ubican normalmente en posición axilar a lo largo del tallo floral. Después de la polinización anemófila y posterior fecundación, fructifica en aquenio a partir del ovario súpero uniovulado, el que queda incluido en el perianto inerte o espinescente. La semilla es orbicular, erguida y rodeada del pericarpio membranoso que puede ser liso o espinoso (RUBATZKY y YAMAGUCHI, 1997 y KRARUP Y MOREIRA, 1998).

**2.1.3 Cultivares.** Existen varias pautas para clasificar los cultivares de espinacas. En función de las hojas: de hojas lisas y de hojas crespas (savoy); de la semilla: de grano redondeado y liso; de la época de producción: de invierno y verano (GIACONI Y ESCAFF, 1998).



El grupo de invierno incluye los cultivares que se siembran en otoño e invierno para producción de invierno y primavera, así como, el grupo de verano incluye los cultivares que poseen mejor aptitud para ser sembrados en primavera y verano para cosechas de verano y comienzos de otoño (INVUFLEC, 1970 y GIACONI Y ESCAFF, 1998).

Los cultivares de verano se caracterizan por su resistencia a temperaturas altas y a fotoperíodo de día largo, lo cual se manifiesta en su dificultad o lentitud para emitir tallo floral (INVUFLEC, 1970).

Respecto a los cultivares más demandados en Chile, y a la vez los más difundidos en el mundo, se señala que estos corresponden a los cultivares de hojas lisas, de invierno y de verano. Dentro de los primeros son conocidos el cv. Viroflay (Monstruosa de Viroflay y Gigante de Viroflay), el híbrido High Pack, Iron Pince F1, híbrido Shasta, Royalty y Gigante de Invierno. Dentro de los cultivares de verano se encuentran, entre otros, Olympia; Estivato y Spencer, cuyas hojas tienen color verde intenso, además de Gigante de Verano y el híbrido Symphony F1 (GIACONI Y ESCAFF, 1998).

De los cultivares clasificados como de invierno, el más difundido es el cultivar Viroflay, antiquísimo y del cual se han derivado nuevas líneas mejoradas, siendo uno de estos el cv. Resistoflay, que se distingue por su resistencia a *Peronospora effusa* Grev. (syn. *Peronospora farinosa* Fr. f. *sp. spinaciae*) conocido comúnmente como mildiú. Las hojas del cv. Viroflay son muy grandes, aflechadas, lisas, algo redondeadas en su base, color verde intenso y pecíolos largos. Muy productiva y de gran aptitud para siembras de otoño (OREGON STATE UNIVERSITY (OSU), 2003).

## **2.2 Requerimientos del cultivo.**

A continuación se presentan las condiciones de clima, suelo y agua requeridas para el cultivo de espinaca.

**2.2.1 Clima.** Según MAROTO (1989), la espinaca es una planta preferentemente de clima templado y el mejor producto se obtiene durante las estaciones frescas.

2.2.1.1 Temperaturas. Es una especie cuyo cero vegetativo es de 5°C, no soporta temperaturas demasiado altas y en términos generales resiste temperaturas bajas extremas. Además, se señala que los óptimos térmicos para el desarrollo de esta especie fluctúan entre los 15 y 18°C (MAROTO, 1989 y LE STRANGE *et al.*, 2001).

SERRANO (1977), coincide con esta información, señalando que para un desarrollo normal de la especie, se requiere un mínimo de temperatura promedio mensual de 6 °C. Al respecto, se presentan en el Cuadro 1, las temperaturas críticas, óptimas y humedad relativa para espinaca.

**CUADRO 1 Condiciones climáticas óptimas y críticas para espinaca.**

Fenómeno		Rango / punto crítico
Daño por congelamiento		- 5 °C
Detiene su desarrollo		5 °C
Germinación	Mínima	5 °C
	Óptima	15 - 25 °C
	Máxima	25 - 30 °C
Desarrollo vegetativo	Mínima	5 - 7 °C
	Óptima	15 - 18 °C
	Máxima	25 - 30 °C
Humedad relativa		60 - 70 %

FUENTE: Adaptado de SERRANO (1985).

En relación a los requerimientos térmicos de la germinación de *S. oleracea*, VALADEZ (1993) y GONZALEZ (1997), señalan que las condiciones óptimas se encuentran cuando el suelo donde se encuentren las semillas presente un rango de temperaturas de entre los 10 y 15°C, pudiendo llegar a emerger con estas condiciones entre los 10 a 12 días.

Al respecto, Harrington y Minges (1954), citados por RUBATZKY y YAMAGUCHI (1997), estudiaron el efecto de la temperatura en la semilla de esta especie. Ellos determinaron que la mejor razón porcentual de germinación está dada con temperaturas entre 10 y 15 °C, sin embargo, el rango de temperatura considerado como óptimo se sitúa entre 15 y 25 °C, esto debido a que se obtiene una buena relación entre el periodo a emergencia y germinación.

Adicionalmente, GORINI (1970), señala que existe una relación directa entre la temperatura y el tiempo de germinación de la semilla, siendo este periodo de aproximadamente 8 días cuando la temperatura se encuentra en el rango óptimo. En condiciones de mínima temperatura (5 °C), puede tardar más de 20 días en que ocurra, y con temperaturas por sobre 30 °C no se produce la germinación.

**CUADRO 2 Efecto de la temperatura del suelo en la germinación y tiempo de emergencia en semillas de espinaca.**

Temperatura (°C)	Germinación (%)	Días a emergencia
0	83	63
5	96	23
10	91	12
15	82	7
20	65	6
25	50	5
30	30	6
35	0	0

FUENTE: Harrington y Minges (1954), citados por RUBATZKY Y YAMAGUCHI (1997).

Es de especial interés observar el valor de germinación en condiciones normales del cultivo, condición en la cual valores de 60 – 70 % de ésta son considerados normales (DIAZ, 2001). Según GIACONI Y ESCAFF (1998), es una de las semillas en que la latencia es más evidente que en otras especies.

2.2.1.2. Humedad. La espinaca es una especie cuyas hojas presentan un alto contenido de agua y además posee un sistema de arraigamiento superficial, por lo cual, es muy sensible a déficit hídricos. Cuando es cultivada en épocas estivales se debe poner especial cuidado en la condición de humedad del suelo. Los riegos deben ser cortos y de alta frecuencia (GORINI, 1970 y GIACONI Y ESCAFF, 1998).

De acuerdo con SERRANO (1985), el riego por aspersión es el más recomendable. Sin embargo, un exceso en la frecuencia de riego, así como las lluvias torrenciales e irregulares, son perjudiciales en el desarrollo del cultivo, sobre todo cuando los suelos no poseen un buen drenaje. Esta situación origina asfixia radicular evidenciándose en la planta amarillez de hojas, decaimiento e incluso muerte de plantas (INVUFLEC, 1970).

2.2.1.3 Fotoperíodo. Las condiciones de iluminación y temperatura a que se expone el cultivo, son de gran importancia para su desarrollo. Estos factores afectan definitivamente la duración del primer estado de desarrollo de la planta.

La espinaca es una planta de día largo, por lo que se mantiene en estado vegetativo cuando se encuentra en condiciones de un fotoperíodo más corto que un determinado mínimo crítico. La emisión del vástago floral se inicia cuando la duración del día a que es expuesta sobrepasa dicho nivel crítico (INVUFLEC, 1970 y HUYSKES, 1971).

GONZALEZ *et al.*, (2004), indican que la espinaca sólo florece si el largo del día es mayor a un valor particular denominado fotoperíodo techo ( $F_t$ ), punto en el cual el tiempo a floración es máximo. Cuando el largo del día supera este  $F_t$ , la floración se ve estimulada y los días a floración disminuyen. A medida que el largo del día continúa aumentando se llega a un punto denominado fotoperíodo crítico ( $F_c$ ), punto sobre el cual el fotoperíodo ya no es un factor que restrinja el estado reproductivo en la planta, quedando este proceso regulado sólo por la temperatura.

Según Moskow (1966), citado por INVUFLEC (1970), la duración mínima de largo de día para que se produzca la inducción floral es de 12 horas, bajo este valor se detendría rápidamente hasta tornarse nula cuando el largo del día alcanza un valor de 10 horas y 30 minutos. GORINI (1970), a su vez señala que es necesario además que ocurran temperaturas superiores a 15 °C para que las plantas pasen de fase vegetativa a la de emisión del tallo floral.

Sin embargo, VALADEZ (1993), afirma que en condiciones de fotoperíodo mayor a 12 horas y con temperaturas mayores a 26 °C, la espinaca emite el vástago floral.

Sin perjuicio de lo antes mencionado, GORINI (1970), señala que se obtienen los mejores rendimientos cuando la duración del día es entre 12 y 14 horas, esto dependiendo del cultivar utilizado.

COTRONEO (1999), estudió la respuesta de cuatro cultivares de espinaca al fotoperíodo (Baker, Olympia, Shasta y Viroflay), y encontró que la respuesta de la floración al fotoperíodo difiere entre los cultivares estudiados. Baker resultó ser el más sensible a condiciones de día largo, luego Viroflay y el menos sensible correspondió a cv. Shasta. En tanto, el cv. Olympia no presentó respuesta al fotoperíodo, razón por la cual sería, entre estos, el menos sensible

para entrar en floración. Esta característica observada en el cv. Olympia concuerda con LE STRANGE *et al.*, (2001), quienes señalan que este cultivar posee una excepcional renuencia a la emisión del tallo floral.

**2.2.2 Suelo.** La espinaca se puede cultivar en una gran variedad de suelos, prefiriéndolos franco-arenosos, fértiles y bien drenados. Para las producciones invernales son más adecuados los suelos que tengan un buen drenaje, por lo cual suelos demasiado arcillosos no son recomendables para su cultivo (LEÓN, 1997; RUBATZKY y YAMAGUCHI, 1997; GIACONI Y ESCAFF, 1998).

GIACONI Y ESCAFF (1998), señalan que la espinaca es sensible a la acidez, disminuyendo el porcentaje de germinación cuando se le cultiva en suelos muy ácidos, observándose durante el cultivo una coloración amarillo-café en el borde de las hojas. Esta sintomatología, de acuerdo a lo señalado por SALISBURY Y ROSS (1994) es coincidente a una deficiencia de nitrógeno, a lo cual se añade la presencia de tallos cortos y delgados si la deficiencia se presenta en estado avanzado del cultivo.

2.2.2.1 Acidez del suelo. El concepto de acidez del suelo esta relacionado directamente a la presencia de hidrogeno y aluminio en forma intercambiable, existiendo tres tipos de acidez presente en el suelo, las cuales corresponden a la acidez real o activa, la acidez intercambiable y la acidez residual (BRADY y WEIL, 1999).

Según lo señalado por TISDALE *et al.*, (1993), un ácido cuando se mezcla con agua, se disocia o ioniza en iones hidrógeno más los elementos acompañantes del ácido. Para comprender este concepto, los autores antes señalados representan dicha reacción de acuerdo a:



Los iones  $\text{H}^+$  a la derecha representan la acidez activa, y cuanto más tienda la reacción hacia esa dirección, mayor será la actividad de los  $\text{H}^+$  y mayor se dice es la acidez. En tanto, el ácido de la izquierda, representado por HA, corresponde a la acidez potencial.

2.2.2.2 Nivel de pH requerido en espinaca. Respecto al nivel adecuado de acidez en espinaca, MAROTO (1989), GONZALEZ (1997) y KRARUP Y MOREIRA (1998), señalan que el pH óptimo para el cultivo se encuentra entre valores de 6.0 a 7.0, debiéndose aplicar cal en suelos más ácidos. Problemas de acidez en los suelos originan en la planta un enrojecimiento peciolar y el ya mencionado amarillamiento en hojas.

Adicionalmente, SERRANO (1979), señala que un pH ácido influye en una inducción precoz de la fase reproductiva, baja productividad y baja calidad en el producto cosechado. También indica que el sembrar en suelos excesivamente alcalinos, puede provocar problemas de clorosis férrica en las hojas.

2.2.2.3 Adición de cal. De acuerdo a TISDALE *et al.*, (1993), este concepto es la adición al suelo de algún compuesto conteniendo calcio, o calcio y magnesio, y que es capaz de reducir la acidez. Correctamente la cal solo se refiere al óxido cálcico ( $\text{CaO}$ ), pero el término incluye a materiales tales como hidróxido de calcio ( $(\text{Ca}(\text{OH})_2)$ ), carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ), carbonato cálcico magnésico ( $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ ) y escorias de silicato cálcico (POTASH & PHOSPHATE INSTITUTE (PPI), 1991).

La aplicación de cal en la mayor parte de los suelos produce un aumento directo en el crecimiento de las plantas. Cuando se obtienen respuestas de un

cultivo por la aplicación de materiales que transportan la mayor parte de los nutrientes para las plantas, nitrógeno, P y K, se supone que la respuesta es el resultado directo de superar la deficiencia de uno de estos elementos. TISDALE *et al.*, (1993), señalan que las respuestas por la aplicación de cal no pueden atribuirse al valor como nutriente para las plantas del calcio o magnesio.

SALISBURY Y ROSS (1994), indican que el calcio ha recibido renovada atención debido a que todos los organismos poseen concentraciones micromolares de calcio libre en el citosol. La mayor parte del calcio en todas las plantas se encuentra en las vacuolas centrales y unido en las paredes celulares a polisacáridos llamados pectatos. Este calcio presente en el citosol de las células vegetales, se une de manera reversible a la proteína calmodulina. Esta unión cambia la estructura de la calmodulina de tal forma que activa varias enzimas, por lo cual se sugiere que el calcio cumple una función de activador enzimático, sobretodo cuando esta unido a la calmodulina o a proteínas afines.

Estudios realizados por VAN ELDIK *et al.*, (2006), indican que uno de los principales componentes de las hojas de espinaca corresponde a la calmodulina, por lo cual el aporte de calcio como nutriente juega un rol importante en el crecimiento y desarrollo de las plantas.

Al respecto, SALISBURY Y ROSS (1994), señalan que dicho crecimiento y desarrollo puede ser explicado por un aumento en el nivel de  $\text{Ca}^{2+}$  en el citosol provocado por el 1,4,5-trisfosfato de inositol (IP3), el cual activa varias enzimas, incluyendo proteínas cinasas. Algunas de estas proteínas requieren calcio libre para su activación, otras son activadas por Ca-calmodulina. Cuando la concentración de calcio empieza a aumentar en el citosol, el  $\text{Ca}^{2+}$  se combina para formar un quelato o complejo con calmodulina inactiva, transformándose en un complejo activo, el cual activa ciertas enzimas en las plantas, entre las cuales se encuentran algunas proteínas o enzimas cinasas,  $\text{NAD}^+$  cinasa la



cual utiliza ATP para fosforilar  $\text{NAD}^+$  a  $\text{NADP}^+$ , y una ATPasa de las membranas plasmáticas que transfiere el exceso de  $\text{Ca}^{2+}$  hacia el exterior de la célula. Por lo tanto, un estímulo hormonal primario, finalmente da por resultado la modificación de la actividad enzimática, cambios en procesos metabólicos y con el tiempo, se genera un tipo de célula con metabolismo y morfología diferente. Muchos de estos cambios mediados por hormonas y estímulos ambientales diversos, interactúan para ayudar a conformar un tejido, órgano o vegetal distinto.

**2.2.3 Nutrientes.** La espinaca es un cultivo muy extractivo, debido a que por ser de ciclo corto, ejerce una alta demanda de nutrientes en un breve periodo de tiempo, y deben encontrarse disponibles para una inmediata asimilación por la planta (BRADLEY *et al.*, 1975).

En un estudio realizado por ZINK (1965), se analizó el desarrollo, composición mineral y absorción de nutrientes en esta especie, encontrando como resultados que en cinco ensayos de plantas de espinaca cultivadas en primavera, absorbían en promedio 161 kg N, 20 kg P y 258 kg K por hectárea.

ULLOA (1985), al estudiar diferentes niveles de fertilización en tres cultivares de espinaca en época invernal, determinó los resultados que se presentan en el Cuadro 3, en el cual se aprecia que frente a igual dosis de fertilización, la respuesta de los cultivares es distinta, siendo el cv. Symphony el más eficiente en la absorción de N, así como también en la eficiencia de recuperación.

**CUADRO 3. Rendimiento, absorción y eficiencia de recuperación en tres cultivares de espinaca frente a distintas dosis de nitrógeno.**

Cultivar	Dosis N Kg × ha <sup>-1</sup>	Rendimiento Kg × ha <sup>-1</sup>	Absorción Kg × ha <sup>-1</sup>	Eficiencia de recuperación
Viroflay	0	8.888	29.2	-
	60	10.740	40.8	19.33
	90	11.360	44.7	17.26
Hiverna	0	16.290	67.7	-
	60	19.450	85.7	30
	90	24.600	109.9	46.88
Symphony	0	12.450	45.6	-
	60	18.060	74.4	47.85
	90	25.500	105.3	66.24

FUENTE: Adaptado de ULLOA, 1985.

ULLOA (1985), también determinó que para un rendimiento de 20 ton× ha<sup>-1</sup> de espinaca, se extraen 19.6 kg×ha<sup>-1</sup> de P y 159 kg×ha<sup>-1</sup> de K.

PIHAN y GUERRERO (1989), señalan que se ha determinado que la extracción para un cultivo de espinaca con un rendimiento de 20 ton×ha<sup>-1</sup> oscila entre 60 a 100 kg de N; 13 a 18 kg de P y 83 a 150 kg de K, por hectárea.

**2.2.4 Efecto de la acidez en la disponibilidad de nutrientes.** La acidez del suelo se origina desde fuentes naturales, propias del suelo mediante reacciones químicas que usualmente involucran la liberación de iones hidrógeno (TISDALE *et al.*, 1993).

Entre las fuentes naturales más importantes se encuentran los hidróxidos de aluminio, la materia orgánica y el anhídrido carbónico, siendo los primeros la fuente más importante de acidificación (BOHN *et al.*, 1993; MARSCHNER, 1995).

Según lo señalan BOHN *et al.*, (1993), más del 15% de la corteza terrestre se compone de  $Al_2O_3$ , situación que implica un contenido de Al aproximadamente mayor a un 7%. Este aluminio se encuentra en el suelo principalmente en la forma de silicatos y óxidos de aluminio insolubles, pero a medida que los suelos se vuelven más ácidos, formas fitotóxicas de aluminio son liberadas a la solución del suelo, y dado que la mayoría de las plantas son sensibles a concentraciones micromolares de aluminio en solución, su toxicidad es el mayor factor limitante para la productividad de plantas en suelos ácidos (Kinraide, 1991, citado por AGUIRRE, 2001).

Como es señalado por SADZAWKA (1999), cuando la actividad del aluminio aumenta, el suelo se acidifica y el pH disminuye. En suelo con un pH inferior a 5.5, puede encontrarse aluminio en la solución del suelo en cantidades tóxicas para las plantas. En los derivados de cenizas volcánicas, la mejor forma de estimar la toxicidad de aluminio es determinando el porcentaje de saturación de aluminio de la CICE (capacidad de intercambio de cationes efectiva), valor que al ser de un 5% o superior puede ser perjudicial para los cultivos.

Cuando un suelo presenta cantidades tóxicas de aluminio, la primera práctica de manejo que debe realizarse es inactivar el aluminio, dado que su toxicidad afecta la elongación radicular, de manera que las plantas quedan disminuidas en su capacidad exploratoria y de absorción de nutrientes (BORIE *et al.*, 1994).

2.2.4.1 Efecto del pH sobre la disponibilidad de fósforo. En la mayoría de los suelos la disponibilidad de fósforo es máxima en un orden de pH que oscila de 5,5 a 7,0, disminuyendo cuando el pH baja de 5,5 o sube por sobre 7,0. A valores bajo de pH, la retención y menor disponibilidad para las plantas resulta sobre todo por la reacción con el hierro, aluminio e hidróxidos, situación que se corrige, entre otros, con la adición de cal (TISDALE *et al.*, 1993).

