

**UNIVERSIDAD DE CHILE**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**

**ESCUELA DE PREGRADO**

**MEMORIA DE TÍTULO**

**ESTABILIDAD DE LA BIOMASA DE TRES CULTIVOS BAJO HORTICULTURA  
URBANA EN ESTABLECIMIENTOS EDUCACIONALES DE LA COMUNA DE  
SAN MIGUEL, SANTIAGO DE CHILE**

**MIGUEL ADRIÁN ROSALES VÁSQUEZ**

Santiago, Chile

2015

**UNIVERSIDAD DE CHILE**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**

**ESCUELA DE PREGRADO**

**MEMORIA DE TÍTULO**

**ESTABILIDAD DE LA BIOMASA DE TRES CULTIVOS BAJO HORTICULTURA  
URBANA EN ESTABLECIMIENTOS EDUCACIONALES DE LA COMUNA DE  
SAN MIGUEL, SANTIAGO DE CHILE**

**STABILITY OF BIOMASS OF THREE CROPS UNDER URBAN  
HORTICULTURE IN EDUCATIONAL INSTITUTIONS OF THE COMMUNE OF  
SAN MIGUEL, SANTIAGO DE CHILE**

**MIGUEL ADRIÁN ROSALES VÁSQUEZ**

Santiago, Chile

2015

**UNIVERSIDAD DE CHILE**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**

**ESCUELA DE PREGRADO**

**MEMORIA DE TÍTULO**

**ESTABILIDAD DE LA BIOMASA DE TRES CULTIVOS BAJO HORTICULTURA  
URBANA EN ESTABLECIMIENTOS EDUCACIONALES DE LA COMUNA DE  
SAN MIGUEL, SANTIAGO DE CHILE**

Memoria para optar al título profesional de  
Ingeniero Agrónomo

**MIGUEL ADRIÁN ROSALES VÁSQUEZ**

Profesores Guías	Calificación
Sr. Ricardo Pertuzé C. Ingeniero Agrónomo, Ph. D.	6,8
Sra. Paola Silva C. Ingeniero Agrónomo, Mg. Sc. Dr.	6,0
Profesores Evaluadores	
Sr. Danilo Aros O. Ingeniero Agrónomo, Ph. D	6,5
Sr. Jorge Pérez Q. Ingeniero Agrónomo, M.S. Ph. D.	6,5

Santiago, Chile

2015

## AGRADECIMIENTOS

A mi señora y mi hija, quienes fueron mi principal aliciente para buscar un mejor porvenir. Gracias por tantas aventuras vividas y por vivir, las cuales espero sean aún más emocionantes estando titulado.

A mi madre, padre, hermano y hermana, quienes me han acompañado desde el inicio de mi carrera y con quienes siempre pude contar, sin importar lo difícil de la situación en la que me encontrara. Mención especial para mi padre, que no es bueno mostrando emociones, pero que siempre he sentido es y será mi héroe de por vida.

A mi abuela y mi bisabuela, quienes me criaron e inculcaron valores en mí que hoy me tienen finalizando este enorme proyecto de vida.

A mi tía Gladys Alcorta, que me mantuvo trabajando sin descanso gracias a sus particulares muestras de amor estresante durante la producción de mi tesis.

A todos los profesores que me formaron e hicieron de mi titulación una realidad, especialmente a Ricardo Pertuzé y Paola Silva, a quienes considero mis amigos y quienes con mucha dedicación y cariño siempre supieron darme el apoyo y el ánimo para terminar este proceso, pese a mis múltiples problemas de tiempo y a sus enormes cargas académicas.

A Fernando Maldonado, Karen García, Tamar Sepúlveda, Giannina Sandoval y Juan Pablo Pizarro, amigos que han formado parte de mi vida universitaria y quienes siempre tuvieron una palabra de aliento para finalizar con éxito este proceso.

Y por último, a quien no conocí en persona, pero supo despertar en mí lo que considero es el amor de mi vida: La Agricultura Urbana. Mis respetos y agradecimientos a John Seymour, quien con sus obras literarias y su enorme entusiasmo por la autosuficiencia me hicieron conocer un mundo maravilloso y adquirir herramientas que hoy me permiten ayudar a la gente y hacer felices a niños, adultos y adultos mayores con mis proyectos comunitarios. Para terminar, una de sus citas, la cual se ha vuelto recurrente en mis cursos de agricultura urbana:

“El autoabastecimiento no está reservado a quienes poseen en el campo una hectárea de tierra. El morador de un piso urbano que aprender a arreglarse los zapatos se está volviendo, hasta cierto punto, autosuficiente: no sólo ahorra dinero, sino que acrecienta su satisfacción personal y su dignidad”.

John Seymour

## INDICE

	Página
RESUMEN.....	1
Palabras claves: .....	1
ABSTRACT .....	2
Key words: .....	2
INTRODUCCIÓN .....	3
Objetivo general .....	4
Objetivos específicos .....	4
MATERIALES Y MÉTODOS.....	5
Lugar del estudio.....	5
Materiales .....	5
Cultivos .....	5
Métodos .....	6
Condición de evaluación.....	6
Manejo del Cultivo .....	6
Riego y fertilización.....	6
Siembra.....	6
Cosecha.....	6
Evaluaciones Ambientales.....	7
Orientación del bancal.....	7
Temperatura.....	7
Luz solar directa.....	8
Evaluaciones de cultivo .....	9
Establecimiento de los cultivos.....	9
Biomasa.....	9
Análisis estadístico .....	10
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	11
Evaluaciones ambientales.....	11
Temperatura.....	11
Luz solar directa .....	13
Evaluaciones de cultivo .....	14
Establecimiento de los cultivos .....	14

Biomasa.....	15
Estabilidad de la biomasa.....	18
Análisis de componentes principales (ACP).....	21
Acelga.....	21
Espinaca.....	22
Rúcula.....	23
CONCLUSIONES .....	26
BIBLIOGRAFÍA .....	27
APÉNDICES .....	32
Apéndice I.....	32
Apéndice II. ....	33
Apéndice III. ....	34
Apéndice IV.....	34
Apéndice V.....	35
Apéndice VI.....	35
Apéndice VII.....	36
Apéndice VIII. ....	36
Apéndice IX.....	37

## RESUMEN

La horticultura urbana, una disciplina de la agricultura urbana, es una práctica muy destacada por instituciones educacionales como medio para enseñar de forma práctica variados ámbitos de las ciencias a los jóvenes. Durante los últimos años, la FAO ha destacado que, pese al aumento de proyectos presentados en base a esta disciplina, son pocos los que llegan a buen puerto ya que existe un desconocimiento general tanto del cultivo como del rendimiento bajo condiciones de agricultura urbana. Esto último provoca problemas a los gobiernos locales, quienes presentan proyectos que, carentes de fundamentos técnicos, no pueden acceder a la mayoría de los fondos públicos disponibles. El objetivo de este estudio de caso fue estudiar la estabilidad de la biomasa de los cultivos bajo horticultura urbana en establecimientos educacionales. Se llevó a cabo un estudio en 10 establecimientos educacionales municipales de la Comuna de San Miguel, Santiago, entre el 10 de Septiembre de 2012 y el 25 de Enero de 2013. Para ello se utilizaron 3 cultivos, acelga 'Whit Rebbet' (*Beta vulgaris* ssp. *cicla* (L.) W.D.J. Koch), espinaca 'Bolero híbrido' (*Spinacea oleracea* L.), y rúcula 'Rocket' (*Eruca vesicaria* (L.) Cav.), sembrados cada uno en un bancal de 2,24 m<sup>2</sup>. Se describió la biomasa de cultivo y se evaluó su estabilidad. Las variables analizadas fueron la biomasa total del cultivo, la biomasa por hoja, el número de hojas por metro cuadrado, la temperatura media y las horas de luz solar directa. Todas las evaluaciones se realizaron en el mismo sitio de cultivo. En las condiciones evaluadas, la biomasa de espinaca varió entre 3,6 kg/m<sup>2</sup> y 6,7 kg/m<sup>2</sup>, la de acelga entre 2,2 kg/m<sup>2</sup> y 3,5 kg/m<sup>2</sup> y la de rúcula entre los 0,6 kg/m<sup>2</sup> y 1,6 kg/m<sup>2</sup>. Los cultivos con la producción de biomasa más estable fueron la rúcula y la acelga, siendo la rúcula la más estable. Pese a que el cultivo más inestable resultó ser la espinaca, este produjo los valores de biomasa más altos, debido en gran parte a la ausencia de floración en todo su proceso de cultivo. Se recomendó el cultivo de acelga, rúcula y espinaca en establecimientos que dispusieran de zonas con las siguientes características: temperaturas medias entre 16°C y 18°C y entre 9,5 y 10,5 horas de luz solar directa.