2.2.4.2 Efecto del pH sobre la disponibilidad de nitrógeno. La mayor parte de los organismos responsables de la conversión de amoníaco a nitrato requiere gran cantidad de calcio activo. Como resultado se favorece la nitrificación por adición de cal a un pH de 6.0 o 6.5, como a su vez la descomposición de los residuos de plantas y la degradación de materia orgánica del suelo son también más rápidas en este orden de pH, comparativamente a pH ácido (TISDALE *et al.*, 1993).

2.2.4.3 Efecto del pH sobre la disponibilidad de micronutrientes. Según señalan GIACONI Y ESCAFF (2001), el microelemento más activo y más investigado en la espinaca es el boro. Cuando hay deficiencias de este elemento en el suelo, las plantas no lo incorporan y pierden la posición erecta de su follaje, tendiendo a doblarse, las hojas centrales detienen su desarrollo, se ven deformes y retorcidas. La planta adquiere un tono verde pálido y amarillento, las raíces limitan su desarrollo y adquieren un color oscuro. Por otra parte, SALISBURY Y ROSS (1994), señalan que una de las funciones comprobadas del boro en la fisiología de la planta corresponde a una participación en la síntesis de ácidos nucleicos, esenciales para la división celular en los meristemos apicales.

Respecto a la disponibilidad del boro, TISDALE *et al.*, (1993), señalan que los síntomas de deficiencia se relacionan con altos valores de pH y que el consumo de boro hidrosoluble por las plantas se reduce si se incrementa el pH del suelo. Esta situación implica que en suelos con gran cantidad de calcio, este

compite con el boro siendo absorbido en mayor proporción, tal como sucede al aplicar dosis excesivas de cal.

2.2.4.4 Efecto del pH sobre la disponibilidad de K, Mg, Ca. En suelos ácidos, la saturación de bases es menor que en suelos básicos, por lo que la adición de cal corresponde al medio común de evitar la pérdida del potasio intercambiable.

Los nutrientes potasio, calcio y magnesio, disponibles para las plantas se encuentran principalmente en formas intercambiables, y el efecto del pH en el suelo implica que al acidificarse, se produce liberación de ellos a la solución del suelo, facilitando la pérdida de cationes por lixiviación, especialmente en zonas de alta pluviometría, quedando fuera del alcance de las plantas (SADZAWKA, 1999).

**2.2.5 Fertilización.** Como se menciona anteriormente, las recomendaciones de fertilización difieren en gran medida, dependiendo de las condiciones en que se desarrolle el cultivo como también del cultivar utilizado.

Diversos autores señalan que la fertilización con nitrógeno debe ser preferentemente en forma de nitrato o fertilización orgánica (estiércoles y otros). El fósforo y el potasio se aplican durante la preparación del terreno, mientras que el nitrógeno debe adicionarse parcializando un 30% a la siembra y el restante se completa en cobertera cuando la planta se encuentre en estado de roseta (SERRANO, 1979; RUBATZKY y YAMAGUCHI, 1997; GIACONI Y ESCAFF, 1998)

GONZALEZ (1998), para el cultivo de espinaca en la VIII región recomienda usar dosis de entre 80 a 100 kg de N y de entre 90 a 100 kg de  $P_2O_5$  por hectárea. No menciona dosis de potasio probablemente por ser el suministro suficiente en los suelos de esa zona.

### **2.3 Densidad de siembra.**

La siembra debe realizarse en terrenos ligeramente húmedos y de preferencia con sembradoras de precisión, siendo la dosis de semilla aproximadamente de entre 8 a 10 kg×ha<sup>-1</sup>, con una distancia entre hileras que varía de acuerdo al cultivar, maquinaria utilizada y modalidad de cosecha (GIACONI Y ESCAFF, 1998).

En un ensayo bajo plástico realizado en Chiloé, CALDERON (1998), encontró que no hubo diferencias con espaciamiento entrehileras de 30 o 40 cm.

La distancia de siembra entrehileras, según ELLENA (1993) y MARIN (1999), puede variar entre 20 y 40 cm, y sobre la hilera a chorro continuo. En ensayos realizados en la IX región, los mejores resultados se han obtenido con distancias de 30 cm entrehileras, con una dosis de semilla de entre 12 a 15 kg por hectárea.

### **2.4 Rendimiento.**

Los rendimientos obtenidos son diversos, lo cual ha dependido de la variedad utilizada, la época y zona de cultivo. Sin embargo es posible señalar que en Chile se han obtenido rendimientos como los señalados en el Cuadro 3 por ULLOA (1985), que oscilan entre 11 y 25 ton×ha<sup>-1</sup>, según la variedad.

LEÓN (1997), al evaluar la producción al aire libre de cuatro cultivares para congelado en la zona de Talca, obtuvo rendimientos de 6 ton×ha<sup>-1</sup> con el cv. Royalty y 5.6 ton×ha<sup>-1</sup> en el cv. Viroflay.

Al cultivar bajo plástico, tanto CANALES (1992) como ELLENA (1993), indican rendimientos de entre 22 a 25 ton×ha<sup>-1</sup>. Estos rendimientos, se obtuvieron en la zona de Angol, con los cultivares Viroflay y Bolero, respectivamente.

## **2.5 Requerimientos de calidad para el producto congelado.**

La agroindustria de congelados hortícolas requiere diferentes características cualitativas, las cuales son específicas para cada especie y en conjunto con los rendimientos, determinan la selección del cultivar adecuado para estos fines. En una evaluación primaria de diversos cultivares de espinaca, KRARUP (1995), determinó los parámetros y cultivares más adecuados para congelado. Los parámetros mas preponderantes para determinar un cultivar para congelado son: peso fresco y hábito de crecimiento de la planta, rugosidad de la lámina, relación lámina/pecíolo e intensidad de color. Además destaca a los cultivares Andros, Melody, Monstruosa de Viroflay, Rythm, Shasta y Scarla como adecuados para la agroindustria.

GONZALEZ (1997), concuerda con esta información señalando que un aspecto importante es el largo del pecíolo, el cual mientras más corto en relación al largo de la lámina es mejor. Agrega además que no se observan diferencias notables entre cultivares respecto a esta característica, pero sí es notorio el acortamiento del pecíolo que se produce en siembras de otoño, en comparación con las de primavera. En siembras de otoño se ha observado relaciones lámina/pecíolo entre 1.6 y 2.0, dependiendo de la variedad y localidad de cultivo, en consecuencia que en siembras de primavera esta relación fluctúa entre 0.6 y 0.8, para las mismas condiciones.

## **2.6 Malezas.**

Las malezas perjudican el rendimiento en el cultivo de espinaca tanto como las plagas y enfermedades (GIACONI Y ESCAFF, 1998).

Según señala SERRANO (1985), el efecto negativo, además de la competencia que éstas ejercen, produce en las hojas una disminución de su calidad industrial. Para evitar este problema, el control de las malezas debe iniciarse antes de que éstas adquieran gran desarrollo, el cual puede ser

manual, mecánico o químico, siendo este último de preemergencia o de postemergencia, es decir antes o después que el cultivo y las malezas emerjan, respectivamente (GORINI, 1970).

## 2.7 Plagas.

La espinaca presenta plagas principalmente en los primeros 15 días después de la emergencia. Los más importantes son *Paratanus exitiosus* Beamer (langostino de la remolacha) y *Deroceras reticulatum* Müller (babosa chica gris). En tanto, señalados como de menor importancia están los áfidos *Brevicoryne brassicae* L. y *Myzus persicae* Sulzer, los que pueden transmitir diversas virosis hacia las hojas. Por último, el minador de las chacras, *Liriomyza huidobrensis* Bl., también considerado como plaga secundaria (INVUFLEC, 1970; GONZALEZ *et al.*, 1973 y LATORRE, 1990b).

Las babosas (*D. reticulatum* Müller y *D. agreste* L.) pueden originar daños en el cultivo. Preferentemente dañan las plántulas atacando los tallos tiernos y las hojas, raíces y otros órganos suculentos. La planta aparece con raspaduras superficiales en las estructuras afectadas. Un daño más avanzado son los orificios irregulares que llegan a comprometer parte importante de la planta. Se observan signos en forma de huellas de baba y presencia de fecas oscuras y alargadas (LATORRE, 1990b).

Según GONZALEZ *et al.*, (1973) e INVUFLEC (1970), *Liriomyza huidobrensis* Bl. causa manchas apergaminadas translúcidas en las hojas que indican la existencia de galerías en las que albergan las formas larvarias, posteriormente se origina el desecamiento de las hojas.

Además, INVUFLEC (1970), describe el daño por *Aphis fabae* Scop., *Brevicoryne brassicae* L. y *Myzus persicae* Sulzer señalando que se desarrollan colonias en el envés de las hojas, provocando el encarrujamiento de estas. Si



el ataque ocurre cuando está muy avanzado el desarrollo de la espinaca y cercano a su recolección, puede inutilizar comercialmente toda la producción, debido al aspecto desagradable que se produce en la planta.

## **2.8 Enfermedades.**

A continuación se presentan las principales enfermedades de importancia económica en el cultivo de espinaca.

**2.8.1 Mildiú de la espinaca.** Entre las enfermedades de espinaca, la más importante es el mildiú, causado por el hongo *Peronospora effusa* Grev. Ataca a las hojas, en el haz aparecen manchas de contorno indefinido, con un color verde pálido que más tarde pasa a amarillo. En el envés estas manchas se cubre con un abundante fieltro de color gris violáceo. Condiciones ambientales de alta humedad relativa favorecen el ataque. En la actualidad la mejor forma de control es con el uso de cultivares resistentes (SMITH *et al.*, 1992; AGRIOS, 1996 y GIACONI y ESCAFF, 1998).

**2.8.2 Cercosporosis.** Tan importante como la anterior es esta enfermedad producida por el hongo *Cercospora beticola* Sacc. En la sintomatología que origina se observan manchas foliares, esféricas, grisáceas, rodeadas por un halo rojizo. La parte de estas lesiones se desprende, quedando una pequeña perforación. En ataques severos ocurre una amarillez generalizada del follaje y defoliación prematura. Los signos se visualizan como pequeños puntos negros aterciopelados en el centro de cada lesión. El ataque se ve favorecido por alta humedad ambiental (90-95%) y altas temperaturas (27-30° C). Es poco frecuente con temperaturas inferiores a 15°C (LATORRE, 1990a).

**2.8.3 Caída de plántulas.** En esta enfermedad son importantes los hongos del suelo *Fusarium*, *Sclerotinia*, *Pythium* y *Rhizoctonia*, que producen caída de

plántulas en los primeros periodos de desarrollo de la planta. Sus síntomas son un rápido amarillamiento, marchitez y colapso del follaje, asociado a una destrucción de la corona o de la raíz. Finalmente las plantas mueren, se secan y permanecen sobre el suelo por largo tiempo. En la base de los pecíolos es posible observar una pudrición negra que eventualmente se extiende a la raíz. Épocas cálidas, altas temperaturas y abundante humedad en el suelo así como daños mecánicos o producidos por insectos son factores favorables para el ataque del hongo. (LATORRE, 1990a; SMITH *et al.*, 1992 y AGRIOS, 1996).

También se menciona al hongo *Aphanomyces cochlioides* Drenchs, el cual ocasiona la caída de plántulas o ennegrecimiento radical. Ataca plantitas pequeñas en las que ocasiona amarillez y marchitez. Posteriormente caen y se secan. Al arrancarlas se puede evidenciar una necrosis y ennegrecimiento de la raíz principal. Suelos muy húmedos y templados favorecen la incidencia de esta enfermedad. Rara vez ocurre con temperaturas de suelo inferiores a 15°C, la temperatura óptima para la infección varía entre 20 y 30°C (LATORRE, 1990a).

**2.8.4 Enfermedades producidas por virus.** De acuerdo a lo señalado por SMITH *et al.*, (1992), AGRIOS (1996) y SEPULVEDA y REBUFEL (2003), Chile presenta recientemente en cultivares de espinaca el virus del mosaico del pepino, observándose en la planta una disminución en el crecimiento, hojas con mosaicos deformados, acompañados de estados cloróticos y un alargamiento de las hojas. Afecta gravemente los rendimientos debido a la menor área foliar y cambio de color en las hojas. No se transmite por semillas, siendo los áfidos los únicos vectores observados.

Un estudio realizado por SEPULVEDA y REBUFEL (2003), en el cual se evaluó la susceptibilidad al virus del mosaico de cinco cultivares de espinaca (Symphony, Bolero, Limbo, Ballet y Santana), mostró que el cultivar más

susceptible fue Bolero y la variedad más resistente resultó ser Symphony. Las otras variedades fueron susceptibles, pero en menor grado que Bolero.

Otros virus que producen enfermedades en espinaca son: el virus del mosaico de la remolacha, cuyos síntomas son pequeñas manchas claras de diámetro inferior a un milímetro, con un punto negro en su centro; y el virus de la amarillez de la remolacha, el que produce amarillamiento y necrosis internervales, especialmente sobre hojas viejas. (SMITH *et al.*, 1992 y AGRIOS, 1996).

### 3 MATERIAL Y METODO.

A continuación se presenta la caracterización del lugar donde se realizó el presente estudio, además de los materiales y metodología empleada para encontrar las respuestas a los objetivos planteados.

#### 3.1 Antecedentes generales.

Los siguientes antecedentes corresponden a las características edafoclimáticas del lugar donde se realizó el ensayo.

**3.1.1 Localización del ensayo.** El ensayo se realizó en la Estación Experimental Santa Rosa, propiedad de la Universidad Austral de Chile, ubicada a 6 km de la ciudad de Valdivia, Décima Región, Comuna de Valdivia, situada entre los paralelos 39°45'30'' y 39°47'30'' latitud sur, y los meridianos 73° 14'55'' y 73°13'5'' longitud oeste (NISSEN, 1974).

**3.1.2 Antecedentes climáticos.** El clima de la zona corresponde al tipo templado húmedo con abundante precipitación durante todo el año, con una temperatura media anual de 12,1°C con un valor medio mensual máximo de 16,9°C en el mes de enero y un valor medio mensual mínimo de 7,6°C en el mes de julio. Las precipitaciones registradas indican valores de 2.200 mm a 2.700 mm de agua caída anualmente, con un promedio de 2.351 mm concentrándose entre un 40 a 50% en los meses de invierno. El periodo libre de heladas es de 90 a 100 días, entre los meses de diciembre a marzo (HUBER, 1970).

Las características climáticas históricas del lugar en que se realizó el ensayo se presentan en el Cuadro 4.

**CUADRO 4 Características climáticas del período comprendido entre enero y abril, promedio de 42 años.**

Mes	T° media (°C)	T° max. media (°C)	T° min. media (°C)	HR (%)	pp. (mm)
Enero	17	22,8	11,2	67	62,6
Febrero	16,9	22,7	11,1	69	59,3
Marzo	15,3	20,7	9,9	75	83,1
Abril	12,7	17,1	8,2	82	155,6

FUENTE: Estación Teja. Instituto de Geociencias. Facultad de Ciencias. Universidad Austral de Chile (2003).

Las temperaturas registradas durante el ensayo (entre el 9 de enero y el 4 de abril de 2002), se presentan en los Anexos 6 y 18.

**3.1.3 Condiciones edáficas.** Estudios realizados por NISSEN (1974), indican que el terreno se encuentra aproximadamente a 12 m.s.n.m., posee una topografía levemente ondulada con una pendiente de 1 a 5%. Este suelo se clasifica dentro de la Serie Valdivia y pertenece al Orden andisol, Gran grupo trumao. Su material componente es limoso e inconsolidado superficialmente y en profundidad arenoso consolidado, siendo ambas, depositaciones de composición mixta. El drenaje es bueno, no existiendo limitaciones de este tipo. Según su capacidad de uso potencial, este suelo es clasificado como II y III.

### **3.2 Material vegetal.**

El material vegetal corresponde a semillas de once cultivares de *S.oleracea*, material certificado y desinfectado, proveniente de distintas empresas productoras de semillas.

El Cuadro 5 presenta los distintos cultivares utilizados con la codificación numérica correspondiente a cada cultivar y algunas de sus principales características varietales de acuerdo a boletines comerciales de semillas.

**CUADRO 5 Principales características de los cultivares utilizados.**

Nº	Cultivar	Compañía proveedora de semilla	Tipo de hoja	Estacionalidad
1	Marimba	<b>S/I</b>	<b>S/I</b>	<b>S/I</b>
2	Quinto	<b>S/I</b>	<b>S/I</b>	<b>S/I</b>
3	Ballet	<b>Seminis</b>	Lisas, largas, verde oscuro, resistente a la subida,	Siembra: septiembre- octubre. Cosecha: noviembre-enero
4	Laska	<b>S/I</b>	<b>S/I</b>	<b>S/I</b>
5	Santana	<b>Royal Sluis</b>	Hojas color verde oscuro.	Cosecha: primavera a inicios de verano.
6	Correnta	<b>Royal Sluis</b>	Lisa, oval, oscuro suave, verde	Verano
7	Condesa	<b>S/I</b>	<b>S/I</b>	<b>S/I</b>
8	Denali	<b>S/I</b>	<b>S/I</b>	<b>S/I</b>
9	Viroflay	<b>Alf Christianson Seed</b>	Lisa	Otoño
10	Whitney	<b>Alf Christianson Seed</b>	Lisa	Otoño-primavera
11	Olympia	<b>Alf Christianson Seed</b>	Lisa, verde rápido crecimiento. suave, oscuro,	Primavera-verano

\*S/I: Sin información.

FUENTE: Adaptado de MORELOCK (2005).

### 3.3 Labores previas al ensayo.

Antes de realizar la preparación de suelo, se extrajo una muestra representativa de este, con la finalidad de conocer sus características químicas y de acidez, la que posteriormente fue enviada al Laboratorio de Suelos, perteneciente al Instituto de Ingeniería Agraria y Suelos de la Universidad Austral de Chile, lugar donde se realizaron los respectivos análisis recomendados para los suelos chilenos, de acuerdo a lo establecido por SADZAWKA *et al.*, (2001), los cuales se detallan en el Anexo 5 y cuyos resultados específicos para el suelo utilizado se presentan en el Cuadro 6.

**CUADRO 6 Resultado del análisis químico del suelo donde se realizó el ensayo.**

<b>CARACTERISTICAS</b>	<b>NIVEL</b>
pH (1:2,5). Agua	<b>5.6</b>
Materia orgánica (%)	<b>13.2</b>
N mineral (ppm N-NO <sub>3</sub> )	<b>15.4</b>
P aprovechable (ppm)	<b>13.9</b>
K intercambiable (ppm)	<b>94</b>
Na intercambiable (meq/100 g.s.s.)	<b>0,03</b>
Ca intercambiable (meq/100 g.s.s.)	<b>0.57</b>
Mg intercambiable (meq/100 g.s.s.)	<b>0.14</b>
Suma de bases intercambiables (meq/100 g.s.s.)	<b>0.98</b>
Al intercambiable (meq/100 g.s.s.)	<b>0,39</b>
Saturación de Al (%)	<b>28.4</b>

FUENTE: Laboratorio de Suelos. Instituto de Ingeniería Agraria y Suelos. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Austral de Chile (2001).

Luego de extraída la muestra de suelo, se procedió a realizar la preparación del suelo utilizado para establecer las parcelas a estudiar, la cual se realizó el día 9 de diciembre de 2001, y consistió de labores primarias y secundarias, utilizando para ello arado cincel y rastra offset, con una aradura y dos rastrajes.

### 3.4 Fertilización y enmienda.

La fertilización se realizó al momento de la siembra y parcializada, según el fertilizante empleado. La cal se incorporó previamente en las subparcelas correspondientes. El Cuadro 7 presenta en detalle la enmienda, los fertilizantes y el momento de la aplicación de cada uno de ellos.

#### CUADRO 7 Fertilización y enmienda, dosis y momento de aplicación.

Fertilizante/enmienda	Dosis (Kg×ha <sup>-1</sup> )	Momento aplicación
Carbonato de calcio	2000	Un mes antes de la siembra
Sulpomag	18	Siembra
Sulfato de potasio	128	Siembra
Oxido de potasio	22	Siembra
Superfosfato triple	150	Siembra
Salitre sódico	40	Siembra
Salitre sódico	80	Estado de roseta

### 3.5 Siembra.

La fecha de siembra de todos los cultivares evaluados en el ensayo correspondió al 9 de enero de 2002.

La siembra se realizó en forma manual, a chorro continuo, quedando las semillas a una profundidad de entre 1,5 a 2,5 cm, con una dosis equivalente a



los 12 kg×ha<sup>-1</sup> de semilla. Con esta dosis se obtuvo un promedio de 23 plantas por metro lineal.

### **3.6 Riego.**

Debido a que el periodo de cultivo fue durante la época estival, se realizaron riegos semanales con el fin de mantener un nivel adecuado de humedad en el suelo. Para esto se utilizó el método de cobertura total, mediante un equipo de riego por aspersión.

### **3.7 Aplicación de productos fitosanitarios.**

Con el fin de evitar daños atribuibles a plagas y enfermedades, así como evitar la interferencia por competencia de las malezas con el cultivo, se aplicó en forma preventiva y curativa, algunos agroquímicos, los cuales se detallan en los siguientes apartados.

**3.7.1 Control de malezas.** Para eliminar malezas anuales de hoja ancha, se aplicó cloridazon [5 amino-4-cloro-2 fenil-3-(2 H)-piridazona] en una dosis de 3.25 kg i.a.×ha<sup>-1</sup> en mezcla con lenacil [3 ciclohexilo-5,6 trimetilenouracilo], este último en una dosis de 1.6 kg i.a.×ha<sup>-1</sup>, ambos fueron aplicados en preemergencia, inmediatamente después de la siembra. El volumen de agua utilizado para distribuir la mezcla fue de 350 lt/ha.

En tanto, para el control de malezas gramíneas se aplicó en postemergencia sethoxydim [2-1((etoxiimino) butil)-5-(2-(etiltio) propil)-3-hidroxi-2-ciclohexen-1-one], en una dosis de 0.28 kg i.a.×ha<sup>-1</sup>. El criterio de aplicación correspondió a la presencia de malezas en un estado de desarrollo de 2 a 4 hojas (ASOCIACIÓN NACIONAL DE FABRICANTES E IMPORTADORES DE PRODUCTOS FITOSANITARIOS AGRÍCOLAS (AFIPA), 1998).

**3.7.2 Control de plagas y enfermedades.** Para el control de insectos y nemátodos se aplicó previo a la siembra el insecticida y nematicida carbofurano [2-3- dihidro -2,2- dimetilbenzofuran -7- ilmetilcarbamato], en una dosis de 180 cc i.a.  $\times$  ha<sup>-1</sup> (AFIPA, 1998).

Debido a que no se presentaron plagas de insectos ni se detectaron signos de enfermedades, no se aplicó insecticidas ni funguicidas durante el periodo de desarrollo del cultivo.

### **3.8 Cosecha.**

La labor de cosecha se llevo a cabo en horas de la mañana y se realizó en forma independiente para cada cultivar. Según VALADEZ (1993), el indicador de cosecha más común es el tiempo cronológico, el cual es dependiente de cada cultivar. En general, para los cultivares de verano, el momento adecuado de cosecha se presenta en el rango comprendido entre los 40 y 60 días después de la siembra. Esto es similar a lo señalado por Guenko (1983), citado por MAROTO (1989), quien indica que la cosecha debe efectuarse cuando la planta tenga formadas entre 8 a 10 hojas en su máximo crecimiento, lo cual coincide a los 45 días posteriores a la siembra.

Dado que existe variabilidad entre los cultivares, presentándose unos más precoces que otros, el parámetro utilizado como índice de cosecha correspondió al momento en que al menos el 15% de las plantas de cada cultivar cambió desde su etapa vegetativa a la reproductiva, lo cual en términos prácticos corresponde a la insinuación de la emisión del tallo floral, método validado por UNION INTERNACIONAL PARA LA PROTECCIÓN DE LAS OBTENCIONES VEGETALES (UPOV), (1996).

### **3.9 Variables a evaluar.**

Para evaluar las variables planteadas en este estudio, la cosecha de las plantas se realizó considerando sólo las plantas de la hilera central de cada subparcela, eliminándose aquellas presentes en los primeros 50 cm de cada extremo de la misma, detallándose a continuación las variables y metodología empleada.

**3.9.1 Altura y ancho de planta.** Estas variables fueron medidas con una regla de material plástico, graduada en milímetros, inmediatamente antes de la cosecha. La altura fue medida desde la base de la planta hasta la hoja más alta. En tanto, el ancho fue medido en la porción de mayor diámetro de la planta. Para esta determinación fueron utilizadas todas las plantas de cada subparcela.

**3.9.2 Forma de la hoja.** Para determinar la forma de las hojas se consideraron 10 hojas por planta, evaluándose cada cultivar durante el desarrollo del cultivo, utilizando como referencia la escala sugerida por UNION INTERNACIONAL PARA LA PROTECCIÓN DE LAS OBTENCIONES VEGETALES (UPOV), (2006). (Anexo 1)

**3.9.3 Color de la hoja.** La coloración de las hojas se determinó mediante la escala visual planteada por UPOV (2006), tal como se indica en el Anexo 4, considerándose 10 hojas por planta.

**3.9.4 Número de hojas.** Esta variable se determinó contabilizando todas las hojas cosechadas de las plantas.

**3.9.5 Peso total planta.** Todas las plantas de cada subparcela fueron pesadas en estado fresco, mediante la utilización de una balanza analítica, considerándose para esto el total de la parte aérea de la planta, excluyendo las raíces.

**3.9.6 Tamaño de lámina.** El largo y ancho de la lámina fue medido luego de cosechadas las plantas mediante el uso de una regla de material plástico, graduada en milímetros, para lo cual se utilizó 10 hojas por planta. Luego, se procedió a extender completamente cada lámina y se midió en la parte más ancha y larga de ésta.

**3.9.7 Largo del pecíolo.** El largo fue medido mediante el uso de una regla de material plástico, graduada en milímetros con el pecíolo completamente extendido luego de cosechadas las plantas.

**3.9.8 Peso de láminas y pecíolos.** Esta determinación se realizó separando el pecíolo de la lámina mediante un corte, para luego ser pesados en forma independiente como materia fresca en una balanza analítica.

**3.9.9 Rendimiento en peso de hojas.** Una vez realizada la cosecha y efectuadas las otras mediciones se cortaron las hojas a una altura de 5 cm desde la base del tallo y se pesaron en estado fresco mediante una balanza analítica.

**3.9.10 Emisión de tallo floral, cálculo de grados día y determinación de fotoperíodo.** Se determinó cuando las plantas correspondientes a cada cultivar insinuaron la emisión del tallo floral. El cálculo de grados día fue medido desde la siembra hasta el momento de la cosecha de cada uno de los cultivares, de acuerdo a lo señalado por ROUANET y LANDAETA (1992); a partir de la información climatológica suministrada por la Estación Teja del Instituto de Geociencias de la Universidad Austral de Chile, y por Wiebe (1990), citado por GONZALEZ *et al*, (2004), quien señala una temperatura base para la espinaca de 5 °C. En el caso del fotoperíodo, este se calculó en base a la información suministrada por FRANCIS (1972), y utilizando el método de interpolación para los 39,79° latitud sur, ubicación geográfica del ensayo (Anexos 19 y 20).

### 3.10 Diseño experimental.

El modelo experimental utilizado correspondió a un Diseño en Parcelas Divididas de Bloques Completos al Azar, con cuatro bloques y 22 tratamientos. Cada bloque lo conformaron 11 parcelas, cada una representada por un cultivar distinto. Además, cada parcela presentó 2 subparcelas, una con 2 ton×ha<sup>-1</sup> de CaCo<sub>3</sub> y otra sin cal.

Como se observa en la Figura 1, el primer dígito de las parcelas corresponde al bloque y los dos últimos dígitos corresponden al código del cultivar presentado en el punto 3.2. La disposición de las subparcelas con cal (cc) y sin cal (sc) por cada parcela fue completamente al azar. La fertilización base de las parcelas fue igual en todas.

107	104	109	103	106	108	102	111	101	110	105
cc   sc	sc   cc	sc   cc	cc   sc	sc   cc	sc   cc	cc   sc	sc   cc	cc   sc	sc   cc	cc   sc
Camino										
202	205	210	206	209	203	201	211	208	207	204
sc   cc	sc   cc	cc   sc	sc   cc	cc   sc	sc   cc	cc   sc	sc   cc	sc   cc	cc   sc	cc   sc
Camino										
307	303	310	306	301	309	304	311	308	305	302
sc   cc	cc   sc	cc   sc	sc   cc	cc   sc	sc   cc	cc   sc	sc   cc	cc   sc	sc   cc	sc   cc
Camino										
407	402	409	404	406	408	411	403	401	405	410
cc   sc	sc   cc	sc   cc	cc   sc	cc   sc	sc   cc	sc   cc	cc   sc	sc   cc	cc   sc	sc   cc

**FIGURA 1. Disposición de las parcelas y subparcelas experimentales para los cultivares de *S. oleracea* L.**

Cada parcela fue conformada por 6 hileras, es decir cada subparcela tuvo 3 hileras. La central de ellas fue evaluada, en tanto las otras fueron consideradas como bordes de cultivo.

El largo de cada hilera fue de 5 m, con un espaciamiento entre hileras de 0.3 m. El área total del terreno donde se realizó el ensayo fue de 455 m<sup>2</sup>, con un largo total para los 4 bloques de 20 m; el ancho total de los bloques fue de 19,8 m y 3 metros de camino.

### **3.11 Análisis estadístico.**

El análisis estadístico realizado a las variables cuantitativas incluyó pruebas de normalidad y homogeneidad de la varianza, realizando transformaciones matemáticas en los casos que la normalidad no se presentó. Posteriormente se realizó un análisis de varianzas (ANDEVA) con un 5% de significancia, y en aquellos casos que se presentaron diferencias significativas se realizó el test de Tukey para comparación múltiple de promvedios (SOKHAL y ROHLF, 1998; LITTLE Y HILLS, 2002).

Para normalizar los datos, obtener el análisis de varianza y prueba de medias Tukey, se utilizó el software estadístico Statgraphics Plus, versión 5.1.

## 4 PRESENTACION Y DISCUSION DE RESULTADOS

A continuación se presentan y discuten los resultados obtenidos de la medición de cada una de las variables evaluadas, descritas en el punto 3.9.

### 4.1 Determinación de longitud de lámina.

La información presentada en el Cuadro 8, muestra la longitud promedio de lámina foliar alcanzada por 11 cultivares, sembrados bajo dos modalidades distintas: sin incorporación de cal y con incorporación de cal, en una dosis de 2 ton×ha<sup>-1</sup>. El análisis estadístico muestra que existieron diferencias estadísticas entre no incorporar e incorporar cal. En este último tratamiento, el efecto provocado por la cal permitió alcanzar una mayor longitud promedio de lámina foliar, observándose un incremento de un 21,3% respecto al tratamiento sin cal.

**CUADRO 8 Longitud promedio de lámina (cm), en once cultivares de *Spinacia oleracea* L.**

Longitud promedio de lámina (cm)				
Nº	Cultivar	Encalado		Promedio cultivar
		Sin cal	Con cal	
5	Santana	4.37	5.89	5.13 a
3	Ballet	4.69	6.05	5.37 a
11	Olympia	4.60	6.41	5.51 a
6	Correnta	5.11	5.96	5.54 a
8	Denali	5.20	6.56	5.88 a
10	Whitney	5.36	6.84	6.10 a
9	Viroflay	7.11	8.49	7.80 b
1	Marimba	6.90	8.74	7.82 b
4	Laska	7.25	9.69	8.47 b
2	Quinto	7.74	9.72	8.73 b
7	Condesa	7.93	9.93	8.93 b
Promedio encalado		6.02 a	7.66 b	

Diferente letra indica diferencia significativa de medias dentro de la columna promedio cultivar ( $p < 0,05$ , TUKEY).

Diferente letra indica diferencia significativa de medias dentro de la fila promedio encalado ( $p < 0,05$ , TUKEY).

El Cuadro 8 indica también que al comparar la longitud de lámina observada entre cultivares existen dos grupos homogéneos de promedios que se diferencian estadísticamente entre sí, correspondiendo la menor longitud promedio al cultivar Santana, con 5,1 cm de longitud de lámina y al contrario, el cultivar que presentó mayor longitud de lámina fue Condesa, con un promedio de 8,9 cm. La diferencia promedio entre ambos cultivares es de 3.8 cm.

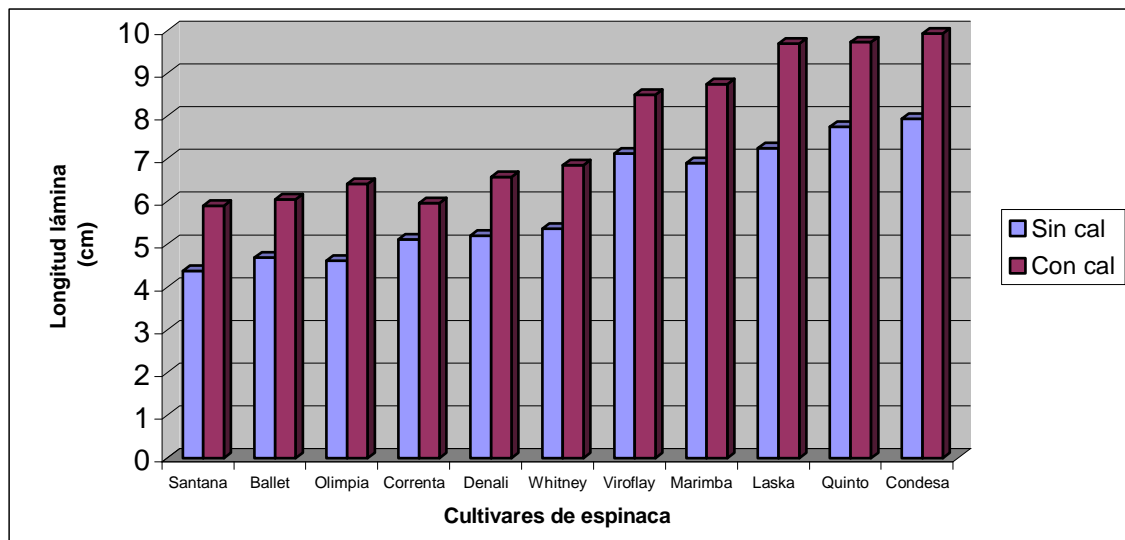
Un estudio realizado por CANALES (1992), tendiente a evaluar agronómicamente el cultivar Viroflay bajo condiciones de invernadero, sobre un suelo de pH 7,1, determinó que la longitud de lámina se encuentra relacionada inversamente a la densidad de siembra, y para una dosis de semilla de 12,5 kg/ha, similar a la utilizada en el presente ensayo, la longitud promedio fue de 15,4 centímetros, longitud mayor en 7,6 cm respecto al cultivar Viroflay evaluado en este estudio.

La mayor longitud de lámina observada en el estudio del autor antes señalado, puede ser causa de la metodología empleada, ya que al cultivarse en un invernadero, a diferencia de la siembra al aire libre realizada en el presente ensayo, permite un mayor control de la temperatura.

Respecto a la respuesta al crecimiento de la espinaca frente a la temperatura, LE STRANGE *et al*, (2001), señalan que la espinaca crece y se desarrolla en un rango que fluctúa entre los 5 y los 24 °C. Sin embargo, la tasa de crecimiento es mayor con una temperatura constante de entre los 15 y 18°C. SALISBURY Y ROSS (1994), sugieren que el mayor crecimiento de las plantas condicionadas a un aumento de la temperatura, puede ser explicado por un incremento en la energía cinética de las moléculas, lo que produce a su vez un incremento en la velocidad de reacción enzimática de los vegetales. Sin embargo, esta reacción se asocia además a un aumento en la velocidad de



desnaturalización de enzimas, con la consecuente senescencia temprana de los cultivos.



**FIGURA 2** Longitud promedio de lámina (cm.) en once cultivares *S.oleracea*.

Realizando un análisis descriptivo de la Figura 2, se observa una clara tendencia en todos los cultivares de espinaca de alcanzar un mayor largo de lámina al adicionar cal al suelo. Al respecto, la aplicación de cal en suelos ácidos a neutros, produce una respuesta favorable en el desarrollo de las plantas. Cuando se obtienen respuestas de un cultivo por la aplicación de materiales que transportan la mayor parte de los nutrientes para las plantas, nitrógeno, P y K, se supone que la respuesta es el resultado directo de superar la deficiencia de uno de estos elementos. De esta forma, la respuesta por la aplicación de cal no puede atribuirse al valor como nutriente para las plantas del calcio presente en el carbonato (TISDALE *et al.*, 1993).

Para la variable longitud promedio de lámina, estadísticamente no se observó una interacción entre los cultivares y los tratamientos sin y con cal (Anexo 7), y solo existió un efecto por separado de los cultivares y dichos

tratamientos. La ausencia de la interacción puede ser explicada según lo señalado por GIACONI Y ESCAFF (1998), quienes indican que debido a que la espinaca corresponde a una especie muy sensible a un pH ácido, es esperable una respuesta positiva y similar por parte de todos los cultivares a un mayor valor de pH, el cual se alcanza con la incorporación de cal en el suelo.

#### 4.2 Longitud de pecíolo.

En el Cuadro 9 y Figura 3 se presenta la longitud promedio de pecíolos. Comparando esta variable con el resultado obtenido en la determinación de la longitud de lámina (cuadro 8), es posible observar similitudes respecto al incremento en las variables en todos los tratamientos con cal por sobre los tratamientos sin cal, existiendo diferencias estadísticas entre estos. Tal diferencia corresponde a un 23,35% superior en la longitud de pecíolo, en el tratamiento cal, comparativamente a el tratamiento sin cal.