**Palabras claves:** agricultura urbana, estabilidad de la biomasa, *Beta vulgaris* ssp. *cicla* (L.) W.D.J. Koch, *Spinacea oleracea* (L.), *Eruca vesicaria* (L.) Cav.

## ABSTRACT

Urban horticulture, a discipline of urban agriculture, it is well used by educational institutions as a mean of a hand-on teaching technique of a variety of science fields for young people. In recent years, FAO has stressed that despite the increase in projects based on this discipline, there are few that succeed because there is a general lack of both, cropping and crop yields under urban agriculture conditions. The latter cause problems to local governments, who present projects, lacking the technical bases, can't access most of the public funds available. The objective of this case study was to study the stability of crop biomass under urban horticulture in educational establishments. The study was done in 10 public schools of the Commune of San Miguel from Santiago, between September 10<sup>th</sup>, 2012 and January 25<sup>th</sup>, 2013. Three crops were used, 'Whit Rebbet ' chard (*Beta vulgaris* ssp. *cicla* (L.) WDJ Koch), 'Bolero híbrido' spinach (*Spinacia oleracea* L.) and 'Rocket' arugula (*Eruca vesicaria* (L.) Cav.), each planted in a patch of 2.24 m<sup>2</sup>. The biomass and stability was evaluated. The analyzed variables were total crop biomass, leaf biomass, number of leaves per square meter, the average temperature and hours of direct sunlight. All evaluations were performed on the cultivation site. Under the evaluated conditions, spinach biomass ranged from 3.6 kg/m<sup>2</sup> to 6.7 kg/m<sup>2</sup>, chard biomass ranged from 2.2 kg/m<sup>2</sup> to 3.5 kg/m<sup>2</sup> and arugula biomass range from 0.6 kg/m<sup>2</sup> to 1.6 kg/m<sup>2</sup>. The crops with more stable biomass production were arugula and spinach, being arugula the more stable. Although the more unstable crop was spinach, this crop produced the highest biomass values, mainly due to the absence of blooming throughout the growing process. Chard, arugula and spinach were established in institutions that had areas with the following characteristics: average temperatures between 16 °C and 18 °C and between 9.5 to 10.5 hours of direct sunlight.

**Key words:** urban agriculture, biomass stability, *Beta vulgaris* ssp. *cicla* (L.) W.D.J. Koch, *Spinacia oleracea* (L.), *Eruca vesicaria* (L.) Cav.

## INTRODUCCIÓN

La agricultura urbana es la práctica de la agricultura dentro o en los alrededores del área urbana (FAO, 2009). Esta posee varias disciplinas (MINED, 2009), siendo la horticultura urbana la más destacada (IEH, 2010; CEPAL, 2012), la cual lleva a cabo el cultivo de hortalizas en áreas que se encuentran cerca de los núcleos urbanos denominadas huertos urbanos (MINED, 2009), sin restringirse a una superficie mínima de cultivo (Goites, 2008). Si estos huertos son empleados con fines docentes pasan a llamarse huertos educativos (FAO, 2007; IEH, 2010).

Bajo ese contexto educativo, durante los últimos 10 años la horticultura urbana se ha consolidado como una alternativa docente a la enseñanza tradicional en América Latina (FAO, 2009) integrando elementos didácticos, junto con la manufactura de instrumentos prácticos, de bajo costo y sencillos al plan de trabajo escolar (Goites, 2008; IEH, 2010). Este hecho ocurre fundamentalmente bajo el alero de la seguridad alimentaria (FAO, 2004, FAO, 2007; FAO, 2009; CEPAL, 2012) y la importancia del concepto de autoabastecimiento para la planificación de dietas y buenas costumbres alimenticias que propone FAO (CEPAL, 2012). Adicionalmente el IEH (2010) asegura que una contribución de este tipo de huertos es que garantiza la disponibilidad de alimento fresco. Esto ha desencadenado un interés creciente por presentar proyectos de parte del sector público y privado, especialmente en establecimientos educativos (FAO 2007, FAO, 2009; IEH, 2010; Vivas, 2011; CEPAL, 2012).

Goites (2008) indica que son 13 los cultivos hortícolas más utilizados en horticultura urbana a nivel latinoamericano, de los cuales dos, acelga y espinaca, destacan por su superficie cultivada, mientras que la rúcula, que no aparece en la lista, en Chile ha sido cultivada de forma recurrente en los últimos años bajo este sistema (Vivas, 2011; CEPAL, 2012). El rendimiento promedio de estos cultivos bajo este sistema varía entre 1,0-3,0 kg/m<sup>2</sup> (Goites, 2008, CEPAL, 2012). Sin embargo, FAO ha señalado que existe un desconocimiento general tanto de las condiciones de cultivo en los establecimientos bajo agricultura urbana, como del rendimiento de los cultivos (CEPAL, 2012). Por lo tanto estudiar el rendimiento de los cultivos en estas condiciones es fundamental (Sánchez, 2004). Esto toma mayor relevancia a nivel práctico, ya que la toma de decisiones para la administración de proyectos de agricultura urbana, depende de esto (Bautista et al., 2004; Vivas, 2011).

A nivel de huertos educativos, CEPAL (2012) indica que las características propias de los establecimientos, en cuanto a tamaño, forma y posición de las construcciones en cada establecimiento, condicionan la producción de biomasa,

En la comuna de San Miguel, los establecimientos municipales cuentan con edificaciones de diversos tamaños y formas (Cerdeña, 1999; PLADECO, 2007) por lo que cada espacio disponible para instalar un huerto presenta características propias de su diseño (De León,

2011), los que pueden o no ser compatibles con la producción de hortalizas. Además, la mayor parte de los establecimientos educacionales no poseen suelos descubiertos, ya que en su mayoría están cubiertos por cemento o rellenos por material proveniente de obras de diversos orígenes (Cerde, 1999; PLADECO, 2007).

El no considerar estas condiciones particulares, según Sánchez (2004), Krarup y Moreira (1998), conlleva a obtener rendimientos deficientes y disímiles, los que ponen en riesgo el éxito de los proyectos de horticultura (Seymour, 1999; Medel, 2011).

Seymour (1980); Krarup y Moreira (1998); Sánchez (2004); De la Vega y De la Fuente (2006) y Fernández (2008) sostienen que dos parámetros ambientales muy incidentes en la producción de biomasa de los cultivos son la temperatura y la luz solar directa, los cuales varían con el diseño de los edificios (Cerde, 1999; De León, 2011).

La estabilidad de la biomasa o que el rendimiento de cultivos cambie poco entre distintos ambientes es de suma importancia bajo horticultura urbana, ya que cultivos con menor variación entre ambientes permiten la aplicación de políticas públicas más incluyentes y no particulares a cada establecimiento. En Chile estos estudios han sido escasos siendo muchos proyectos cancelados ante el riesgo de invertir recursos, muchas veces públicos, sin tener la seguridad de que los resultados obtenidos se mantengan estables entre establecimientos (PLADECO, 2007; CEPAL, 2012).

La metodología de Finlay y Wilkinson (1963), muy utilizada en programas de fitomejoramiento para identificar la estabilidad de los genotipos en distintos ambientes, puede adaptarse para identificar la estabilidad de cultivos en diferentes establecimientos (Díaz, 1986). Por tal motivo, se han planteado los siguientes objetivos:

### **Objetivo general**

Estudiar la estabilidad de la biomasa de 3 cultivos bajo horticultura urbana en establecimientos educacionales de la comuna de San Miguel.

### **Objetivos específicos**

- Describir la biomasa de rúcula, espinaca y acelga, establecidos bajo horticultura urbana en 10 establecimientos educacionales de la comuna de San Miguel.
- Identificar entre rúcula, espinaca y acelga el cultivo con la producción de biomasa más estable en 10 establecimientos educacionales de la comuna de San Miguel.
- Asociar la variabilidad de la biomasa de rúcula, espinaca y acelga con la temperatura y las horas de luz solar directa en 10 establecimientos educacionales de la comuna de San Miguel.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Lugar del estudio

El estudio se realizó en 10 establecimientos educacionales municipales de la Comuna de San Miguel, Santiago de Chile (Cuadro 1).

Cuadro 1. Ubicación de los establecimientos donde se establecieron los ensayos en el estudio.

Establecimiento	Código	Latitud Sur	Longitud Oeste
Liceo Andrés Bello	AB	33° 29' 11,73"	70° 39' 11,39"
Sala Cuna Andrés Bello	SAB	33° 29' 11,76"	70° 39' 11,15"
Escuela Llano Subercaseaux	LLS	33° 29' 8,12"	70° 39' 21,87"
Escuela Cedros del Líbano	CL	33° 29' 8,31"	70° 39' 10,91"
Liceo Betsabé Hormazábal	BH	33° 29' 23,51"	70° 39' 23,97"
Escuela Villa San Miguel	V	33° 29' 52,32"	70° 39' 47,46"
Escuela Pablo Neruda	PN	33° 30' 25,82"	70° 39' 5,65"
Escuela Santa Fe	SF	33° 30' 50,75"	70° 38' 15,50"
Jardín Infantil Santa Fe	JSF	33° 30' 50,75"	70° 38' 15,51"
Escuela Territorio Antártico	TA	33° 30' 26,73"	70° 39' 45,43"

### Materiales

#### Cultivos

Se utilizaron tres cultivos hortícolas para el estudio, dos mencionados por Goites para horticultura urbana (2008) y uno con relevancia nacional bajo este sistema (CEPAL, 2012).

- Acelga 'Penca Blanca' o 'Whit Rebbet' (*Beta vulgaris* ssp. *cicla* (L.) W.D.J. Koch), de la empresa Emerald, variedad de polinización abierta.
- Espinaca 'Bolero híbrido' (*Spinacea oleracea* L.), de la empresa Seminis, variedad híbrida.
- Rúcula 'Rocket' (*Eruca vesicaria* (L.) Cav.), de la empresa Emerald, variedad de polinización abierta.

## Métodos

### Condición de evaluación

Cada cultivo mencionado anteriormente se estableció en un bancal de 2,24 m<sup>2</sup>, el cual fue considerado la unidad experimental de cada cultivo en cada establecimiento. Es decir, en cada establecimiento educacional se trabajaron tres bancales de cultivo.

Los bancales utilizados fueron excavaciones rectangulares contiguas de 1,4 m x 1,6 m y de 0,45 m de profundidad cada uno, según recomendaciones de Seymour (1999). Los bancales se rellenaron con 30% compost clase A, 30% humus de lombriz y 40% de arena rubia de acuerdo a Goites (2008).

### Manejo del Cultivo

**Riego y fertilización.** El riego se realizó manualmente aplicando 2 litros de agua por cultivo con una regadera de acuerdo a las condiciones del cultivo. Se llevó un registro de la frecuencia de agua aplicada en cada sitio, la cual respondió a una sugerencia logística de los mismos docentes respecto a su disponibilidad de tiempo, concluyendo finalmente que ellos regarían al mismo tiempo que realizaran la lectura de temperatura (al final del día escolar), realizándose tres veces por semana, los días lunes, miércoles y viernes a las 16:00 h. El cuerpo docente encargado de cada establecimiento educativo registró la información. Aquellos días que correspondieron a feriados, el cuerpo administrativo de los establecimientos prestó el apoyo necesario para cumplir la labor.

De acuerdo a observaciones de MINED (2009) en los huertos educativos a nivel mundial no existe una preocupación puntual por fertilizar. En Chile, esta afirmación es corroborada por datos de la CEPAL (2012), por lo que con el objetivo de lograr una mayor representatividad de los ensayos estos no fueron fertilizados.

**Siembra.** Todos los cultivos fueron sembrados el 10 de Septiembre de 2012 a chorro continuo. A 45 días de la siembra se realizó un raleo para respetar los marcos de plantación recomendados por Goites (2008) (Cuadro 2).

**Cosecha.** Tanto la espinaca como la rúcula se cosecharon al cabo de tres meses después de la siembra del cultivo, diferenciándose en dos días específicamente, ya que la cosecha de espinaca se realizó el Lunes 10 de Diciembre y la de rúcula el día 12 del mismo mes, por temas netamente administrativos derivados del trabajo municipal.

En el cultivo de acelga se cosecharon hojas individuales cada 15 días a partir del segundo mes después de la siembra, contabilizando seis cosechas, las cuales se sumaron para obtener la biomasa. Esta forma de cosecha se debe a su capacidad de compensar sin

mayores dificultades la pérdida de hojas sin mermas importantes en su calidad (Sánchez, 2004).

Se fijó como criterio de cosecha la siguiente premisa, entregada a los docentes: En cada fecha de cosecha, si el cultivo presenta entre una y dos hojas no se corta ninguna hoja, si presenta tres hojas se corta una, si presenta cuatro o cinco hojas se cortan dos hojas, y si presenta seis ó más hojas se cortarán tres, siempre cosechando las hojas más viejas, las cuales se presentan siempre expuestas más cerca del suelo y externas en el cultivo (Hoyos et al., 2005).

Cuadro 2. Marcos de plantación recomendados por Goites (2008).

Cultivo	Distancia sobre hilera (cm)	Distancia entre hilera (cm)	Dosis de Siembra (g/m <sup>2</sup> )
Acelga	30	40	1,00
Espinaca	15	40	0,62
Rúcula	5	15	0,75

### Evaluaciones Ambientales

**Orientación del bancal.** Se procedió a determinar la posición cardinal u orientación de cada bancal, tomando registro de cada uno, además de su disposición respecto a barreras naturales o artificiales.

**Temperatura.** Se evaluó desde el 10 de Septiembre hasta el 25 de Enero, los días lunes, miércoles y viernes de cada semana, con termómetro de alcohol marca LUFT modelo T-319 ubicado entre dos bancales a 0,45 m sobre el nivel del suelo para una mejor interpretación (Cortes, 2002; Bautista et al., 2004) (Figura 1).

Se estimó la temperatura mínima a las 8:00 h, la temperatura máxima a las 16:00 h y se procedió a calcular la amplitud térmica (temperatura máx. – temperatura mín.), y la temperatura media. El cuerpo docente encargado de cada establecimiento educativo registró la información. Aquellos días que correspondieron a feriados, el cuerpo administrativo de los establecimientos prestó el apoyo necesario.

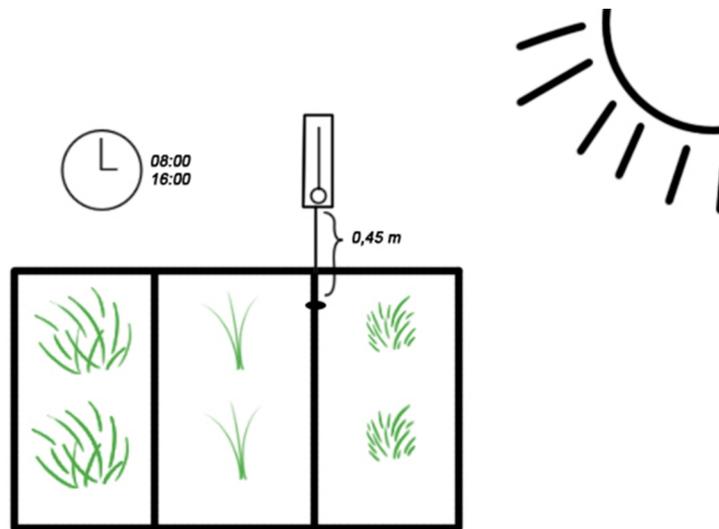


Figura 1. Esquema ilustrativo de la disposición y altura del termómetro en los bancales de cultivo y las horas de lectura de la temperatura.