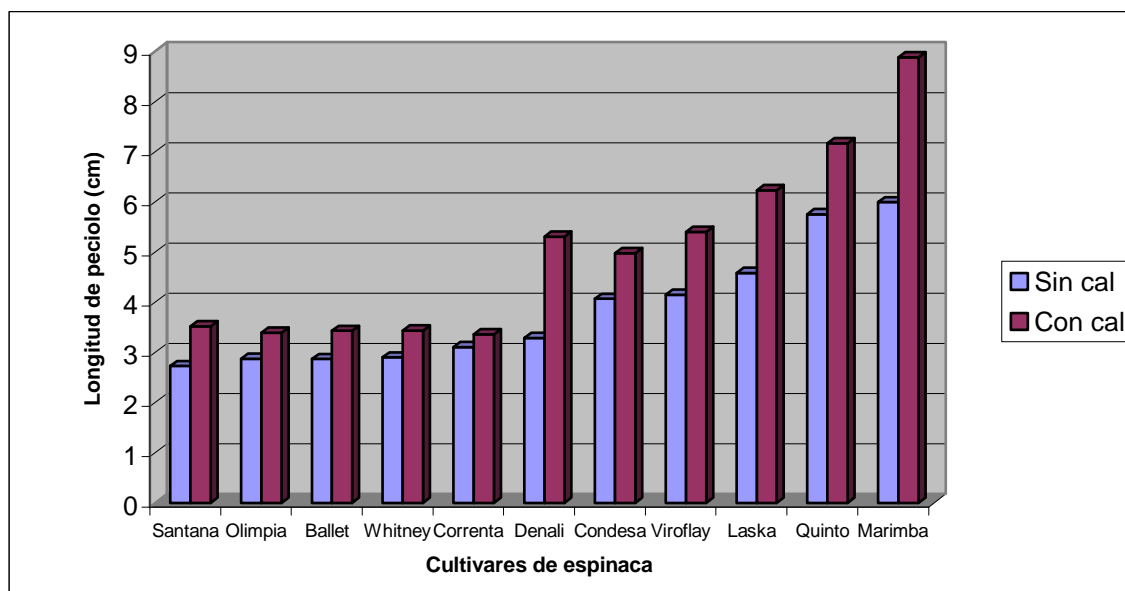
**CUADRO 9 Longitud promedio de pecíolo (cm), en once cultivares de *Spinacia oleracea* L.**

Longitud promedio de pecíolo (cm)				
N°	Cultivar	Encalado		Promedio cultivar
		Sin cal	Con cal	
5	Santana	2.72	3.52	3.12 a
11	Olympia	2.87	3.39	3.13 a
3	Ballet	2.86	3.43	3.15 a
10	Whitney	2.89	3.43	3.16 a
6	Correnta	3.11	3.36	3.23 a
8	Denali	3.28	5.30	4.29 b
7	Condesa	4.07	4.97	4.52 b
9	Viroflay	4.14	5.40	4.77 b
4	Laska	4.58	6.23	5.41 bc
2	Quinto	5.75	7.16	6.46 cd
1	Marimba	5.99	8.88	7.43 d
Promedio encalado		3.84 a	5.01 b	

Diferente letra indica diferencia significativa de medias dentro de la columna promedio cultivar ( $p < 0,05$ , TUKEY).

Diferente letra indica diferencia significativa de medias dentro de la fila promedio encalado ( $p < 0,05$ , TUKEY).

Por otra parte, al realizar la comparación múltiple de promedios de la longitud de pecíolos entre cultivares, se determinó que entre estos, existen diferencias significativas, formándose cuatro grupos homogéneos de promedios, siendo los cultivares Santana, Olympia, Ballet, Whitney y Correnta iguales estadísticamente, presentando los menores promedios de longitud de pecíolo. Los cultivares Denali, Condesa, Viroflay y Laska se encuentran en un grupo intermedio respecto a longitud de pecíolo, los cuales se diferencian estadísticamente de Marimba, cultivar que presentó la mayor longitud promedio, siendo estadísticamente igual al cultivar Quinto, y con una diferencia de 4,3 cm superior respecto al cultivar Santana.



**FIGURA 3** Longitud promedio de pecíolos (cm), en once cultivares de *S.oleracea*.

La Figura 3, muestra que en todos los casos, el tratamiento cal logró alcanzar longitudes de pecíolo mayor, respecto al tratamiento sin cal, no observándose interacción entre los factores cal y tratamientos (Anexo 8).

Los cultivares Marimba, Quinto, fueron superiores al resto. Estos cultivares, coincidentemente son los que presentaron mayor longitud de lámina. Es interesante señalar que la mayor longitud de pecíolo no es deseable desde el punto de vista de la industrialización, sin embargo, la relación entre lámina y pecíolo, es un buen indicador de la cantidad de producto aprovechable, situación que se presenta y discute en el punto 4.3.

#### 4.3 Relación longitud de lámina por longitud de pecíolo.

El Cuadro 10 muestra la relación entre el largo de lámina y el largo de pecíolo, cuyo valor se obtuvo dividiendo el largo promedio de lámina por el largo promedio de pecíolo, de cada uno de los cultivares (Cuadros 8 y 9).

**CUADRO 10 Relación promedio de longitud de lámina/longitud de pecíolo en once cultivares de *S.oleracea*.**

Relación promedio de longitud de lámina / longitud de pecíolo				
Nº	Cultivar	Encalado		Promedio cultivar
		Sin cal	Con cal	
1	Marimba	1.15	0.98	1.06 a
2	Quinto	1.36	1.35	1.36 ab
8	Denali	1.58	1.25	1.42 bc
4	Laska	1.62	1.59	1.61 bcd
5	Santana	1.60	1.68	1.64 bcde
9	Viroflay	1.72	1.58	1.65 bcde
6	Correnta	1.65	1.77	1.71 cdef
3	Ballet	1.63	1.82	1.73 cdef
11	Olympia	1.60	1.92	1.76 def
10	Whitney	1.91	1.99	1.95 ef
7	Condesa	1.97	2.03	2.00 f
Promedio encalado		1.62 a	1.63 a	

Diferente letra indica diferencia significativa de medias dentro de la columna promedio cultivar ( $p < 0,05$ , TUKEY).

Diferente letra indica diferencia significativa de medias dentro de la fila promedio encalado ( $p < 0,05$ , TUKEY).

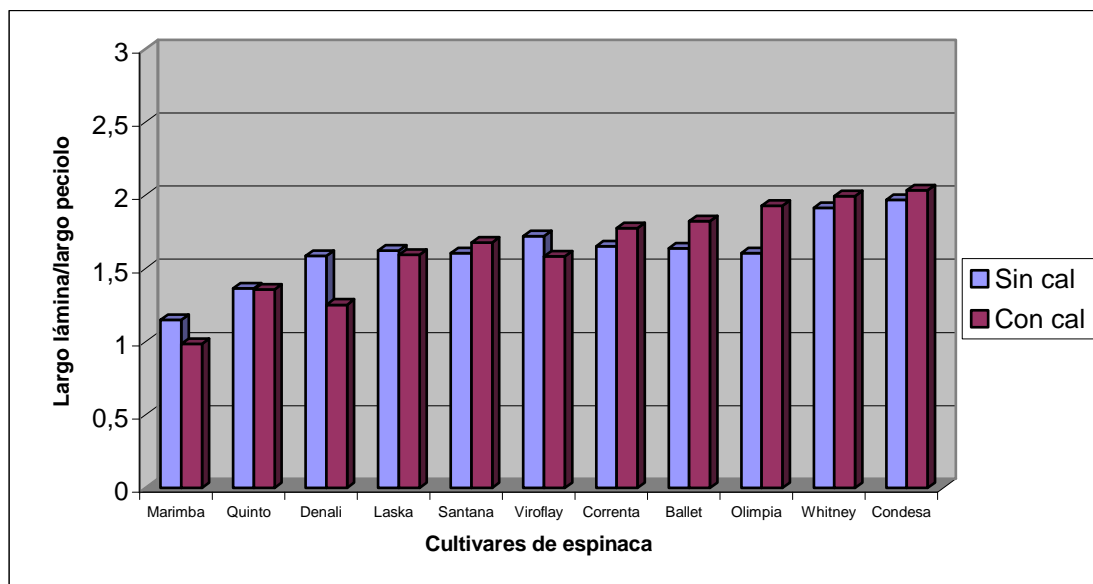
Esta relación, como se ha mencionado anteriormente, es importante para la industrialización del cultivo, específicamente para la industria del congelado, ya que se prefieren los cultivares que presenten un pecíolo más corto en

relación a la lámina, dado que son estos cultivares los que entregan una mayor cantidad de producto aprovechable, siendo el mayor largo de pecíolo una característica no deseable por su alto contenido de fibra y escaso aprovechamiento industrial (GONZÁLEZ, 1997).

El Cuadro 10, muestra que el efecto producido por la incorporación de cal no generó una modificación significativa respecto a la nula incorporación de cal, a diferencia de lo observado en el análisis por separado de las variables longitud de lámina y longitud de pecíolo (Cuadros 8 y 9).

Por otra parte, al realizar la comparación múltiple de promedios entre cultivares, se encontraron diferencias estadísticas entre estos, observándose seis grupos homogéneos de promedios, siendo los cultivares Condesa, Whitney, Olympia, Ballet y Correnta, estadísticamente iguales y con la mayor relación longitud lámina/pecíolo. En tanto, los menores promedios de la relación longitud lámina/pecíolo lo presentan los cultivares Quinto y Marimba, los que pudiesen ser de menor interés industrial.

Esta situación no es coincidente con lo señalado por GONZÁLEZ (1997), quien indica que no se han observado diferencias notorias entre cultivares en esta característica. Por otra parte, la misma autora ha observado un notable acortamiento del pecíolo en plantas sembradas en otoño, en comparación a las de primavera. En las siembras de otoño la relación lámina/pecíolo fluctuó entre 0.6 y 0.8, dependiendo del cultivar y la localidad, y en las siembras de primavera fluctuó entre 1.6 y 2.0, con los mismos cultivares y en las mismas localidades. Estas últimas cifras se asemejan mucho a las obtenidas en este ensayo estival.



**FIGURA 4** Relación entre largo de lámina y largo de pecíolo, en once cultivares de *S.oleracea*.

Si bien la Figura 4 muestra que los cultivares Denali, Laska y Viroflay presentaron una mayor proporción de lámina respecto al pecíolo en el tratamiento sin cal, el análisis estadístico arrojó que no existen diferencias estadísticas, no presentándose interacción entre el efecto de la cal y el factor cultivar, (anexo 9), y solo existe un efecto diferenciador entre cultivares y no entre los tratamientos cal y sin cal, pues dichos tratamientos resultaron ser iguales estadísticamente.

#### 4.4 Ancho de lámina.

Los resultados de la medición de esta variable son presentados en el Cuadro 11.

**CUADRO 11 Ancho promedio de lámina (cm) en once cultivares de *Spinacia oleracea* L.**

Ancho de lámina (cm)				
N°	Cultivar	Encalado		Promedio cultivar
		Sin cal	Con cal	
5	Santana	3.23	3.90	3.57 a
8	Denali	3.46	4.98	4.22 a b
6	Correnta	3.91	4.53	4.22 a b
3	Ballet	3.75	4.77	4.26 a b
1	Marimba	3.67	4.95	4.31 a b
11	Olympia	3.41	5.52	4.47 a b
10	Whitney	4.12	5.26	4.69 b
9	Viroflay	5.24	6.43	5.83 c
2	Quinto	5.60	6.98	6.29 c
7	Condesa	5.93	7.34	6.64 c
4	Laska	5.50	7.96	6.73 c
Promedio encalado		4.35 a	5.69 b	

Diferente letra indica diferencia significativa de medias dentro de la columna promedio cultivar ( $p < 0,05$ , TUKEY).

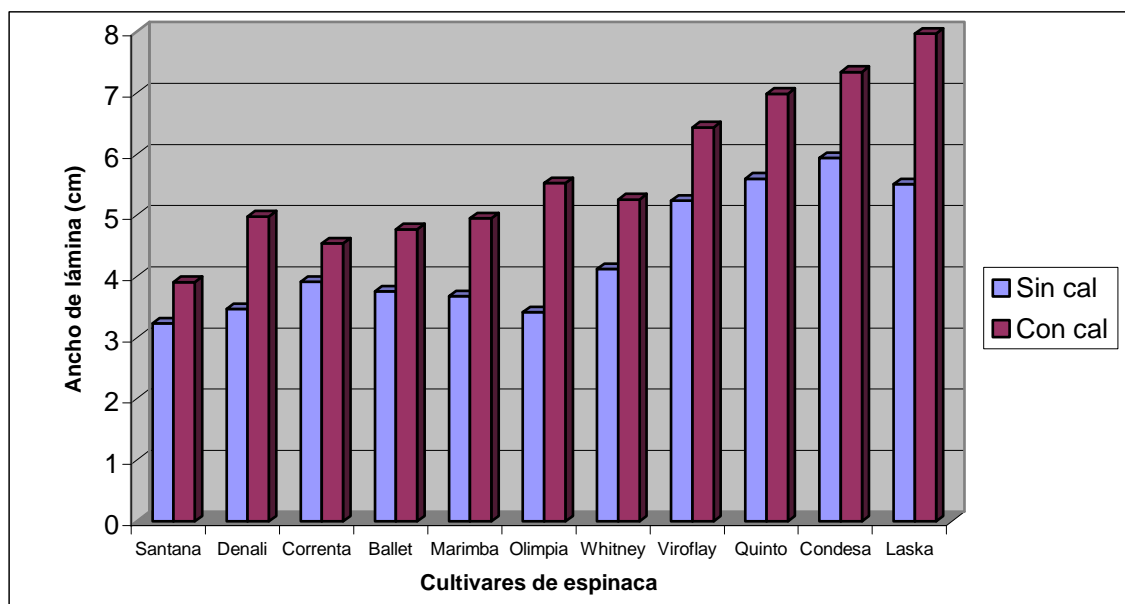
Diferente letra indica diferencia significativa de medias dentro de la fila promedio encalado ( $p < 0,05$ , TUKEY).

Al igual que la variable longitud de lámina (Cuadro 8), el tratamiento adición de cal (2 ton/ha), mostró un efecto de incremento en el ancho de lámina por sobre el tratamiento sin cal, encontrándose diferencias significativas estadísticas entre ambos.

Es interesante notar además que los cultivares Laska, Condesa y Quinto se sitúan entre los que presentan mayor ancho promedio, situación que se aprecia claramente al observar la Figura 5 y analizar el Cuadro 11. Por otra parte, el cultivar Condesa además de situarse entre los cultivares con mayor longitud (Cuadro 8) y ancho de lámina, es el cultivar que presenta la mayor proporción lámina/pecíolo (Cuadro 10), por lo que se espera sea uno de los cultivares con mayor rendimiento entre los evaluados.

El análisis del Cuadro 11, indica la existencia de diferencias estadísticas entre el ancho de lámina promedio entre cultivares. La comparación múltiple de

promedios determinó que los cultivares Laska, Condesa, Quinto y Viroflay presentan el mayor ancho de lámina, diferenciándose estadísticamente del resto de los cultivares. El cultivar Whitney presenta una lámina más ancha que los cultivares Olympia, Marimba, Ballet, Correnta y Denali, sin embargo no es estadísticamente diferente de estos. Lo mismo ocurre con el cultivar Santana, que a pesar de presentar el menor ancho de hoja, no difiere de los cultivares antes señalados.



**FIGURA 5 Ancho de lámina promedio en once cultivares de *S.oleracea*.**

Al analizar el promedio del tratamiento cal y sin cal, se determinó que existen diferencias significativas entre estos, observándose un incremento promedio de un 23,6% en el ancho de lámina de los cultivares de espinaca con adición de cal (Cuadro 11).

Para la variable ancho promedio de lámina, estadísticamente no se observó una interacción entre los cultivares y los tratamientos sin y con cal (Anexo 10), observándose en todos los cultivares una respuesta similar ante la cal. Esta respuesta puede ser explicada por los efectos de la cal incorporada a suelos ácidos, efectos que benefician el crecimiento y desarrollo de la espinaca



dada su alta sensibilidad a pH ácidos (GIACONI y ESCAFF, 1998). Además, según lo señalado por CAMPILLO Y SADZAWKA (1993), son muchos los efectos del encalado en suelos ácidos, entre los cuales se encuentran el aumento del nivel de Ca de intercambio en el suelo, reducción de la concentración de aluminio, manganeso y hierro en la solución del suelo, aumento de la disponibilidad de molibdeno, disminución de la disponibilidad de los micronutrientes boro, cobalto, cobre y zinc. Además, la cal puede aumentar la utilización de fósforo por el sistema radical de las plantas, favorecer la presencia de microorganismos deseables y el reciclaje del nitrógeno del suelo mediante el incremento de la actividad biológica, permitir un incremento en cantidad de lombrices y mejorar la estructura del suelo. A pesar de la gran información respecto a los atributos de la cal en el suelo, no es posible precisar la o las causas de la mayor respuesta de los cultivos sometidos a tratamientos con cal.

#### **4.5 Peso de hoja.**

Esta variable corresponde al peso fresco de la hoja de espinaca, hoja cuya característica es ser entera y peciolada, por lo que los datos que se presentan en el Cuadro 12, corresponden al peso de láminas y pecíolos de cada cultivar.

La información presente en el Cuadro 12, muestra el peso promedio de hojas alcanzada por 11 cultivos, sembrados bajo dos modalidades distintas: sin incorporación de cal y con incorporación de cal, en una dosis de  $2 \text{ ton} \times \text{ha}^{-1}$ . El análisis estadístico muestra que existieron diferencias estadísticas entre no incorporar e incorporar cal. En este último tratamiento, el efecto provocado por la cal permitió alcanzar un mayor peso promedio de hoja, observándose un incremento de un 39,4% respecto al tratamiento sin cal.

**CUADRO 12** Peso promedio de hoja (g) en once cultivares de *Spinacia oleracea* L.

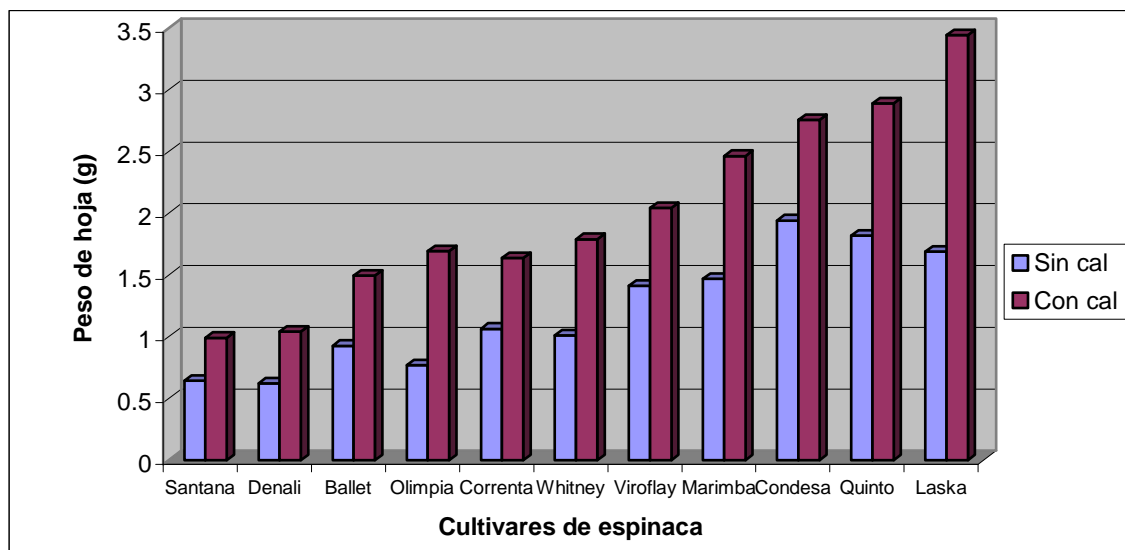
Peso promedio de hoja (g)				
N°	Cultivar	Encalado		Promedio cultivar
		Sin cal	Con cal	
5	Santana	0.64	0.99	0.81 a
8	Denali	0.62	1.04	0.83 a
3	Ballet	0.92	1.49	1.21 a b
11	Olympia	0.76	1.69	1.23 a b c
6	Correnta	1.06	1.63	1.35 b c d
10	Whitney	1.01	1.79	1.40 b c d
9	Viroflay	1.41	2.04	1.72 c d e
1	Marimba	1.47	2.46	1.96 d e
7	Condesa	1.94	2.75	2.34 e
2	Quinto	1.81	2.89	2.35 e
4	Laska	1.68	3.44	2.56 e
<b>Promedio encalado</b>		1.21 a	2.02 b	

Diferente letra indica diferencia significativa de medias dentro de la columna promedio cultivar ( $p < 0.05$ , TUKEY).

Diferente letra indica diferencia significativa de medias dentro de la fila promedio encalado ( $p < 0.05$ , TUKEY).

Otra información presente en el Cuadro 12, es la diferencia estadística existente entre la variable peso de hojas entre cultivares. La comparación múltiple de promedios muestra que los cultivares Laska, Quinto y Condesa presentan el mayor peso de la hoja, siendo éste estadísticamente diferente al resto de los cultivares, con la excepción de Marimba y Viroflay. En tanto, el cultivar con menor peso de hojas corresponde a Santana, no obstante, no difiere estadísticamente de los cultivares Denali, Ballet, y Olympia.

Este estudio concuerda con lo señalado por LEON (1997), quien al realizar una evaluación de los cultivares Condesa y Viroflay como materia prima para congelado, no encontró diferencias estadísticas entre ellos, sin embargo, Condesa presentó un mayor rendimiento industrial en peso fresco, respecto a Viroflay. Además, y analizando los datos de este estudio, Condesa fue superior a cinco cultivares respecto al número de hojas (Cuadro 15), y a seis cultivares respecto al peso de hoja (Cuadro 12). Esta situación explicaría el alto rendimiento de este cultivar.



**FIGURA 6** Peso promedio de hoja en once cultivares de *S.oleracea*.

Realizando un análisis descriptivo de la Figura 6, se observa una clara tendencia en todos los cultivares de espinaca de alcanzar un mayor peso de hojas cuando se cultiva en un suelo ácido y posteriormente se eleva el pH con la incorporación de cal al suelo.

Tal aumento de peso pudiese ser explicado por la capacidad de la cal de aumentar la disponibilidad de macro y micronutrientes en suelos ácidos, mucho de los cuales participan activamente dentro de las plantas en procesos tales como la fotosíntesis y síntesis de ADN y ARN, tal como el magnesio, elemento constitutivo de la molécula clorofila, o fósforo, parte esencial de muchos glucosfosfatos que participan en la fotosíntesis, respiración y otros procesos metabólicos; también forma parte de los nucleótidos y de fosfolípidos presentes en las membranas (SALISBURY Y ROSS, 1994).

Para la variable peso de hoja, estadísticamente no se observó una interacción entre los cultivares y los tratamientos sin y con cal (Anexo 11), existiendo solo un efecto por separado de los cultivares y dichos tratamientos.

#### 4.6 Peso de pecíolo.

En el Cuadro 13 se observa el peso promedio del pecíolo de la hoja de cada uno de los once cultivares de espinaca evaluados.

**CUADRO 13** Peso promedio de peciolo (g), en once cultivares de *Spinacia oleracea* L.

Peso promedio de peciolo (g)				
N°	Cultivar	Encalado		Promedio cultivar
		Sin cal	Con cal	
5	Santana	0.15	0.21	0.18 a
8	Denali	0.12	0.27	0.20 a
11	Olympia	0.15	0.29	0.22 a
3	Ballet	0.21	0.27	0.24 a b
6	Correnta	0.20	0.30	0.25 a b
10	Whitney	0.20	0.32	0.26 a b
9	Viroflay	0.27	0.43	0.35 b c
7	Condesa	0.38	0.55	0.47 c d
4	Laska	0.35	0.73	0.54 c d
1	Marimba	0.39	0.77	0.58 c d
2	Quinto	0.47	0.76	0.62 d
Promedio encalado		0.26 a	0.45 b	

Diferente letra indica diferencia significativa de medias dentro de la columna promedio cultivar ( $p < 0,05$ , TUKEY).

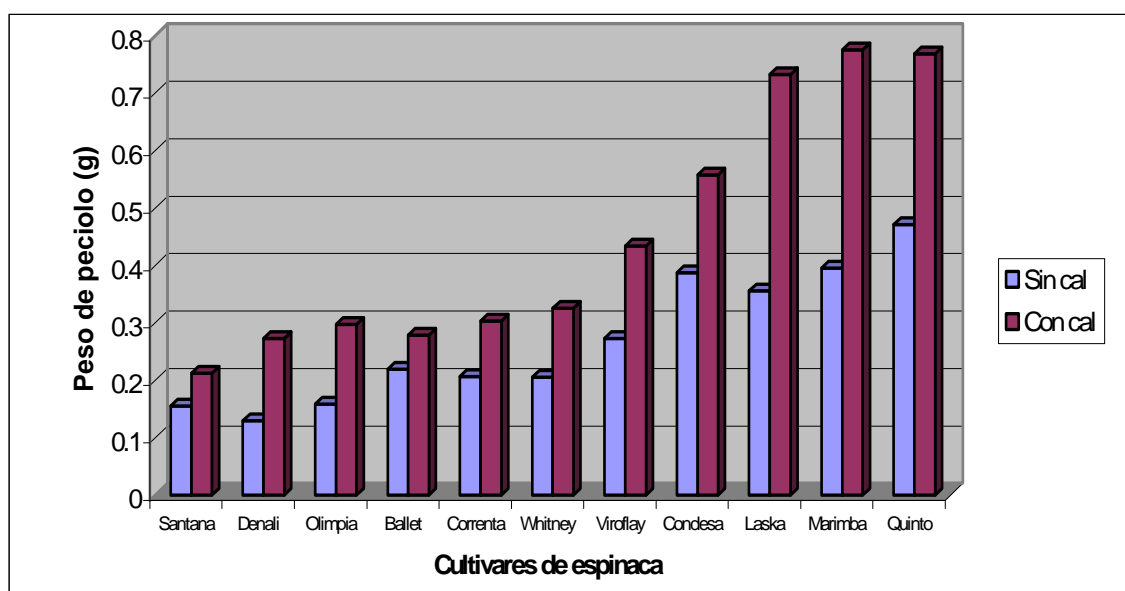
Diferente letra indica diferencia significativa de medias dentro de la fila promedio encalado ( $p < 0,05$ , TUKEY).

En el Cuadro 13 se observa que existieron diferencias estadísticas entre el promedio de los cultivares respecto a la aplicación de cal, con lo cual se desprende que el peso de pecíolo tuvo una respuesta positiva frente a la enmienda calcárea, la cual se incrementó en un 40,2%.

Al comparar entre cultivares, se observa que Quinto, Marimba, Laska y Condesa, presentaron los mayores pesos en pecíolo, tal como se aprecia en el Cuadro 13 y Figura 7.

Resulta de interés señalar que los cultivares Quinto y Marimba presentaron la menor relación lámina/pecíolo (Cuadro 10), lo que sumado a su mayor peso de pecíolo los convierte en cultivares poco atractivos para los agricultores respecto al rendimiento que pudiesen alcanzar. En tanto, Condesa, presentó la mayor relación lámina/pecíolo (Cuadro 10), por lo que su alto peso de pecíolo no lo inhabilita como cultivar de interés agroindustrial.

Los menores promedios presentes en la variable peso de pecíolo lo presentan los cultivares Santana, Denali, Olympia, Ballet, Correnta y Whitney, cultivares que no presentaron diferencias estadísticas significativas entre si.



**FIGURA 7** Peso promedio de pecíolo en once cultivares de *S.oleracea*.

De acuerdo a la figura anterior, y dada la gran diferencia que existe entre el peso de pecíolo entre cultivares y además dentro de los cultivares respecto a los tratamiento con cal y sin cal, podría suponerse que existió interacción entre los factores. Sin embargo, el anexo 12 muestra lo contrario, no indica que exista una relación de dependencia entre los cultivares y la cal. Esto pudiese ser explicado por una relación entre el genotipo y el medio ambiente, ya que según

señala GONZÁLEZ (1997), existe una diferencia en longitud y peso de pecíolo, dependiendo de la época del año en que se cultive, situación que se explica a su vez por el distinto fotoperíodo y temperaturas.

#### 4.7 Peso de lámina.

Los resultados obtenidos para esta variable se presentan en el siguiente cuadro.

**CUADRO 14** Peso promedio de lámina (g) en once cultivares de *Spinacia oleracea* L.

Peso promedio de lámina (g)				
Nº	Cultivar	Encalado		Promedio cultivar
		Sin cal	Con cal	
8	Denali	0.49	0.76	0.63 a
5	Santana	0.49	0.77	0.63 a b
3	Ballet	0.70	1.21	0.96 a b c
11	Olympia	0.61	1.39	1.00 b c
6	Correnta	0.85	1.33	1.09 c
10	Whitney	0.80	1.46	1.13 c
9	Viroflay	1.14	1.60	1.37 c d
1	Marimba	1.07	1.69	1.38 c d
2	Quinto	1.34	2.12	1.73 d
7	Condesa	1.55	2.19	1.87 d
4	Laska	1.33	2.71	2.02 d
Promedio encalado		0.94 a	1.57 b	

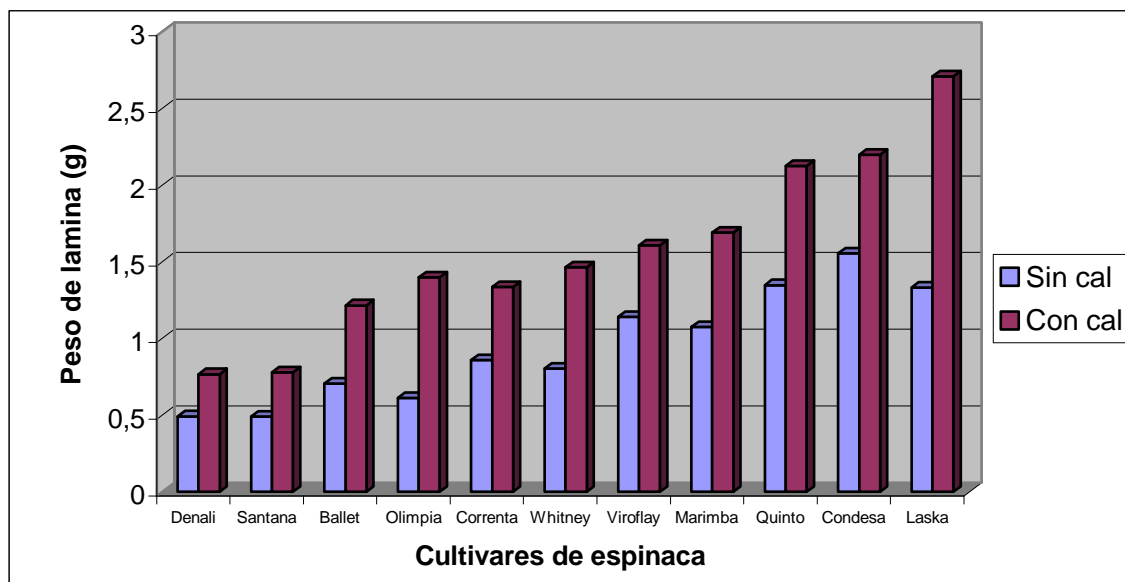
Diferente letra indica diferencia significativa de medias dentro de la columna promedio cultivar ( $p < 0,05$ , TUKEY).

Diferente letra indica diferencia significativa de medias dentro de la fila promedio encalado ( $p < 0,05$ , TUKEY).

Los datos presentes en el Cuadro 14, muestran el peso promedio de lámina foliar alcanzado por 11 cultivares, sembrados con 2 manejos distintos. El primero corresponde a siembra directa en suelo sin incorporación de cal y el segundo a siembra en suelo con cal incorporada ( $2 \text{ ton} \times \text{ha}^{-1}$ ). El análisis estadístico muestra que existieron diferencias estadísticas entre no incorporar e incorporar cal. En este último tratamiento, el efecto provocado por la cal

permitió alcanzar un mayor peso promedio de lámina foliar, observándose un incremento de un 67, 02 % respecto al tratamiento sin cal.

A su vez, la comparación múltiple de promedios, del peso de lámina entre cultivares, indica que los cultivares Laska, Condesa, Quinto, Marimba y Viroflay presentan el mayor peso de lámina, diferenciándose estadísticamente de los cultivares Olympia, Ballet, Santana y Denali. En tanto, el cultivar Denali, con el menor peso promedio de lámina, es diferente estadísticamente a Olympia, Correnta y Whitney, cultivares que se encuentran en un grupo intermedio.



**FIGURA 8** Peso promedio de lámina en once cultivares de *S.oleracea*.

De acuerdo a lo observado en la Figura 8, se aprecia una tendencia en todos los cultivares de espinaca de alcanzar un mayor peso de lámina al adicionar cal al suelo. Al respecto, la aplicación de cal en suelos ácidos a neutros, produce una respuesta favorable en el crecimiento, lo que implica un aumento de peso en las estructuras de las plantas de espinaca. Los efectos de la cal, tanto en el suelo como el efecto producido en las plantas, se encuentran ampliamente estudiados por TISDALE *et. al.*, (1993), SALISBURY Y ROSS

(1994), RUBATZKY Y YAMAGUCHI (1997), quienes señalan un efecto directo en el crecimiento y desarrollo, mediados ya sea porque al aumentar el pH de suelos ácidos se mejora la disponibilidad de nutrientes para las plantas o el aporte de calcio presente en la cal. Algunas funciones del calcio se encuentran asociadas a la estructura de la pared celular en forma de pectatos, o asociado a calmodulina, cumpliendo la función de activador enzimático, actuando en el proceso de crecimiento.

#### 4.8 Número de hojas por planta.

En el Cuadro 15, se presenta el número promedio de hojas por planta, bajo dos modalidades distintas: sin cal y con cal, esta última con una dosis de 2 ton×ha<sup>-1</sup>. El análisis estadístico muestra que existieron diferencias estadísticas entre los tratamientos sin y con cal. En este último, el efecto provocado por la cal permitió alcanzar un mayor número de hojas por planta, observándose un incremento de un 13,43% respecto al tratamiento sin cal.

**CUADRO 15** Número promedio de hojas por planta en once cultivares de *Spinacia oleracea* L.

Número promedio de hojas por planta				
Nº	Cultivar	Encalado		Promedio cultivar
		Sin cal	Con cal	
9	Viroflay	17.25	17.70	17.50 a
3	Ballet	17.60	20.40	19.00 a b
6	Correnta	18.00	20.35	19.20 a b
11	Olympia	21.45	21.45	21.45 a b
5	Santana	20.75	24.95	22.85 a b c
10	Whitney	24.75	22.90	23.83 a b c d
2	Quinto	20.65	27.50	24.08 a b c d
8	Denali	21.65	28.30	24.98 a b c d
4	Laska	23.35	27.45	25.40 b c d
7	Condesa	30.15	28.80	29.48 c d
1	Marimba	26.80	35.15	30.98 d
Promedio encalado		22.03 a	24.99 b	

Diferente letra indica diferencia significativa de medias dentro de la columna promedio cultivar ( $p < 0,05$ , TUKEY).

Diferente letra indica diferencia significativa de medias dentro de la fila promedio encalado ( $p < 0,05$ , TUKEY).



Al realizar el análisis de interacción entre los factores principales, cal y cultivares, no se observó interacción, existiendo solo un efecto por separado de los cultivares y dichos tratamientos (Anexo 14).

Por otra parte, la comparación múltiple de promedios entre cultivares, que se presenta en el Cuadro 15, indica que el cultivar Marimba presentó el mayor número de hojas por planta, siendo estadísticamente igual a Condesa, Laska, Denali, Quinto y Whitney pero estadísticamente diferente al cultivar Viroflay, el cual presentó en promedio, cerca de 13 hojas menos que el cultivar Marimba. También presentó menor cantidad de hojas que los observados en los cultivares Ballet, Correnta, Olympia y Santana.

En el estudio realizado por ULLOA (1985), en el cual se analizó el cultivar Viroflay con diferentes dosis de nitrógeno en la Región Metropolitana, se determinó que con un suministro de 44 ppm de nitrógeno, más una fertilización de 90 unidades de nitrógeno por hectárea, se obtuvo un promedio de 15,2 hojas por planta. Comparativamente a los resultados observados por el autor antes mencionado, en el presente ensayo, con un suministro de 15,4 ppm de nitrógeno, y una fertilización base de 120 unidades de Nitrógeno por hectárea, se obtuvo un promedio muy similar al anterior, con 17,5 hojas por planta para el mismo cultivar.

#### **4.9 Altura de plantas.**

Esta variable adquiere relevancia dado que la espinaca para uso industrial se cosecha mecanizadamente, con una altura de corte de 5 cm desde el nivel del suelo, razón por la cual se desea obtener plantas altas pero con una proporción mayor de lámina respecto al pecíolo (LE STRANGE *et al.*, 2001; MOTES *et al.*, 2006).

El Cuadro 16 muestra la altura promedio alcanzada por los once cultivares evaluados, tanto en subparcelas sin cal y con cal ( $\text{CaCO}_3$ ).

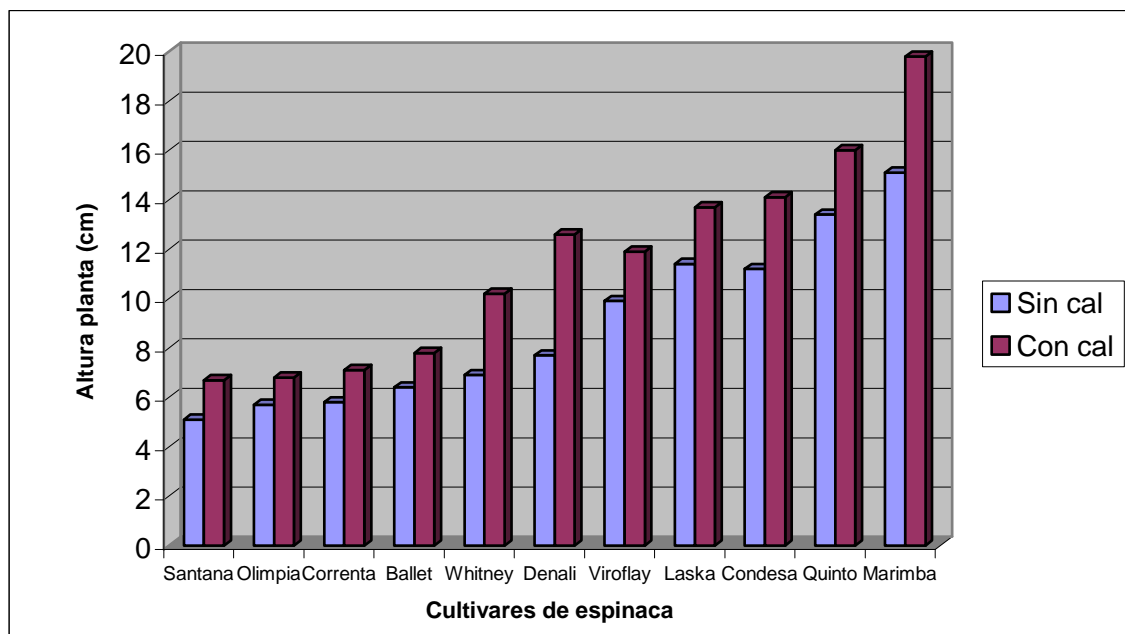
**CUADRO 16** Altura promedio de plantas (cm), en once cultivares de *Spinacia oleracea* L.

Altura promedio de plantas (cm)				
N°	Cultivar	Encalado		Promedio cultivar
		Sin cal	Con cal	
5	Santana	5.1	6.7	5.90 a
11	Olympia	5.7	6.8	6.23 a
6	Correnta	5.8	7.1	6.40 a
3	Ballet	6.4	7.8	7.08 ab
10	Whitney	6.9	10.2	8.53 bc
8	Denali	7.7	12.6	10.13 cd
9	Viroflay	9.9	11.9	10.88 de
4	Laska	11.4	13.7	12.53 ef
7	Condesa	11.2	14.1	12.60 ef
2	Quinto	13.4	16.0	14.68 fg
1	Marimba	15.1	19.8	17.43 g
Promedio encalado		8.92 a	11.51 b	

Diferente letra indica diferencia significativa de medias dentro de la columna promedio cultivar ( $p < 0,05$ , TUKEY).

Diferente letra indica diferencia significativa de medias dentro de la fila promedio encalado ( $p < 0,05$ , TUKEY).