**Luz solar directa.** Se evaluaron las horas de luz solar directa adaptando la metodología de De León (2011). Esta plantea que, dadas las características propias de cada infraestructura para dejar pasar más o menos luz directa (Barrios, 2008; Medel, 2011), se han de contabilizar las horas desde que la luz plena del sol toca el primer punto objetivo hasta que abandona el último punto de referencia, siendo el promedio mensual el dato representativo del lugar.

La adaptación a la metodología de De León (2011) se llevó a cabo para facilitar a los docentes la gestión de sus tiempos, puesto que plantearon la dificultad que conllevaba el estar pendientes en todo momento para acusar justo el instante cuando la luz abandonase el último punto objetivo. Por ello, se definió el primer punto objetivo como el bancal al que la luz solar directa toca a primera hora del día y el último punto de referencia como el último bancal en ser iluminado hasta abandonar por completo su superficie. Entre ambos puntos un total de dos puntos de control fueron dispuestos como guía horaria, lo que les permitía aproximar la hora de revisión, coordinar la lectura con el cuerpo docente en caso de estar imposibilitados ellos mismos e incluir al alumnado en la tarea. En total se establecieron cuatro puntos de control (Figura 2).

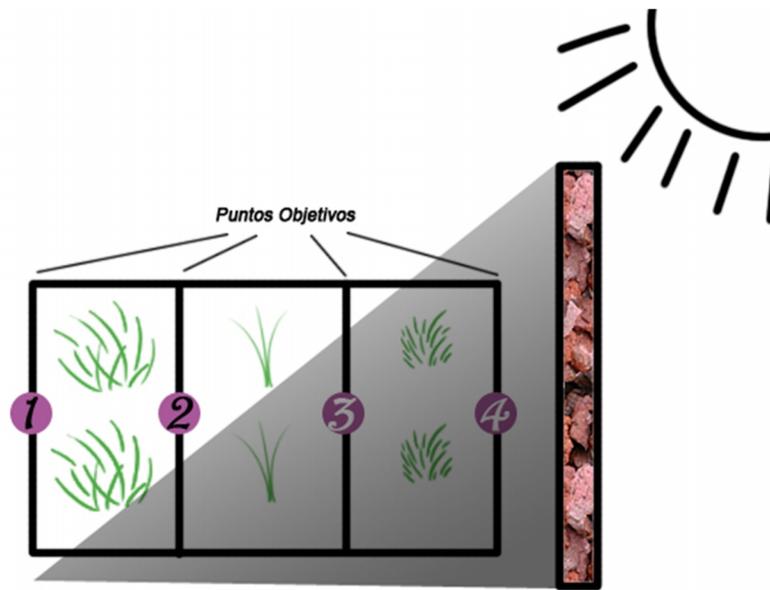


Figura 2. Esquema ilustrativo de la metodología de De León (2011) modificada, utilizada para determinar las horas de luz solar directa sobre los bancales

Esta medición se realizó una vez por semana, coordinando que coincidiera la lectura con aquellos días despejados o con nubosidad parcial, desde el 10 de Septiembre hasta el 25 de Enero, siendo esta última la fecha final de cosecha de acelga con posterior arranque de la planta. Para posteriores comparaciones se procedió a filtrar los datos y dejar sólo los correspondientes a los días despejados. El cuerpo docente encargado de cada establecimiento educativo registró la información. Aquellos días que correspondieron a feriados, el cuerpo administrativo de los establecimientos prestó el apoyo necesario.

### Evaluaciones de cultivo

**Establecimiento de los cultivos.** En la fecha de cosecha señalada para cada cultivo se contabilizó el número de plantas por bancal y estas se expresaron en plantas/m<sup>2</sup>. Se descontó aquellas plantas que habían emitido tallo floral.

**Biomasa.** A los tres cultivos se les evaluó la biomasa de hojas ya que, de acuerdo a observaciones de la CEPAL (2012), en los huertos educativos latinoamericanos el consumo de verduras como la espinaca y la rúcula está más asociado sólo a la hoja. Las otras estructuras del cultivo son utilizadas comúnmente para alimentar a los núcleos de lombrices presentes en el lugar como política de reciclaje orgánica municipal (MINED, 2009; IEH, 2010; CEPAL, 2012).

Considerando lo anteriormente mencionado y para lograr una mayor representatividad de

los datos obtenidos fue que en este estudio la biomasa de todas las hojas cosechadas de cada cultivo fue considerada como la biomasa total del cultivo y solo mencionada como "biomasa". Cabe destacar que la biomasa de cada hoja fue un parámetro también considerado para fines prácticos en este estudio, mencionándose de ese modo cada vez que fue necesario.

Al material cosechado se le determinó la masa en una balanza digital Beste Acs-30 cuya precisión es de 0,5 g, magnitud que luego fue expresada en  $\text{kg/m}^2$ .

Con objetivo de poder comparar la biomasa de los cultivos entre establecimientos en un mismo estado de desarrollo, no se consideró la biomasa de plantas que presentaron floración.

### **Análisis estadístico**

Para la variable biomasa se calculó las medias y coeficientes de variación, este último con el fin de evaluar la dispersión de los datos obtenidos en cada establecimiento y describir de mejor forma la biomasa de los cultivos.

Se realizó un análisis de regresión lineal entre la biomasa de cada cultivo y la biomasa promedio de los cultivos evaluados en cada establecimiento (índice ambiental) (Finlay y Wilkinson, 1963). La pendiente de la regresión constituye una medida de estabilidad del cultivo en los establecimientos analizados (Díaz, 1986; De la Vega y De la Fuente, 2006; Fernández, 2008; López et al., 2011). La pendiente obtenida indica si el cultivo es estable cuando es menor a 1 o inestable cuando es mayor a 1.

Finalmente se realizó un análisis de componentes principales entre la biomasa, biomasa de cada hoja, hojas por metro cuadrado, porcentaje de plantas florecidas, temperatura media y las horas de luz solar directa para los 10 establecimientos educacionales.

Estos análisis se llevaron a cabo con el programa INFOSTAT (en su versión para estudiantes).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Evaluaciones ambientales

#### Temperatura

La temperatura se evaluó entre los días 10 de Septiembre de 2012 y 25 de Enero de 2013, cubriendo así un periodo de 137 días, coincidente con el tiempo desde siembra a cosecha del cultivo de Acelga, el cual actuó de referencia por ser el cultivo que mayor tiempo en terreno. El detalle de las temperaturas mínimas y máximas, amplitud térmica y temperatura media se aprecian en el Apéndice II.

Tras graficar el comportamiento de la amplitud térmica (Figura 3) y la temperatura media (Figura 4), fue posible visualizar una misma distribución de los establecimientos para ambos parámetros.

Esta fue en tres grupos: El primer grupo, ubicado en la zona superior del gráfico, estuvo solo conformado por el establecimiento Jardín infantil Santa Fe. El segundo grupo, ubicado en la zona media del gráfico, estuvo conformado por los establecimientos Liceo Andrés Bello, Sala cuna Andrés Bello, Escuela Básica Llano Subercaseaux, Escuela Especial Los Cedros del Líbano, Liceo Betsabé Hormazábal, Escuela E-462 Villa San Miguel y la Escuela Básica Santa Fe. El tercer grupo, ubicado en la zona inferior del gráfico, estuvo conformado por los establecimientos Escuela Básica Municipal Pablo Neruda y la Escuela D-471 Territorio Antártico.

Respecto a la amplitud térmica, el primer grupo presentó el mayor valor promedio con 14,3 °C, el segundo grupo oscilo sus valores entre los 11,9 °C y 12,9 °C mientras que el tercer grupo lo hizo entre los 9 °C y 10 °C. Las temperaturas máximas se registraron en el establecimiento Jardín infantil Santa Fe en el mes de Enero y las menores en los establecimientos Escuela D-471 Territorio Antártico y Escuela Básica Municipal Pablo Neruda en el mes de Septiembre.

Respecto a la temperatura media, el primer grupo promedió 18°C, el segundo 15,9 °C y el tercer grupo 11,6 °C (Figura 4).