De acuerdo a la información presentada, en todos los cultivares sembrados con incorporación previa de cal se observa un aumento en altura, cercano al 29% respecto al tratamiento sin cal. Además, es posible señalar que el cultivar Marimba resultó ser el más alto, superando en casi 3 veces la altura del más bajo, que correspondió al cultivar Santana, lo que se aprecia claramente en la Figura 9. Sin embargo, esta notoria diferencia entre el cultivar Marimba y Santana no puede ser explicado por el efecto de la aplicación de cal, pues el análisis de interacción determinó que no existe una asociación entre los tratamientos y los cultivares (Anexo 15), pudiendo encontrarse la causa en el factor genético, propio de cada cultivar .



**FIGURA 9** Altura de plantas, en once cultivares de *S.oleracea*.

La comparación de medias del promedio de altura alcanzado por las plantas entre cultivares (Cuadro 16), indica que Marimba, junto a Quinto, son los cultivares que se destacan del resto, con alturas que superan los 14 cm. Al comparar Marimba con los otros 9 cultivares, se observa que hubo diferencias estadísticas significativas, observándose la mayor diferencia con los cultivares Correnta, Olympia y Santana, cultivares estadísticamente iguales entre si, y que representan al grupo de menor altura total de planta alcanzada.

#### 4.10 Ancho de plantas.

En el Cuadro 17 se observa el ancho promedio de planta de cada uno de los once cultivares de espinaca evaluados. La determinación de esta variable se obtuvo midiendo el diámetro de la cobertura de suelo de planta.

**CUADRO 17 Ancho promedio de plantas (cm) en once cultivares de *Spinacia oleracea* L.**

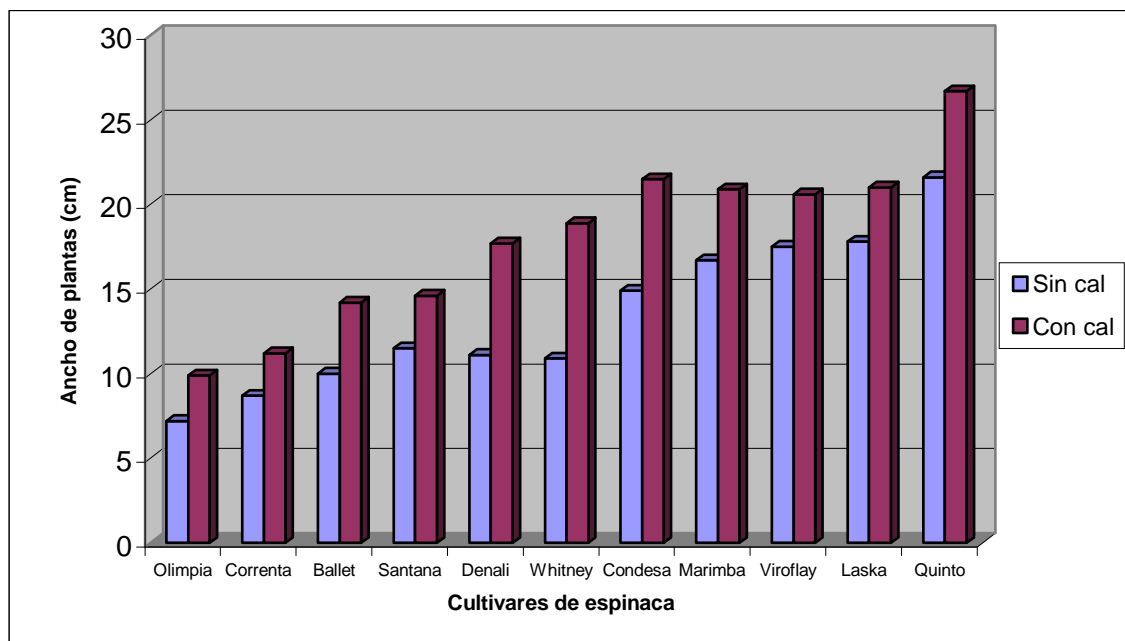
Ancho promedio de plantas (cm)				
N°	Cultivar	Encalado		Promedio cultivar
		Sin cal	Con cal	
11	Olympia	7.2	9.9	8.50 a
6	Correnta	8.7	11.2	9.93 ab
3	Ballet	10.0	14.2	12.05 abc
5	Santana	11.5	14.6	13.05 bc
8	Denali	11.1	17.7	14.38 cd
10	Whitney	10.9	18.9	14.90 cde
7	Condesa	14.9	21.5	18.20 def
1	Marimba	16.7	20.9	18.80 ef
9	Viroflay	17.5	20.6	19.00 f
4	Laska	17.8	21.0	19.35 f
2	Quinto	21.6	26.7	24.13 g
Promedio encalado		13.42 a	17.91 b	

Diferente letra indica diferencia significativa de medias dentro de la columna promedio cultivar ( $p < 0,05$ , TUKEY).

Diferente letra indica diferencia significativa de medias dentro de la fila promedio encalado ( $p < 0,05$ , TUKEY).

El Cuadro 8 muestra una diferencia estadística significativa entre los tratamientos con cal y sin cal, siendo mayor el diámetro de planta en el tratamiento con cal, relación superior en un 33,45%.

Además, el Cuadro 17 muestra que la comparación de medias entre los cultivares, distingue la existencia de grupos homogéneos, los cuales corresponden a Olympia, Correnta, y Ballet, cultivares con el menor ancho de planta. Además, un grupo intermedio de promedios lo conforman los cultivares Santana, Denali y Whitney. Al medir esta variable, se distingue una diferencia significativamente mayor en el cultivar Quinto, respecto a todos los otros cultivares evaluados.



**FIGURA 10 Ancho promedio de plantas, en once cultivares de *S.oleracea*.**

La Figura10 muestra que los cultivares Quinto, Laska, Viroflay, Marimba y Condesa sobrepasan los 15 cm de diámetro, siendo los cultivares con mayor valor promedio en ancho de planta. Dentro de estos cultivares, Quinto Marimba y Laska también fueron los que obtuvieron mayor valor en altura de planta, y en peso de lámina (Figuras 8 y 9), por lo es esperable se encuentren dentro de los cultivares con mayor rendimiento.

Tal como ha ocurrido en otras variables, no se presentó interacción entre los cultivares y los tratamientos sin y con cal, y dado que el resto de los factores ambientales y de manejo agrícola fueron iguales para todos los casos, es presumiblemente el factor genético el responsable de las distintas respuestas observadas en los cultivares.

#### 4.11 Peso total de hojas (Rendimiento industrial).

El rendimiento industrial de los cultivares de espinaca se presenta en el Cuadro 18.

**CUADRO 18** Peso total de hojas (ton/ha) en los cultivares de *Spinacia oleracea* L.

Peso total de hojas (ton/ha)				
N°	Cultivar	Encalado		Promedio cultivar
		Sin cal	Con cal	
3	Ballet	5.0	9.5	7.3 a
1	Marimba	4.6	10.1	7.4 a
6	Correnta	5.3	10.2	7.8 a
5	Santana	5.2	11.0	8.1 a
8	Denali	5.7	11.3	8.5 a
11	Olympia	5.7	11.7	8.7 a
9	Viroflay	7.8	11.9	9.8 a b
10	Whitney	8.4	14.7	11.5 a b c
2	Quinto	11.8	22.2	17.0 b c
4	Laska	12.5	21.9	17.2 b c
7	Condesa	13.9	24.0	19.0 c
Promedio encalado		7.8 a	14.4 b	

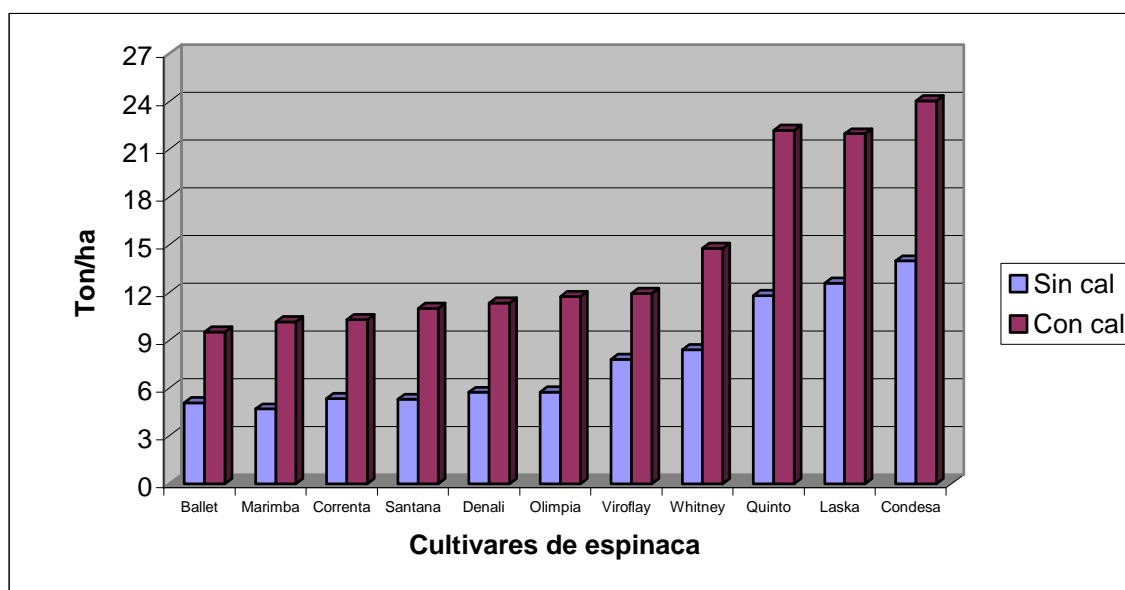
Diferente letra indica diferencia significativa de medias dentro de la columna promedio cultivar ( $p < 0,05$ , TUKEY).

Diferente letra indica diferencia significativa de medias dentro de la fila promedio encalado ( $p < 0,05$ , TUKEY).

El análisis estadístico muestra que existieron diferencias estadísticas significativas entre no incorporar e incorporar cal al suelo. En este último tratamiento, el efecto provocado por la cal es notorio, logrando un incremento en rendimiento del orden de un 84% superior al tratamiento sin cal.

Para la variable peso total de hojas, correspondiente al rendimiento industrial, estadísticamente no se observó una interacción entre los cultivares y los tratamientos sin y con cal (Anexo 17), existiendo solo un efecto por separado.

Además, el Cuadro 18 muestra la comparación múltiple de promedios del peso total de hojas, entre cultivares. Se observan tres grupos homogéneos de promedios, de los cuales, Condesa presenta un peso de hojas significativamente mayor que los cultivares Viroflay, Olympia, Denali, Santana, Correnta, Marimba y Ballet, sin embargo, a pesar de presentar mayor peso total de lámina y peciolo que los cultivares Laska y Quinto, estos son estadísticamente iguales. El cultivar Whitney se encuentra en un nivel intermedio al igual que Viroflay. En la Figura 11 se aprecian claramente los cultivares que alcanzaron mayores rendimientos.



**FIGURA 11** Peso total de hojas en once cultivares de *S.oleracea*.

Uno de los cultivares que ha sido objeto de una gran cantidad de estudios es Viroflay. Al respecto, el estudio realizado por ZINK (1965), determinó un rendimiento de 16 ton/ha, con una fertilización nitrogenada en dosis de 60 kg/ha. Otra investigación, realizada por BRADLEY *et. al.*, (1975) informó que se obtuvo rendimientos cercanos a las 25 ton/ha, con una aplicación de nitrógeno en dosis de 134 kg/ha. Los resultados obtenidos en este estudio, son muy inferiores a los antecedentes entregados por los autores

antes mencionados, no teniéndose claro los factores que limitaron su crecimiento y desarrollo hasta el nivel señalado. Sin embargo, es probable que el hecho de realizar la cosecha cuando se insinuó la emisión de tallo floral, evitó que las plantas alcanzarán un mayor tamaño y por ende un mayor rendimiento.

Otros antecedentes, entregados por GONZALEZ (2000), indican que bajo condiciones de invernadero, con una temperatura media interior de 15°C, los cultivares Viroflay y Olympia, alcanzaron rendimientos cercanos a las 9 y 32 ton/ha respectivamente. Estos resultados fueron encontrados en la depresión intermedia de la VIII región, en siembras otoñales, y con un periodo desde siembra a cosecha de 110 días.

Sin embargo, ULLOA (1985) y LEON (1997), en dos estudios independientes, encontraron resultados similares a los obtenidos en este ensayo, con rendimientos promedio de 11 y 6 ton/ha, respectivamente, valor que para el cultivar Viroflay evaluado en este estudio correspondió a 9 ton/ha.

Esta variación en los rendimientos observados, presumiblemente depende de factores tales como fotoperíodo, temperatura, y de adaptabilidad de los distintos cultivares a determinadas zonas.



#### 4.12 Fotoperíodo y días-grado acumulados a la emisión de tallo floral.

La cosecha fue realizada según el criterio de insinuación del 15% de plantas con emisión de tallo floral en cada uno de los cultivares (UPOV, 1996).

La información referente a la fecha de siembra, emisión de tallo floral, cantidad de días desde siembra a cosecha, °Días acumulados y fotoperíodo del día de cosecha, se presentan en el Cuadro 19.

**CUADRO 19 Grados días acumulados desde siembra a cosecha y fotoperíodo observado al momento de insinuación de emisión de tallo floral de once cultivares de *S.oleracea*.**

Nº	Cultivar	Fecha siembra	Fecha emisión tallo floral	Siembra a cosecha (días)	°Días acumulados	Fotoperíodo (horas)
1	Marimba	09-ene	22-Feb	44	598.50	13,96
2	Quinto	09-ene	4-Mar	54	705.70	13,54
9	Viroflay	09-ene	5-Mar	55	716.35	13,51
4	Laska	09-ene	14-Mar	64	796.80	13,39
7	Condesa	09-ene	22-Mar	72	881.55	12,75
3	Ballet	09-ene	4-Apr	85	1009.65	12,13
5	Santana	09-ene	4-Apr	85	1009.65	12,13
6	Correnta	09-ene	4-Apr	85	1009.65	12,13
8	Denali	09-ene	4-Apr	85	1009.65	12,13
10	Whitney	09-ene	4-Apr	85	1009.65	12,13
11	Olympia	09-ene	4-Apr	85	1009.65	12,13

Respecto a la información del cuadro anterior, se puede inferir que los cultivares Marimba, Quinto, Viroflay y Laska, son los cultivares más sensibles al fotoperíodo y temperatura, encontrándose una relación inversa entre estas variables. Los cultivares antes mencionados fueron los primeros en insinuar emisión de tallo floral,

Respecto al fotoperíodo, Moskow (1966), citado por INVUFLEC (1970), indican que la inducción floral responde a la cantidad de horas luz, siendo la

duración mínima de largo de día para que se produzca la inducción floral de 12 horas, y al exponerse a valores tan bajos como 10 horas y treinta minutos, este proceso se detiene.

Por su parte, GORINI (1970), señala que es necesario además que se presenten temperaturas superiores a 15 °C para que las plantas pasen de fase vegetativa a la de emisión del tallo floral. Las temperaturas registradas durante el ensayo se observan en el Anexo 6.

Además, COTRONEO (1999), al estudiar la respuesta de cuatro cultivares de espinaca al fotoperíodo (Viroflay, Baker, Shasta y Olympia), encontró que la respuesta de la floración al fotoperíodo difiere entre cultivares. De los cultivares estudiados, Viroflay resultó presentar una sensibilidad intermedia frente a condiciones de día largo al ser comparados con los cv. Baker y Shasta.

Respecto al cv. Viroflay, los resultados obtenidos en este estudio son comparables a los obtenidos por COTRONEO (1999), ya que Viroflay se encuentra entre los cuatro cultivares que primero insinuaron la emisión de tallos florales.

Por otra parte, y respecto a *S. oleracea* cv. Olympia, COTRONEO (1999) indica que este cultivar no presentó respuesta al fotoperíodo, razón por la cual sería, entre estos, el más inflexible para entrar en floración, información concordante con lo señalado por LE STRANGE *et al.*, (2001), quienes agregan que este cultivar posee una excepcional resistencia a la emisión del tallo floral. Estos dos argumentos concuerdan plenamente con lo observado en este estudio, pues el cv. Olympia presentó la mayor cantidad de días de siembra a cosecha, en relación a los otros cultivares evaluados, con un total de 85 días y 1009 grados días acumulados (Cuadro 19), sin presentar emisión de tallo floral.

#### 4.13 Descripción morfológica de cultivares.

A continuación se presentan las principales características morfológicas observadas en los cultivares de espinaca. La clasificación se efectuó de acuerdo a las directrices señaladas por UPOV (1996), con especial énfasis en color, forma de hoja, característica de pecíolo y textura de hoja, los cuales se resumen en el Cuadro 20.

**CUADRO 20 Principales características morfológicas observadas en once cultivares de *S.oleracea*.**

Nº	Cultivar	Intensidad de color verde	Forma de hoja	de Característica de pecíolo y textura de hoja.
1	Marimba	<b>claro</b>	Oval	Pecíolo erecto, hoja semi rugosa
2	Quinto	<b>medio</b>	Oval	Pecíolo erecto, hoja lisa.
3	Ballet	<b>Muy oscuro</b>	Elíptica	Pecíolo erecto, hoja lisa.
4	Laska	<b>Oscuro</b>	Oval	Pecíolo erecto, hoja semi rugosa
5	Santana	<b>Muy oscuro</b>	Elíptica	Pecíolo semi erecto, hoja rugosa.
6	Correnta	<b>Muy oscuro</b>	Oval	Pecíolo erecto, hoja lisa.
7	Condesa	<b>Oscuro</b>	Elíptica.	Pecíolo erecto, hoja rugosa.
8	Denali	<b>Medio</b>	Oval	Pecíolo erecto, hoja semi rugosa.
9	Viroflay	<b>Oscuro</b>	Oval	Pecíolo semi erecto, hoja lisa.
10	Whitney	<b>Oscuro</b>	Oval	Pecíolo erecto, hoja lisa.
11	Olympia	<b>Muy oscuro</b>	Triangular	Pecíolo erecto, hoja lisa.

Las características señaladas por UPOV (2006), se observan en los anexos 1,2,3 y 4.

## 5 CONCLUSIONES

De los resultados expuestos anteriormente, y bajo las condiciones en que se desarrolló este ensayo se concluye que:

- De los once cultivares evaluados, Condesa, Laska y Quinto presentan los mayores rendimientos en producción de hojas, alcanzando una producción cercana a las 17,7 toneladas por hectárea, con un periodo desde siembra a cosecha de 72, 55 y 54 días, respectivamente.
- Los cultivares con menor rendimiento corresponden a Ballet, Marimba y Correnta con un rendimiento promedio de 7,5 toneladas por hectárea.
- Los cultivares con mayor rendimiento se caracterizan por poseer hojas de forma elíptica y oval, longitud de lámina cercana a los 9 cm y una relación de longitud lámina/pecíolo fluctuante entre 1.3 y 2.1, además de presentar una coloración verde oscuro.
- Los cultivares de mayor rendimiento, presentaron en general una mayor altura de plantas.
- Los cultivares Marimba, Quinto, Viroflay y Laska, fueron los más sensibles a la interacción temperatura y fotoperíodo, insinuando antes que los otros cultivares la emisión del tallo floral.
- En todas las variables evaluadas, la incorporación de cal favoreció el crecimiento y desarrollo de las plantas de espinaca, salvo en la relación longitud lámina/pecíolo.

- Los cultivares con mayor posibilidad de uso en la zona serían, Condesa, Quinto y Laska, ya que presentaron un buen ancho de lámina, aún cuando estas dos últimas muestran una baja relación longitud de la lámina/longitud de pecíolo.

## 6 RESUMEN

En la Estación Experimental Santa Rosa, propiedad de la Universidad Austral de Chile, ubicada en la comuna de Valdivia, se desarrolló un ensayo con once cultivares de espinaca (*Spinacea oleracea* L.), tendiente a determinar el comportamiento agronómico de la especie con fines industriales, en un suelo ácido, con un pH 5,5 comparando, a su vez, con la adición al suelo de  $\text{CaCO}_3$  en una dosis de 2 ton/ha . Los cultivares utilizados fueron Santana, Olympia, Ballet, Whitney, Correnta, Denali, Condesa, Viroflay, Laska, Quinto y Marimba, los cuales fueron evaluados cualitativa y cuantitativamente para determinar cual o cuales cultivares se comportan mejor en la zona sur de Chile, y su aptitud para ser utilizados como cultivo industrial. Dichas evaluaciones se realizaron sobre la base del largo de la lámina, largo del pecíolo y de la relación existente entre ambos, además del ancho de lámina, peso de hoja, peso de pecíolo, peso de lámina, número de hojas, altura de plantas, ancho de plantas y peso fresco del total de hojas, variable que indica el rendimiento industrial del cultivo. Otra variable medida, fue la acumulación de días grados de siembra a cosecha .

Los resultados muestran que los cultivares Condesa, Laska y Quinto presentan los mayores rendimientos en hojas, así como también que la adición de cal mostró un efecto positivo en el crecimiento y desarrollo de las plantas, lo que se expresó en todas las variables consideradas, excepto para la relación longitud lámina /pecíolo.

Los grados días acumulados variaron entre 598 y 1009, y los días de siembra a cosecha entre 44 a 85 días, para los diferentes cultivares.

## SUMMARY

An horticultural research, considering eleven spinach cultivars for industrial use, was performed at the Santa Rosa Experiment Station, property of Universidad Austral de Chile, located 5 km north of Valdivia city,. The purpose of the research was to determine the performance of the cultivars Santana, Olympia, Ballet, Whitney, Correnta, Denali, Condesa, Viroflay, Laska, Quinto and Marimba in southern Chile, using an acid soil (pH 5.5), as compared, with the same soil having added 2 tons/ha of CaCO<sub>3</sub>.

Evaluations carried out were: determination of leaf and petiole length, and their relationship ; leaf width, leaf weight, number of leaves, height of plants, plant width and the total fresh weight of leaves (industrial yield). Degree days from sowing to harvest date was also measured.

The results showed that the cultivares Condesa, Laska and Quinto, presented the highest yields. The addition of calcium carbonate, showed a positive effect in the growth and development of the plants in most of the evaluated variables, not showing statistical differences when comparing the relationship longitude leaf/petiole

Accumulated degree-days varied from 598 to 1009, and the days from sowing to harvest from 44 to 85 days, for the different cultivars.

## 7 BIBLIOGRAFÍA

AGRIOS, G. 1996. Fitopatología. 2<sup>a</sup> ed. México. Limusa. 838 p.

AGUIRRE, J. 2001. Estudio de la adición de aluminio a los suelos de la zona sur de Chile para modificar su contenido de aluminio intercambiable y aluminio en solución. Tesis Lic. Agr. Valdivia. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias. 92 p.

ASOCIACIÓN NACIONAL DE FABRICANTES E IMPORTADORES DE PRODUCTOS FITOSANITARIOS AGRÍCOLAS (AFIPA). 1998. Manual fitosanitario 1998-1999. Santiago, Chile. Láser. 731 p.

BOHN, H., McNEAL, B. Y O'CONNOR, G. 1993. Química de suelos. 3<sup>a</sup> ed. México. Limusa. 370 p.

BORIE, F.; STANGE, B.; MORALES, L. Y PINO, M. 1994. Efecto del aluminio y acidez sobre la elongación radical de cebada (*Hordeum vulgare* L.) y avena (*Avena sativa* L.). Agricultura Técnica (Chile) 54(3):224-230.

BRADLEY, G.A.; SISTRUNK, W.A. Y BAKER, E.C. 1975. Effect of plant spacing, nitrogen and cultivar on spinach (*Spinacia oleracea* L.) yield and quality. Journal of the American Society for Horticultural Science. 100 (1): 45-48.

BRADY, N. y WEIL, R. 1999. Elements of the nature and properties of soils. New Jersey. EEUU. Prentice Hall. 559 p.



- CALDERON, M. 1998. Evaluación productiva de acelga (*Beta vulgaris* var. *cicla* L.), espinaca (*Spinacia oleracea* L.) y lechuga (*Lactuca sativa* L.) en un sistema de cultivo intercalado bajo plástico. Tesis Lic. Agr. Valdivia. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias. 122 p.
- CAMPILLO, R. Y SADZAWKA, A. 1993. Problemática de la acidez de los suelos de la IX region. II Manejo del encalado y sus implicancias. IPA Carillanca (Chile) 12(3): 8-12
- CANALES, E. 1992. Evaluación agronómica y económica del cultivo de la espinaca cultivar Viroflay en condiciones de invernadero frío, como una alternativa de sucesión dentro de él, en época de otoño - invierno. Tesis Ing. Agr. Quillota. Universidad Católica de Valparaíso. Facultad de Agronomía. 94 p.
- CHILE, OFICINA DE ESTUDIOS Y POLÍTICAS AGRARIAS (ODEPA). 2006. Superficie de hortalizas según especie. (On Line). Temporadas agrícolas 1989/90-1999/00. <<http://www.odepa.gob.cl>>. (24 de enero de 2006).
- COTRONEO, D. 1999. Desarrollo fenológico de coliflor (*Brassica oleracea* cv. *botrytis* L.) y espinaca (*Spinacia oleracea* L.); respuesta a la temperatura y el fotoperíodo. Tesis Ing. Agr. Chillán. Universidad de Concepción. Facultad de Agronomía. 29 p.
- DIAZ, D. 2001. Descripción de la especie espinaca de Nueva Zelanda (*Tetragonia tetragonoides* O. Kintze), y evaluación agronómica con la espinaca común (*Spinacia oleracea* L.). Tesis Ing. Agr. Quillota. Universidad Católica de Valparaíso. Facultad de Agronomía. 64 p.

- ELLENA, M. 1993. Producción forzada de hortalizas de hoja. Curso taller hortalizas bajo plástico para el sur de Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Centro Regional de Investigación Carillanca. Serie Carillanca n° 36. 64-68.
- FRANCIS, C. 1972. Natural daylength for photoperiod sensitive plants. Technical Bulletin N°2. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cali, Colombia. 32 p.
- GIACONI, V y ESCAFF, M. 1998. Cultivo de Hortalizas. 15<sup>a</sup> ed. Santiago. Editorial Universitaria. 336 p.
- GONZALEZ, M. 1997. Alternativas hortícolas industrializables en la zona centro sur. *In* Alternativas para la modernización y diversificación agrícola. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Anuario del Campo. Edición extraordinaria. Santiago, Chile. Publicaciones Lo Castillo. pp: 98-104.
- GONZALEZ, M. 1998. Fichas hortícolas para el área centro sur, Séptima y Octava regiones. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Centro Regional de Investigación Quilamapu. Serie Quilamapu N° 104. Chillán, Chile. 56 p.
- GONZÁLEZ, R.; ARRETZ, P. Y CAMPOS, L. 1973. Catálogo de las plagas agrícolas de Chile. Publicación en Ciencias Agrícolas N°2. Universidad de Chile. Facultad de Agronomía. Santiago. Chile. 68 p.

- GONZALEZ, M.; DEL POZO, A.; COTRONEO, D. Y PERTIERRA, R. 2004. Días a floración en espinaca (*Spinacia oleracea* L.) en diversas épocas de siembra: respuesta a la temperatura y al fotoperíodo. *Agricultura Técnica (Chile)* 64 (4): 331-337.
- GORINI, F. 1970. El cultivo de la espinaca. Zaragoza. España. Acribia. pp. 5-22.
- GREIG, J.; MOTES, D. Y ALTIKRITI, A. 1968. Effect of nitrogen levels and micronutrients on yield and mineral content of spinach. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 92: 508 – 515.
- HUBER, A. 1970. Diez años de observaciones climatológicas en la estación Teja-Valdivia (Chile) 1960-1969. Valdivia. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas. Instituto de Geografía y Geología. Serie N° 1. 60 p.
- HUYSKES, J. 1971. The importance of photoperiodic response for the breeding of glasshouse spinach. *Euphytica* 20 : 371- 379.
- INSTITUT NATIONAL DE VULGARISATION POUR LES FRUITS ET LEGUMES (INVUFLEC). 1970. La espinaca. Traducido por Horacio Marco. T. Zaragoza, España. Acribia. 67 p.
- KRARUP, C. 1995. Características cualitativas de cultivares de espinaca y zanahoria para congelado. *Simiente (Chile)* 65 (1-3): 39.
- KRARUP, C. Y MOREIRA, I. 1998. Hortalizas de estación fría. Biología y diversidad cultural. Pontificia Universidad Católica de Chile. Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal. Santiago. pp. 130–133.

- LATORRE, B. 1990a. Enfermedades de las plantas cultivadas. Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago. 458 p.
- \_\_\_\_\_. 1990b. Plagas de las hortalizas. Manual de manejo integrado. FAO. Santiago. Chile. 520 p.
- LEÓN, G. 1997. Evaluación de cuatro cultivares de espinaca (*Spinacia oleracea* L.) en dos épocas de cultivo, como materia prima para congelado Viroflay, Condesa, Shasta y Royalty. Tesis Ing. Agr. Universidad de Talca. Facultad de Ciencias Agrarias. Chile. 65 p.
- LE STRANGE, M.; KOIKE, S.; VALENCIA, J. y CHANEY, W. 2001. Spinach production in California. (On Line). University of California. Division of Agriculture and Natural Resources. <<http://anrcatalog.ucdavis.edu/pdf/7212.pdf>> (20 nov. 2003).
- LITTLE, T. Y HILLS, J. 2002. Métodos estadísticos para la investigación en la agricultura. Traducido por Anatolio de Paula. México. 2<sup>a</sup> ed, 4<sup>a</sup> reimpresión. Trillas. 270 p.
- MARIN, C. 1999. Curso hortalizas de hoja. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Centro Regional de Investigación Carillanca. Serie Carillanca N° 76. Temuco, Chile. pp. 9-12.
- MAROTO, J. 1989. Horticultura herbácea especial. Madrid, España. Mundiprensa. 343 p.
- MARSCHNER, H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. 2<sup>th</sup> ed. San Diego, USA. Academic Press. 889 p.

- MENGEL, K Y KIRKBY, E. 1982. Principles of plant nutrition. 3<sup>th</sup> ed. International Potash Institute. Worblaufen - Bem, Switzerland. 655 p.
- MORELOCK, T. 2005. Vegetable cultivar descriptions for North America. Spinach, Lists 1-26 combined. Department of Horticulture and Forestry. University of Arkansas (On line). [Http://cuke.hort.ncsu.edu/cucurbit/wehner/vegcult/spinach.html](http://cuke.hort.ncsu.edu/cucurbit/wehner/vegcult/spinach.html) (24 ene. 2006)
- MOTES, J., CARTWRIGHT, B Y DAMICONE, J. 2006. Greens production (Spinach, turnip, mustard, collard and kale). Oklahoma Cooperative Extension Service. Division of Agricultural Sciences and Natural Resources.(On line). <<http://okstate.edu/homepages.nsf/0/664790333ed1762c8627c004c9718?OpenDocument&ExpandSection=1>> (25 de enero de 2006).
- NISSEN, J. 1974. Estudio agroecológico del Predio Experimental Santa Rosa, Valdivia. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias. Instituto de Ingeniería Agraria y Suelos. 46p.
- OREGON STATE UNIVERSITY (OSU). 2003. Spinach, *Spinacia oleracea*. (On Line). <<http://osu.orst.edu/Dept/NWREC/spinach.html>> (10 ene. 2004).
- PIHAN, R. Y GUERRERO, J. 1989. Curso de hortalizas. Tercera parte. Convenio INIA-INDAP. Documento Interno. Estación Experimental Carillanca. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Temuco, Chile. N° 8. 38 p.
- POTASH & PHOSPHATE INSTITUTE (PPI). 1991. Manual de fertilidad de los suelos. Segunda impresión en español. Atlanta, Estados Unidos. 85 p.

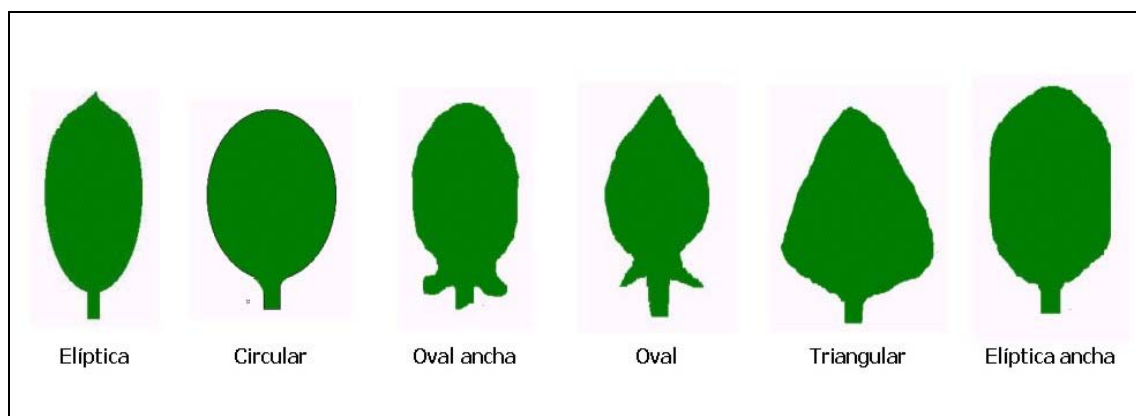
- ROUANET, J. Y LANDAETA, L, 1992. 25 años de observaciones agrometeorológicas. Estación Agrometeorológica Carillanca, Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Temuco, Chile. 93 p.
- RUBATZKY, V. Y YAMAGUCHI, M. 1997. World Vegetables. Principles, production and nutritive values. 2<sup>nd</sup> ed. New York. Chapman and Hall. 843 p.
- SADZAWKA, A. 1999. Que es el pH del suelo. Tierra Adentro (Chile) 4: 47-50.
- \_\_\_\_\_ ; GREZ, R.; MORA, M.; SAAVEDRA, N.; CARRASCO, M. Y ROJAS, C. 2001. Métodos de análisis recomendados para los suelos chilenos. Comisión de Normalización y Acreditación (CNA) Sociedad Chilena de la Ciencia del Suelo. Santiago, Chile. 62 p.
- SALISBURY, F. Y ROSS, C. 1994. Fisiología vegetal. 4<sup>a</sup> ed. Mexico D.F., México. 759 p.
- SEPULVEDA, P. Y REBUFEL, P. 2003. El virus mosaico del pepino se detectó en espinaca. Tierra Adentro 51: 30-31.
- SERRANO, Z. 1977. Cultivo de la espinaca. Publicaciones de Extensión Agraria. Ministerio de Agricultura. Madrid. España. 65 p.
- \_\_\_\_\_. 1979. Cultivo de hortalizas en invernaderos. Barcelona, España Aedos. 360 p.
- \_\_\_\_\_. 1985. Prontuario del horticultor. Almeria, España. Aedos pp 75-184.

- SMITH, I.; DUNEZ, J.; PHILLIPS, D.; ELLIOTT, R. Y ARCHER, S. 1992. Manual de enfermedades de las plantas. Madrid. Mundi-Prensa. pp. 33-34, 262-263.
- SOKHAL, R. Y ROHLF, F. 1998. Biometry. 3<sup>rd</sup> ed. Freeman. 887 p.
- TISDALE, S.L.; NELSON, W.L.; BEATON, I.D. Y HAVLIN, J.L. 1993. Soil Fertility and Fertilizers. 5<sup>th</sup> ed. EEUU. MacMillan. 634 p.
- ULLOA, L. 1985. Evaluación de tres cultivares de espinaca sometidos a diferentes niveles de fertilización nitrogenada. Tesis Ing. Agr. Santiago. Universidad Católica de Chile. Facultad de Agronomía. 74 p.
- UNION INTERNACIONAL PARA LA PROTECCIÓN DE LAS OBTENCIONES VEGETALES (UPOV). 1996. Directrices para la ejecución del examen de la distinción, la homogeneidad y la estabilidad. Espinaca, *Spinacea oleracea* L. (On line). <[http://: www.upov.int/es/publications/tg-rom/tg055/tg\\_55\\_6.pdf](http://www.upov.int/es/publications/tg-rom/tg055/tg_55_6.pdf)> (8 de febrero de 2006).
- VALADEZ, A. 1993. Producción de hortalizas. 3<sup>rd</sup> ed. D.F México, México. Limusa. 295 p.
- VAN ELDIK, L.; GROSSMAN, A.; IVERSON, D. Y WATTERSON, M. 2006. Isolation and characterization of calmodulin from spinach leaves and in vitro translation mixtures. (On line). <[http://: http://www.pnas.org/cgi/content/abstract/77/4/1912](http://www.pnas.org/cgi/content/abstract/77/4/1912) > (20 de abril de 2006).
- VOLOSKY, E. 1974. Hortalizas, cultivo y producción en Chile. Santiago, Chile. Ed. Universitaria. 336 p.

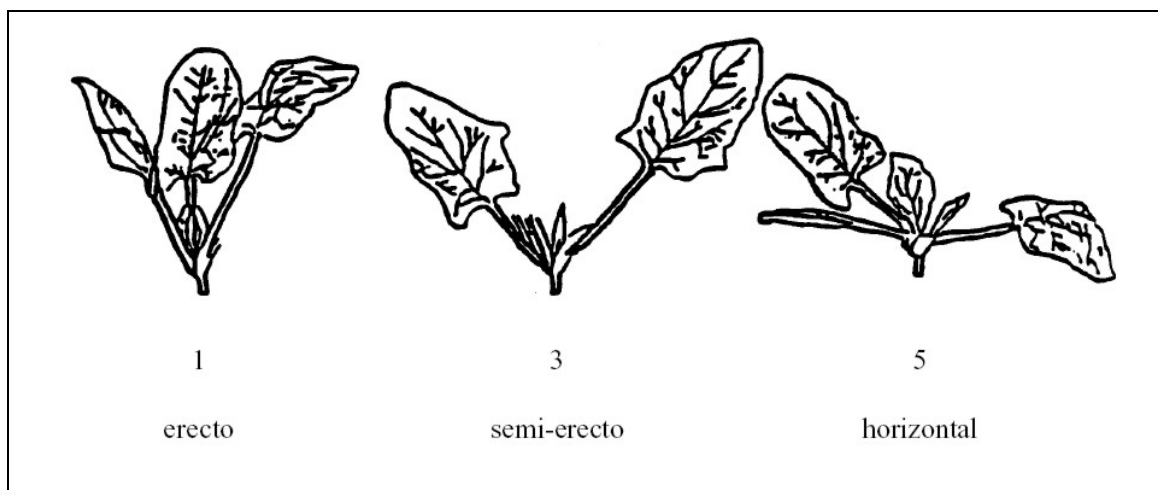
ZINK, F. 1965. Growth and nutrient absorption in spring spinach. Proceedings American Society For Horticultural Science 87: 381-386.