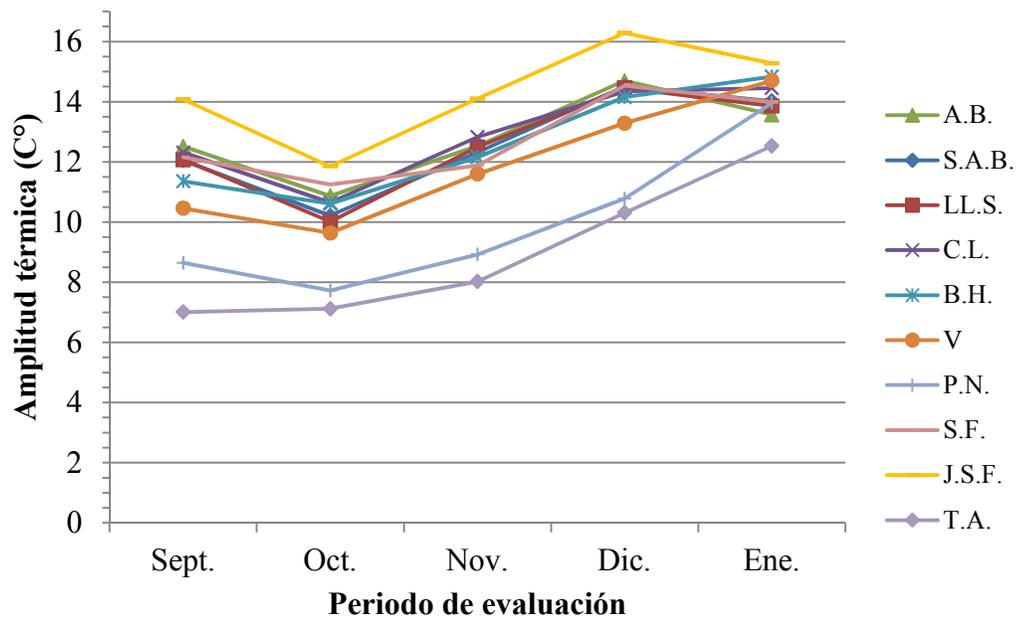


Figura 3. Variación de la amplitud térmica en cada establecimiento medida en los huertos urbanos de 10 establecimientos educacionales de la comuna de San Miguel entre el 10-09-12 y el 25-01-13. Siglas corresponden a establecimientos participantes (Apéndice I)

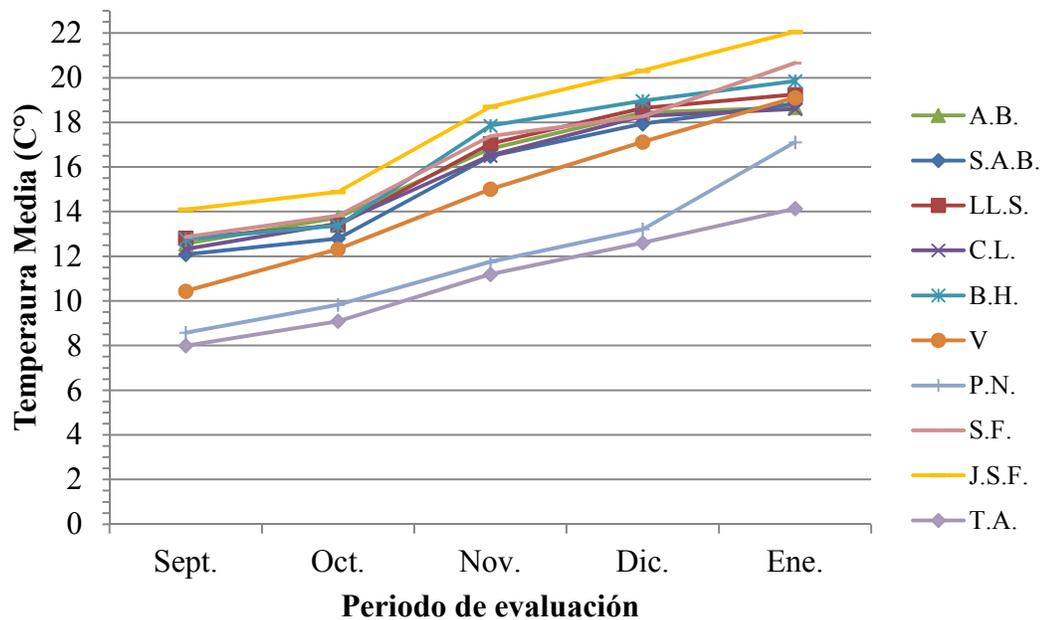


Figura 4. Variación de la temperatura media en cada establecimiento medida en los huertos urbanos de 10 establecimientos educacionales de la comuna de San Miguel entre el 10-09-12 y el 25-01-13. Siglas corresponden a establecimientos participantes (Apéndice I).

## Luz solar directa

Tras graficar el comportamiento de este parámetro se observó una distribución de los establecimientos en grupos similares al resultante de la evaluación de la temperatura media y la amplitud térmica, salvo por el comportamiento del establecimiento Liceo Andrés Bello, el cual aparece en el primer grupo descrito anteriormente y no en el segundo (Figura 5)

Las horas de luz solar directa oscilaron para el primer grupo entre 9,5 y 10,5 horas, para el segundo entre 7 y 8 horas y para el tercero entre 4,2 y 5,4 horas. El detalle de las horas de luz solar directa se aprecia en el Apéndice III.

Los establecimientos mostraron comportamientos diversos asociados posiblemente a las diferencias notorias en infraestructura y a la existencia o no de barreras naturales y artificiales al paso de la luz (Cerde, 1999; De León, 2011; Medel, 2011). En la Figura 5 la presencia de estas barreras se hace notoria en el mes de Diciembre para el establecimiento Escuela E-462 Villa San Miguel (V) donde existe un punto de inflexión producto de la disposición en altura de mallas raschel para obras no relacionadas al trabajo en los huertos.

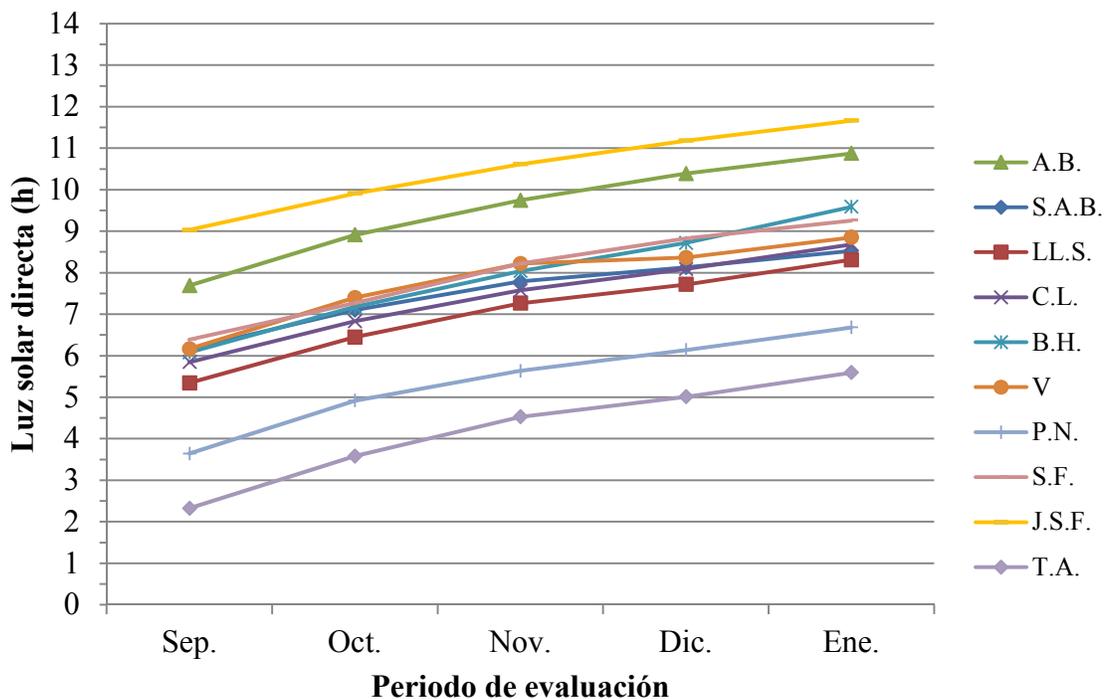


Figura 5. Horas de luz solar directa medida en los huertos urbanos de 10 establecimientos educacionales de la comuna de San Miguel entre el 10-09-12 y el 25-01-13. Siglas corresponden a establecimientos participantes (Apéndice I).

## Evaluaciones de cultivo

### Establecimiento de los cultivos

Para el cultivo de espinaca, la ausencia de floración en todo el periodo de cultivo derivó en que las mismas 16 plantas/m<sup>2</sup> establecidas inicialmente fueran en su totalidad cosechadas. Este hecho, según Huyskes (1971) y Kim et al. (2000) ocurre por la respuesta de este cultivo al fotoperiodo, típica de día largo, por lo que la emisión del tallo floral requiere un fotoperiodo de 12 a 14 horas de luz solar al día y temperaturas superiores a 15 °C (Giacconi y Escaff, 1994). Si bien la temperatura media fue mayor a los 15 °C en 7 de los 10 establecimientos, ninguno de ellos cumplió con los requisitos de fotoperiodo antes del día de cosecha. Otro punto a considerar es el señalado por Vásquez (2006) y Chahua y Siura (2006) quienes indican que, ante aumentos en la temperatura media de la zona de cultivo, la variedad “Bolero híbrido” tiende a desarrollar brotes laterales cortos y de poca biomasa que retardan la inducción natural de la floración en el cultivo, producto de la translocación activa de nutrientes. Esta característica, que explica la ausencia de floración en establecimientos con temperaturas medias elevadas, la hace muy apreciada en horticultura urbana (CEPAL, 2012) puesto que los brotes son altamente demandados para su consumo. Por otro lado, una ausencia sostenida de agua en el tiempo hubiese promovido la floración temprana del cultivo (Seymour, 1999; Doñate et al., 2010; Doñate et al., 2011), evento que no aconteció en este estudio debido a la correcta instrucción dada a los docentes sobre el riego.

En el caso de acelga y rúcula, éstas tuvieron emisión de tallo floral, diferenciándose entre establecimientos en el porcentaje de plantas florecidas.

El cultivo de acelga presentó el mayor porcentaje de floración en el establecimiento Jardín infantil Santa Fe, con un 40%. Este establecimiento es el que registró las mayores temperaturas medias, dato importante considerando que Giner et al. (2010a) señalan que el rendimiento de las variedades de Penca Blanca es muy estable comparando diversos sitios, pero su floración muestra una sensibilidad especial ante las alzas de las temperaturas medias, siendo este un factor clave en la aparición de tallos florales. Otro factor a considerar es el sistema de cosecha utilizado en este estudio, el de hoja a hoja, que dependiendo de su frecuencia puede actuar como factor promotor de la floración prematura (Hoyos et al., 2004; Hoyos et al., 2005), considerando una floración normal a partir de los 135 días en terreno del cultivo desde siembra (Seymour, 1999). Esto contribuye a explicar la aparición de tallos florales en nueve de los diez establecimientos (Cuadro 3)

El cultivo de rúcula también presentó su mayor porcentaje de floración en el establecimiento Jardín infantil Santa Fe, con un 21,9%, sin embargo, en este caso los establecimientos Liceo Andrés Bello, Escuela Básica Santa Fe y Liceo Betsabé Hormazábal presentaron porcentajes muy similares con 21,5%, 19,7% y 19,4%, respectivamente (Cuadro 3). Si consideramos además que las temperaturas medias en estos cuatro

establecimientos fueron relativamente altas para el cultivo (Colorado et al., 2010) y similares entre ellas, podemos atribuirle a este factor la similitud en los porcentajes de floración. La presencia de floración en todos los establecimientos, independiente del porcentaje de la misma, es también atribuible al tiempo transcurrido entre siembra y cosecha para este estudio (90 días). Karidja et al. (2009) y Rzedowski (2001, citado por Terrazas, 2013) señalan que el cultivo presenta floración escalonada y progresiva a contar de los 60 días desde la siembra.

El incremento de las horas de luz producto del aumento del largo del día también influyó en la floración del cultivo de acelga (Hoyos et al., 2005; Arboleda, 2010; Giner et al., 2010a; Giner et al., 2010b). El parámetro de plantas florecidas, dado su coeficiente de variación superior a los demás, deja notar que hay más variación entre establecimientos que en los otros parámetros (cuadro 3).

Cuadro 3. Plantas de acelga y rúcula establecidas, cosechadas y porcentaje de plantas florecidas en los huertos urbanos de 10 establecimientos educacionales de la comuna de San Miguel.

Establecimiento	N° de plantas establecidas/m <sup>2</sup>		N° de plantas cosechadas /m <sup>2</sup>		% plantas florecidas	
	acelga	rúcula	acelga	rúcula	acelga	rúcula
Liceo Andrés Bello	9,0	98,0	7,0	76,8	25,0	21,0
Sala Cuna Andrés Bello	9,0	100,0	6,0	84,4	30,0	15,0
Escuela Llano Subercaseaux	9,0	86,0	7,0	71,4	25,0	17,0
Escuela Cedros del Líbano	9,0	102,0	8,0	94,2	15,0	8,0
Liceo Betsabé Hormazábal	9,0	104,0	7,0	83,5	25,0	19,0
Escuela Villa San Miguel	9,0	92,0	7,0	82,1	20,0	10,0
Escuela Pablo Neruda	9,0	98,0	8,0	95,1	10,0	3,0
Escuela Santa Fe	9,0	102,0	7,0	81,7	20,0	20,0
Jardín Infantil Santa Fe	9,0	100,0	5,0	78,1	40,0	22,0
Escuela Territorio Antártico	9,0	97,0	9,0	96,0	0,0	1,0
Prom.	9,0	98,0	7,0	84,0	21,0	14,0
D.S.	0,0	5,4	1,0	8,3	11,0	7,6
C.V. (%)	0,0	5,5	13,9	9,9	52,4	55,9

## Biomasa

La evaluación de la biomasa de espinaca, acelga y rúcula en los 10 establecimientos educacionales de la comuna de San Miguel se presenta a continuación en los cuadros 4, 5 y 6, respectivamente.

Cuadro 4. Biomasa de espinaca en los huertos urbanos de 10 establecimientos educacionales de la comuna de San Miguel.

Establecimiento	Nº de hojas/m <sup>2</sup>	Biomasa (kg/m <sup>2</sup> )	Biomasa de hoja (g/hj)
Liceo Andrés Bello	170	6,1	36,8
Sala Cuna Andrés Bello	155	5,0	32,9
Escuela Llano Subercaseaux	162	4,8	30,9
Escuela Cedros del Líbano	142	4,1	30,0
Liceo Betsabé Hormazábal	162	4,8	30,1
Escuela Villa San Miguel	156	4,7	30,7
Escuela Pablo Neruda	175	3,6	21,4
Escuela Santa Fe	179	5,3	29,6
Jardín Infantil Santa Fe	187	6,7	36,8
Escuela Territorio Antártico	179	3,6	19,9
Prom.	167	4,9	29,9
D.S.	13,8	1,0	5,6
C.V. (%)	8,3	20,5	18,6

Cuadro 5. Biomasa de acelga en los huertos urbanos de 10 establecimientos educacionales de la comuna de San Miguel.

Establecimiento	Nº de hojas/m <sup>2</sup>	Biomasa (kg/m <sup>2</sup> )	Biomasa de hoja (g/hj)
Liceo Andrés Bello	157	3,5	21,1
Sala Cuna Andrés Bello	125	2,9	22,5
Escuela Llano Subercaseaux	124	2,7	20,9
Escuela Cedros del Líbano	137	2,4	17,5
Liceo Betsabé Hormazábal	138	2,7	19,4
Escuela Villa San Miguel	148	2,8	18,4
Escuela Pablo Neruda	130	2,2	16,8
Escuela Santa Fe	140	2,9	19,9
Jardín Infantil Santa Fe	140	3,1	21,9
Escuela Territorio Antártico	128	2,6	19,8
Prom.	137	2,8	19,8
D.S.	10,4	0,3	1,9
C.V. (%)	7,6	12,4	9,3

Cuadro 6. Biomasa de rúcula en los huertos urbanos de 10 establecimientos educacionales de la comuna de San Miguel.