## ANEXOS

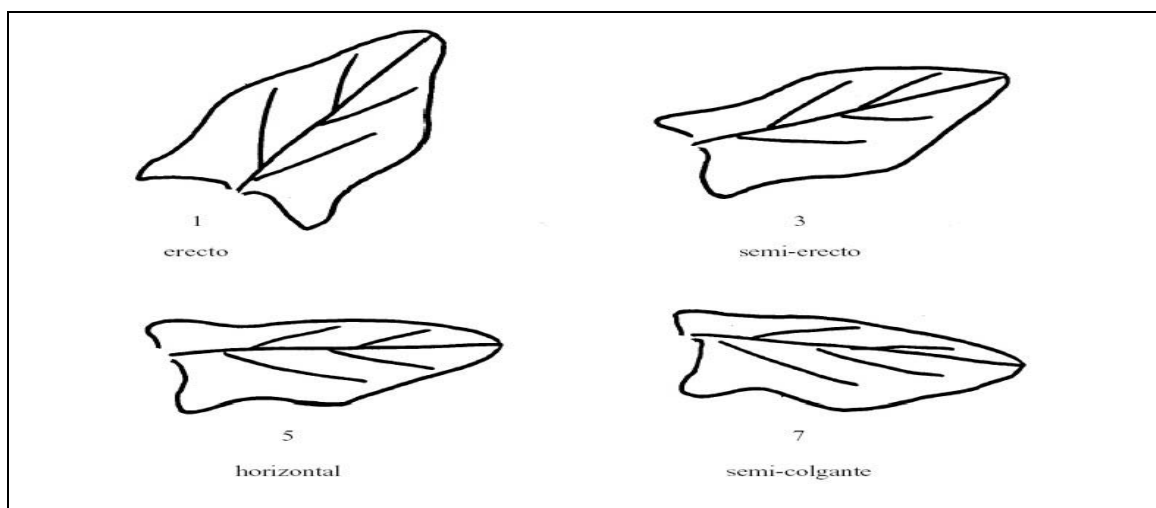
**ANEXO 1 Forma de limbo, excluyendo lóbulos basales.**

FUENTE: Adaptado desde UPOV (1996).

**ANEXO 2 Característica de pecíolo.**

FUENTE: Adaptado desde UPOV (1996).

### ANEXO 3 Característica de lámina.



FUENTE: Adaptado desde UPOV (1996).

### ANEXO 4 Intensidad de color verde en el limbo

Intensidad de color verde	Cultivar de referencia
Muy claro	Virtuosa
Claro	Súbito
Medio	Butterflay, Monnopa
Oscuro	Lavewa, Trinidad, Wobli
Muy oscuro	Lorelay

FUENTE: Adaptado desde UPOV (1996).

**ANEXO 5 Método de análisis de suelo.**

<b>CARACTERÍSTICAS</b>	<b>Método de análisis</b>
PH (1:2,5). Agua	Suspensión y determinación potenciométrica
Materia orgánica (%)	Combustión húmeda y determinación colorimétrica del cromato reducido
N mineral (ppm N-NO <sub>3</sub> )	
P aprovechable (ppm)	Extracción con solución de bicarbonato de sodio 0,5 mol/L a pH 8,5 y determinación colorimétrica del azul de molibdeno.
K intercambiable (ppm)	Extracción con solución de acetato de amonio 1 mol/L a pH 7,0 y determinación por espectrofotometría de absorción y emisión atómica.
Na intercambiable (meq/100 g.s.s.)	
Ca intercambiable (meq/100 g.s.s.)	
Mg intercambiable (meq/100 g.s.s.)	
Al intercambiable (meq/100 g.s.s.)	1.-Extracción con solución de cloruro de potasio 1 mol/L y determinación por espectrofotometría de absorción atómica. 2.- Extracción con solución de acetato de amonio 1 mol/L a pH 4,8 y determinación por espectrofotometría de absorción atómica.
Saturación de Al (%)	

FUENTE: SADZAWKA *et al.* (2001).

### ANEXO 6 Temperaturas registradas en el periodo de ensayo.

Mes	Día	Temperatura (°C)		
		Máx	Mín	Media
Enero	9	23,4	9,2	16,3
Enero	10	26,1	11,0	18,5
Enero	11	25,7	12,1	18,9
Enero	12	21,6	11,2	16,4
Enero	13	21,6	7,1	14,3
Enero	14	27,2	9,9	18,5
Enero	15	29,5	14,0	21,7
Enero	16	29,5	15,9	22,7
Enero	17	32,0	14,5	23,2
Enero	18	28,5	14,0	21,2
Enero	19	24,8	13,5	19,1
Enero	20	29,1	11,5	20,3
Enero	21	26,4	13,5	19,9
Enero	22	24,5	9,2	16,8
Enero	23	24,2	15,3	19,7
Enero	24	21,4	15,5	18,4
Enero	25	21,1	14,9	18,0
Enero	26	23,4	9,2	16,3
Enero	27	22,8	11,5	17,1
Enero	28	23,6	9,6	16,6
Enero	29	23,6	8,6	16,1
Enero	30	18,2	12,0	15,1
Enero	31	22,2	12,3	17,2
Febrero	1	29,3	10,5	19,9
Febrero	2	28,4	11,2	19,8
Febrero	3	24,1	10,0	17,0
Febrero	4	27,6	10,2	18,9
Febrero	5	35,7	11,4	23,5
Febrero	6	21,0	11,3	16,1
Febrero	7	26,6	12,6	19,6
Febrero	8	21,7	13,3	17,5
Febrero	9	21,3	13,1	17,2
Febrero	10	21,8	10,9	16,3
Febrero	11	21,4	8,7	15,0
Febrero	12	22,9	7,8	15,3
Febrero	13	22,6	11,7	17,1
Febrero	14	24,0	7,6	15,8
Febrero	15	26,6	10,4	18,5
Febrero	16	24,1	9,3	16,7
Febrero	17	20,6	12,6	16,6
Febrero	18	28,2	12,4	20,3
Febrero	19	31,9	15,3	23,6
Febrero	20	32,5	18,3	25,4
Febrero	21	31,7	18,5	25,1
Febrero	22	28,5	11,5	20,0
Febrero	23	28,5	9,5	19,0
Febrero	24	23,8	5,5	14,6
Febrero	25	15,7	14,1	14,9
Febrero	26	19,4	12,1	15,7
Febrero	27	17,8	13,7	15,7
Febrero	28	17,9	8,5	13,2

**ANEXO 6 Temperaturas registradas en el periodo de ensayo  
(Continuación).**

Mes	Día	Temperatura (°C)		
		Máx	Mín	Media
Marzo	1	19,8	5,8	12,8
Marzo	2	21,5	7,4	14,4
Marzo	3	21,1	12,3	16,7
Marzo	4	22,0	9,3	15,6
Marzo	5	19,5	4,5	12,0
Marzo	6	21,4	13,4	17,4
Marzo	7	19,0	12,1	15,5
Marzo	8	15,3	13,7	14,5
Marzo	9	16,0	9,3	12,6
Marzo	10	17,4	6,2	11,8
Marzo	11	22,6	7,1	14,8
Marzo	12	20,2	5,3	12,7
Marzo	13	16,6	11,3	13,9
Marzo	14	19,6	13,1	16,3
Marzo	15	19,3	9,2	14,2
Marzo	16	19,4	15,5	17,4
Marzo	17	19,9	10,8	15,3
Marzo	18	19,9	6,7	13,3
Marzo	19	21,9	6,6	14,2
Marzo	20	24,0	10,5	17,2
Marzo	21	20,4	12,7	16,5
Marzo	22	21,0	9,8	15,4
Marzo	23	17,8	11,0	14,4
Marzo	24	17,9	8,1	13,0
Marzo	25	17,4	8,8	13,1
Marzo	26	15,7	7,1	11,4
Marzo	27	21,0	9,9	15,4
Marzo	28	18,4	11,4	14,9
Marzo	29	19,3	12,7	16,0
Marzo	30	20,7	12,5	16,6
Marzo	31	25,2	10,0	17,6
Abril	1	15,6	9,4	12,5
Abril	2	19,8	12,4	16,1
Abril	3	20,3	13,0	16,6
Abril	4	21,2	11,4	16,3

**ANEXO 7 Análisis de varianza para longitud de lámina.**

Fuente de Variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	Valor de P
<b>Efectos principales</b>					
A: Cal	2.1460	1	2.1460	113.64	0.0000 *
B: Cultivar	6.4681	10	0.6468	34.25	0.0000 *
C: Bloque	0.2784	3	0.0928	4.91	0.0039 *
<b>Interacción</b>					
AB	0.0815	10	0.0081	0.43	0.9255
Error	1.1897	63	0.0188		
TOTAL	10.1640	87			

\* Diferencias estadísticas significativas al 5%

**ANEXO 8 Análisis de varianza para longitud de pecíolo.**

Fuente de Variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	Valor de P
<b>Efectos Principales</b>					
A: Cal	1.3191	1	1.3191	60.03	0.0000 *
B: Cultivar	7.8148	10	0.7814	35.56	0.0000 *
C: Bloque	0.3573	3	0.1191	5.42	0.0022 *
<b>Interacción</b>					
AB	0.2581	10	0.0258	1.17	0.3246
Error	1.3844	63	0.0219		
TOTAL	11.1340	87			

\* Diferencias estadísticas significativas al 5%

### ANEXO 9 Análisis de varianza para la relación entre longitud de lámina y longitud de pecíolo.

Fuente de Variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	Valor de P
<b>Efectos Principales</b>					
A: Cal	0.0062	1	0.0062	0.17	0.6799
B: Cultivar	5.7140	10	0.5714	15.70	0.000 *
C: Bloque	0.3707	3	0.1235	1.81	0.023 *
<b>Interacción</b>					
AB	0.6584	10	0.0658	1.81	0.0772
Error	2.2934	63	0.0364		
TOTAL	9.0429	87			

\* Diferencias estadísticas significativas al 5%

### ANEXO 10 Análisis de varianza para ancho de lámina.

Fuente de Variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	Valor de P
<b>Efectos Principales</b>					
A: Cal	1.6236	1	1.6236	94.60	0.0000 *
B: Cultivar	3.8155	10	0.3815	22.23	0.0000 *
C: Bloque	0.4396	3	0.1465	8.54	0.0001 *
<b>Interacción</b>					
AB	0.1970	10	0.0197	1.15	0.3424
Error	1.0813	63	0.0171		
TOTAL	7.1571	87			

\* Diferencias estadísticas significativas al 5%



**ANEXO 11 Análisis de varianza para peso de hoja.**

Fuente de Variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	Valor de P
<b>Efectos Principales</b>					
A: Cal	5.6634	1	5.6634	97.82	0.0000 *
B: Cultivar	12.8174	10	1.2817	22.14	0.0000 *
C: Bloque	0.9958	3	0.3319	5.73	0.0016 *
<b>Interacción</b>					
AB	0.3918	10	0.0391	0.68	0.7416
Error	3.6475	63	0.0578		
TOTAL	23.5162	87			

\* Diferencias estadísticas significativas al 5%

**ANEXO 12 Análisis de varianza para peso de pecíolo.**

Fuente de Variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	Valor de P
<b>Efectos Principales</b>					
A: Cal	5.4684	1	5.4684	75.95	0.0000 *
B: Cultivar	15.3612	10	1.5361	21.34	0.0000 *
C: Bloque	1.6401	3	0.5467	7.59	0.0002 *
<b>Interacción</b>					
AB	0.4934	10	0.0493	0.69	0.7340
Error	4.5359	63	0.0719		
TOTAL	27.4992	87			

\* Diferencias estadísticas significativas al 5%

**ANEXO 13 Análisis de varianza para peso de lámina.**

Fuente de Variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	Valor de P
<b>Efectos Principales</b>					
A: Cal	5.6600	1	5.6600	89.11	0.0000 *
B: Cultivar	12.6750	10	1.2675	19.95	0.0000 *
C: Bloque	0.8444	3	0.2814	4.43	0.0069 *
<b>Interacción</b>					
AB	0.5026	10	0.0502	0.79	0.6371
Error	4.0018	63	0.0635		
TOTAL	23.6839	87			

\* Diferencias estadísticas significativas al 5%

**ANEXO 14 Análisis de varianza para número de hojas.**

Fuente de Variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	Valor de P
<b>Efectos Principales</b>					
A: Cal	0.2823	1	0.2823	10.93	0.0016 *
B: Cultivar	2.3176	10	0.2317	8.97	0.0000 *
C: Bloque	0.1350	3	0.0450	1.74	0.1670
<b>Interacción</b>					
AB	0.3007	10	0.0300	1.16	0.3318
Error	1.6280	63	0.0258		
TOTAL	4.6638	87			

\* Diferencias estadísticas significativas al 5%

**ANEXO 15 Análisis de varianza para altura de plantas.**

Fuente de Variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	Valor de P
<b>Efectos Principales</b>					
A: Cal	1.4640	1	1.4640	90.07	0.0000 *
B: Cultivar	11.0607	10	1.1060	68.04	0.0000 *
C: Bloque	0.3486	3	0.1162	7.15	0.0003 *
<b>Interacción</b>					
AB	0.2218	10	0.0221	1.36	0.2175
Error	1.0240	63	0.0162		
TOTAL	14.1193	87			

\* Diferencias estadísticas significativas al 5%

**ANEXO 16 Análisis de varianza para ancho de plantas.**

Fuente de Variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	Valor de P
<b>Efectos Principales</b>					
A: Cal	28.0008	1	28.0008	73.85	0.0000 *
B: Cultivar	111.1280	10	11.1128	29.31	0.0000 *
C: Bloque	8.6732	3	2.8910	7.63	0.0002 *
<b>Interacción</b>					
AB	4.0394	10	0.4039	1.07	0.4018
Error	23.8857	63	0.3791		
TOTAL	175.7280	87			

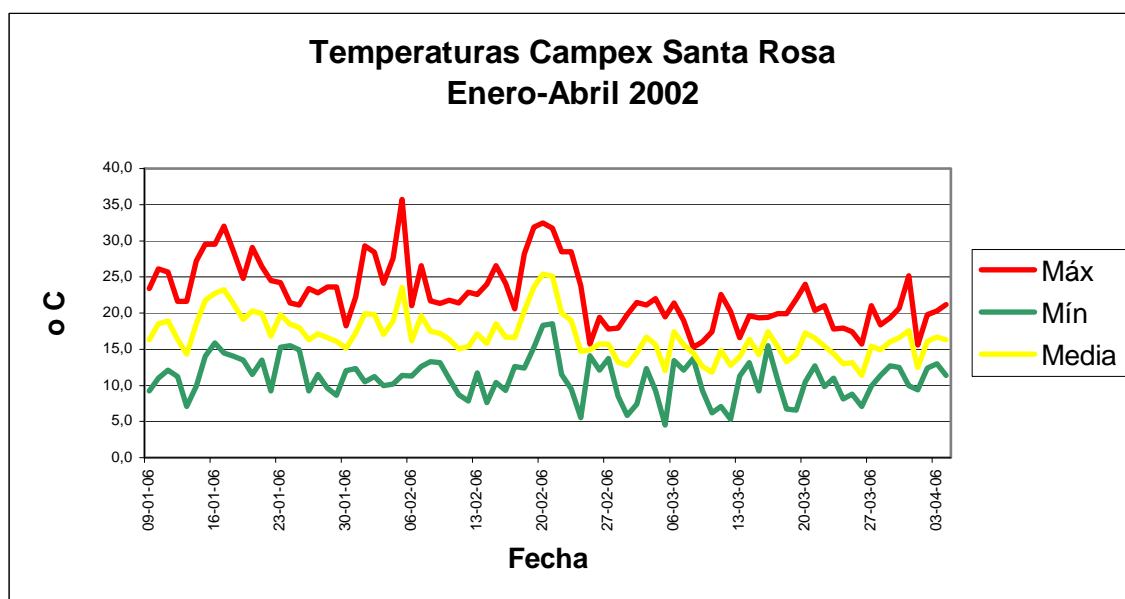
\* Diferencias estadísticas significativas al 5%

### ANEXO 17 Análisis de varianza para peso total de hojas (Rendimiento industrial).

Fuente de Variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	Valor de P
<b>Efectos Principales</b>					
A: Cal	9.5985	1	9.59856	88.08	0.0000 *
B: Cultivar	10.9876	10	1.0987	10.08	0.0000 *
C: Bloque	2.7083	3	0.9027	8.28	0.0001 *
<b>Interacción</b>					
AB	0.1846	10	0.0184	0.17	0.9978
Error	6.8657	63	0.1089		
<b>TOTAL</b>	<b>30.3450</b>	<b>87</b>			

\* Diferencias estadísticas significativas al 5%

### ANEXO 18 Gráfico de temperaturas, máxima, mínima y media registradas durante el período experimental.



ANEXO 19. Fotoperíodo (horas y décimas) a las latitudes 20, 30, 40 y 50 grados sur, registradas los días 7 y 22 de cada mes, desde una intensidad mínima de una bujía (10,8 lux).

Meses	Fecha	Latitudes			
		20	30	40	50
Enero	7	13,86	14,63	15,62	17,15
	22	13,68	13,34	15,19	16,48
Febrero	7	13,45	13,96	14,63	15,6
	22	13,16	13,50	13,97	14,65
Marzo	7	12,93	13,14	13,44	13,86
	22	12,63	12,68	12,76	12,90
Abril	7	12,29	12,14	11,98	11,78
	22	12,04	11,73	11,38	10,92
Mayo	7	11,82	11,38	10,85	10,17
	22	11,65	11,08	10,44	9,54
Junio	7	11,53	10,91	10,15	9,13
	22	11,51	10,85	10,06	9,00
Julio	7	11,54	10,92	10,17	9,16
	22	11,66	11,12	10,47	9,60
Agosto	7	11,85	11,40	10,90	10,24
	22	12,06	11,77	11,43	11,01
Septiembre	7	12,63	12,28	12,15	12,03
	22	12,64	12,71	12,8	12,96
Octubre	7	12,94	13,17	13,47	13,91
	22	13,24	13,62	14,13	14,87
Noviembre	7	13,49	14,05	14,76	15,80
	22	13,73	14,40	15,29	16,64
Diciembre	7	13,88	14,66	15,68	17,23
	22	13,93	14,74	16,81	17,44

FUENTE. FRANCIS (1972).

ANEXO 20. Fotoperíodo calculado para los 39,79° Latitud sur, durante el período experimental (siembra a emisión de tallo floral).

Enero	Fotoperíodo (Horas)	Febrero	Fotoperíodo (Horas)	Marzo	Fotoperíodo (Horas)	Abril	Fotoperíodo (Horas)
9	15,54	1	14,82	1	13,72	1	12,27
10	15,51	2	14,78	2	13,69	2	12,22
11	15,48	3	14,75	3	13,66	3	12,17
12	15,45	4	14,72	<b>4</b>	<b>13,63</b>	<b>4</b>	<b>12,12</b>
13	15,42	5	14,68	<b>5</b>	<b>13,59</b>		
14	15,39	6	14,65	6	13,56		
15	15,37	7	14,61	7	13,43		
16	15,34	8	14,57	8	13,38		
17	15,31	9	14,52	9	13,34		
18	15,28	10	14,48	10	13,29		
19	15,25	11	14,44	11	13,25		
20	15,22	12	14,39	12	13,20		
21	15,20	13	14,35	13	13,16		
22	15,17	14	14,30	<b>14</b>	<b>13,11</b>		
23	15,13	15	14,26	15	13,07		
24	15,10	16	14,22	16	13,02		
25	15,06	17	14,17	17	12,98		
26	15,03	18	14,13	18	12,93		
27	14,99	19	14,09	19	12,89		
28	14,96	20	14,04	20	12,84		
29	14,92	21	14,00	21	12,80		
30	14,89	<b>22</b>	<b>13,96</b>	<b>22</b>	<b>12,75</b>		
31	14,85	23	13,92	23	12,70		
		24	13,89	24	12,66		
		25	13,86	25	12,61		
		26	13,82	26	12,56		
		27	13,79	27	12,51		
		28	13,76	28	12,46		
				29	12,41		
				30	12,37		
				31	12,32		

\*Cálculo realizado mediante el método de interpolación, a partir de tabla elaborada por FRANCIS (1972).