Establecimiento	Nº de hojas/m <sup>2</sup>	Biomasa (kg/m <sup>2</sup> )	Biomasa de hoja (g/hj)
Liceo Andrés Bello	774	1,5	2,0
Sala Cuna Andrés Bello	919	1,4	1,6
Escuela Llano Subercaseaux	805	0,8	1,0
Escuela Cedros del Líbano	1.024	1,3	1,3
Liceo Betsabé Hormazábal	998	1,4	1,4
Escuela Villa San Miguel	1.054	1,2	1,1
Escuela Pablo Neruda	1.026	0,8	0,8
Escuela Santa Fe	905	1,2	1,4
Jardín Infantil Santa Fe	1.060	1,6	1,5
Escuela Territorio Antártico	972	0,6	0,7
Prom.	954	1,2	1,3
D.S.	100,9	0,3	0,4
C.V. (%)	10,6	27,9	31,0

En el caso de la espinaca, la producción de biomasa a cosecha fluctuó entre los 3,6 kg/m<sup>2</sup> y los 6,7 kg/m<sup>2</sup>. Para la variedad bajo estudio, “Bolero híbrido”, Chahua y Siura (2006) señalan promedios de producción entre los 9,7 kg/m<sup>2</sup> y los 13,5 kg/m<sup>2</sup>. La diferencia entre la biomasa obtenida en el estudio (Cuadro 4) y la presente en la bibliografía se debe probablemente al factor horas de luz solar directa, el cual sólo en tres establecimientos superó las 8 horas recomendadas como mínimo para el cultivo de esta variedad (Chahua y Siura, 2006).

En el caso de la acelga, la producción de biomasa a cosecha fluctuó entre los 2,2 kg/m<sup>2</sup> y los 3,5 kg/m<sup>2</sup>. Para la variedad bajo estudio, “Whit Rebbet”, Goites (2008) señala promedios de producción entre 2 kg/m<sup>2</sup> y 6 kg/m<sup>2</sup>, mientras que Hoyos et al. (2004) indica que el peso promedio de la hoja va disminuyendo en la medida que la floración avanza, especialmente si se está realizando una cosecha hoja a hoja. Esta observación es similar a la de Arboleda (2010) y CERET (2013) quienes señalan una producción promedio entre 2,3 kg/m<sup>2</sup> y 3,5 kg/m<sup>2</sup> de biomasa considerando diversas micro zonas de producción situadas en una misma localidad bajo el sistema de cosecha parcial de hojas, lo que se condice con los resultados de este estudio. Cabe destacar que, de haberse considerado una fertilización orgánica en los establecimientos para el estudio, según Dais et al. (2006) no habría existido un cambio significativo en la producción de biomasa, sino más bien en la calidad de esta en cuanto a cantidad de vitamina C, potasio, calcio y magnesio. Esta última afirmación es ratificada por Cevallos (2011). La diferencia en la producción de biomasa de hojas entre establecimientos (Cuadro 5) podría deberse al diferente número de plantas florecidas ya que, tal y como se mencionó anteriormente, no se contabilizó la producción de los cultivos florecidos. En este contexto, Giner et al. (2010b) recomiendan siembras a partir del 15 de

agosto para evitar la floración anticipada, los brotes laterales y otros crecimientos indeseados a la cosecha. Esta recomendación es 25 días anticipada que la fecha de siembra recomendada por Goites (2008) y utilizada en este estudio.

En el caso de la rúcula, la producción de biomasa a cosecha fluctuó entre los 0,6 kg/m<sup>2</sup> y los 1,6 kg/m<sup>2</sup>. Para la variedad bajo estudio, “Rocket”, Terrazas (2013) señala promedios de producción entre 1,1 kg/m<sup>2</sup> y 2,5 kg/m<sup>2</sup>. Colorado et al. (2010) indica que el peso promedio de la hoja va disminuyendo en la medida que la floración va avanzando, condición que en los últimos años ha promovido el cultivo bajo invernadero de esta variedad, considerando un mejor control de los factores ambientales y por ende la presencia de condiciones más favorables, según Terrazas (2013). La diferencia en la producción de biomasa que se reflejó entre establecimientos (Cuadro 6) al igual que en el caso de la acelga podría deberse principalmente a las diferencias en el número de plantas florecidas. De acuerdo a observaciones de Bermejillo et al. (2006) y Karidja et al. (2009) la masiva floración ocurrida en todos los establecimientos es resultado de las características fenológicas propias del cultivo, que presenta una alta tasa de floración promedio a partir de los 60 días tras la siembra, pudiendo ser aún más influenciada por altas temperaturas medias después de los primeros 60 días de cultivo (Colorado et al., 2010). Es importante mencionar que, según Evans et al. (2001, citado por Colorado et al., 2010), los cortes parciales del cultivo como método de cosecha, retrasan la floración del cultivo y, en el sentido de un mejor plan de consumo por parte de los estudiantes de los establecimientos, hubiese tenido mejor aceptación, ya que con este tipo de cosecha se obtiene una hoja no tan picante y suave al paladar, de acuerdo a Morales et al. (2006, citado por Colorado et al., 2010).

Entre los tres cultivos evaluados, el que produjo los mayores valores de biomasa fue la espinaca, esto debido en gran parte a la ausencia de floración del cultivo, lo que permitió que la totalidad de las plantas establecidas pudieran ser cosechadas, a diferencia de la rúcula y la acelga, donde en promedio el 14% y el 21% de plantas establecidas (respectivamente) no fue considerada.

### **Estabilidad de la biomasa**

En la Figura 6 se observan las regresiones de la biomasa (kg/m<sup>2</sup>) por metro cuadrado de cada cultivo sobre el índice ambiental. Todas las regresiones fueron estadísticamente significativas ( $P < 0,05$ ). Los valores de los coeficientes de regresión ( $b_i$ ) fueron 0,53 (rúcula), 0,59 (acelga) y 1,98 (espinaca) (Cuadro 7). Los coeficiente de determinación obtenidos pueden calificarse, según indican Eberhart y Russell (1966), Diaz (1986), De la Vega y De la Fuente (2006), Fernández (2008) y Canal (2012), como altos para todas las regresiones.

Cuadro 7. Modelos de regresión de la biomasa ( $\text{kg/m}^2$ ) sobre los índices ambientales, parámetros de estabilidad (coeficiente de regresión  $b_i$ ) y coeficientes de determinación ( $R^2$ ) asociados a los cultivos estudiados.

Cultivo	Modelo	$b_i$	$R^2$
Acelga	$y = 0,59x + 1,04$	0,59	0,81
Espinaca	$y = 1,88x - 0,66$	1,88	0,97
Rúcula	$y = 0,53x - 0,38$	0,53	0,71

Haciendo un estudio discriminativo de los cultivos de acuerdo a la metodología de Finlay y Wilkinson (1963) y teniendo en cuenta los resultados absolutos, la rúcula y la acelga presentaron mayor estabilidad de la biomasa ( $b_i=0,53$  y  $0,59$  respectivamente) siendo los cultivos cuya producción de biomasa menos cambió entre establecimientos. Este resultado indica que, en los establecimientos evaluados, ambos cultivos presentan adaptabilidad amplia, o sea, existe poca variación de rendimiento (medido como biomasa producida) entre un establecimiento y otro, pese a las diferencias ambientales (Diaz, 1986; López et al., 2011). Sobre el cultivo de rúcula, esto se condice con los estudios comparativos entre la variedad 'Rocket' y los otros cultivares de rúcula, que muestran una baja sensibilidad de la variedad 'Rocket' a las variaciones ambientales en cuanto a producción de biomasa de hoja (Bermejillo et al., 2006; Karidja et al., 2009; Colorado et al., 2010; Terrazas, 2013), caso similar al cultivo de la Acelga 'Penca Blanca' (Giner et al., 2010a; Giner et al., 2010b; Hoyos, 2004; Hoyos, 2005). Esto último ha sido señalado en conferencias y presentaciones sobre agricultura urbana en espacios educativos (FAO, 2004; FAO 2009; IEH, 2010; CEPAL, 2012).

Por otra parte, la espinaca presentó una pendiente mayor a 1 ( $b_i=1,9$ ), indicando que su rendimiento medido como biomasa es inestable para los establecimientos evaluados. Esto confirma su tendencia a mostrar mejores resultados produciendo biomasa en los lugares que poseen mejores condiciones ambientales de crecimiento y desarrollo, especialmente referido a la variedad 'Bolero híbrido' que tiende a producir brotes laterales cortos y de poca biomasa antes que hojas grandes y pesadas (Chahua y Siura, 2006; Vásquez, 2006). Según lo anteriormente señalado, podemos clasificar a la espinaca como un cultivo de adaptación específica (De la Vega y De la Fuente, 2006; López et al., 2011; Canal, 2012). Pese a su inestabilidad, tiene el mayor rendimiento de biomasa entre los cultivos evaluados, por lo que resultaría interesante sugerir su siembra en el futuro en aquellos establecimientos donde fue mejor su producción (Diaz, 1986; De la Vega y De la Fuente, 2006; Fernández, 2008; López et al., 2011; Canal, 2012).

Estos resultados confirman lo señalado por CEPAL (2012) en cuanto a la relación entre las características propias de los establecimientos (diversidad de tamaños, formas y disposición de las construcciones) y el éxito o fracaso de un proyecto de horticultura urbana que busque resultados similares entre establecimientos educativos. La gran variación en el patrimonio de infraestructuras educativas, como es el caso de Chile (Cerdeira, 1999), provoca variaciones en

producción de biomasa evidentes (Cuadro 8).

Pese a que la espinaca es la que tuvo la mayor biomasa, es a la vez la que tiene mayor varianza mientras que los rendimientos promedio de acelga y de rúcula fueron mucho más estables entre establecimientos, con una varianza para ambos casos de 0,1. Estos resultados prueban la importancia del estudio de estabilidad de los cultivos evaluados en lugares con diferentes condiciones ambientales para discriminar el cultivo más estable entre ellos (Díaz, 1986; De la Vega y De la Fuente, 2006; López et al., 2011; Canal, 2012; Garrido et al., 2013). Entre los cultivos estables, la acelga fue la que produjo mayor biomasa en cada uno de los establecimientos evaluados.

Las mayores producciones de biomasa de los tres cultivos estudiados se registraron en los establecimientos Liceo Andrés Bello (A.B.) y Jardín infantil Santa Fe (J.S.F.) (Cuadro 8), los cuales contaron a su vez con la mayor cantidad de horas de luz directa entre todos los establecimientos (Apéndice III). Ambos establecimientos tenían emplazados sus huertos en zonas sin barreras naturales o artificiales que impidiesen el correcto paso de la luz solar, y contaban con temperaturas medias entre 16°C y 18°C (Apéndice II) y entre 9,5 y 10,5 horas de luz solar directa (Apéndice III).

Cuadro 8. Biomasa, varianza e índice ambiental para los cultivos de acelga, espinaca y rúcula evaluados en los huertos urbanos de 10 establecimientos educacionales de la comuna de San Miguel.

Cultivos	Biomasa en cada establecimiento										Prom Bio	Varianza
	A.B.	S.A.B.	LL.S.	C.L.	B.H.	V.	P.N.	S.F.	J.S.F.	T.A.		
	----- (kg/m <sup>2</sup> ) -----											
Acelga	3,5	2,9	2,7	2,4	2,7	2,8	2,2	2,9	3,1	2,6	2,8	0,1
Espinaca	6,1	5,0	4,8	4,1	4,8	4,7	3,6	5,3	6,7	3,6	4,9	1,0
Rúcula	1,5	1,4	0,8	1,3	1,4	1,2	0,8	1,2	1,6	0,6	1,2	0,1
I. Ambiental	3,7	3,1	2,7	2,6	3,0	2,9	2,2	3,1	3,8	2,3		

Siglas corresponden a establecimientos participantes (Apéndice I)

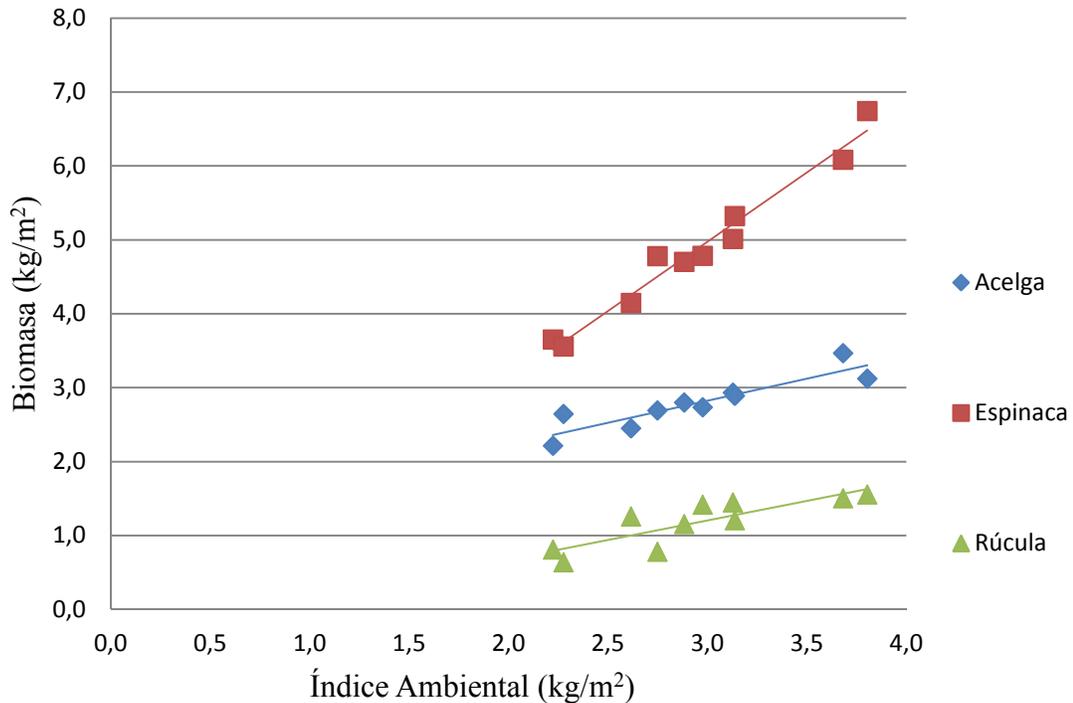


Figura 6. Líneas de regresión de la producción de biomasa ( $\text{kg/m}^2$ ) sobre el índice ambiental ( $\text{kg/m}^2$ ).

### Análisis de componentes principales (ACP)

**Acelga.** En la Figura 7 se observa el análisis de componentes principales para la acelga, donde las dos primeras componentes explicaron el 85,9% de la varianza total.

La componente principal 1 (CP1) discrimina los 10 establecimientos principalmente en función de cuatro variables de acuerdo a los autovectores obtenidos (Apéndice IV): biomasa (Bio), porcentaje de plantas florecidas (% Pl F), temperatura media (TM) y las horas de luz solar directa (HL). Por otra parte, la componente principal 2 (CP2) discrimina los establecimientos principalmente en función de dos variables: número de hojas por metro cuadrado ( $\text{hjs/m}^2$ ) y la biomasa de hoja (Bio hj).

Las siguientes variables se correlacionaron de forma significativa ( $P < 0,05$ ), alta y positiva: La biomasa de hoja (Bio hj) con biomasa (Bio). La biomasa (Bio) con horas de luz solar directa (HL). El porcentaje de plantas florecidas (% Pl F) con temperatura media (TM) y horas de luz solar directa (HL). La temperatura media (TM) con horas de luz solar directa (HL). La matriz de correlación para el cultivo de acelga puede verse en el Apéndice V.

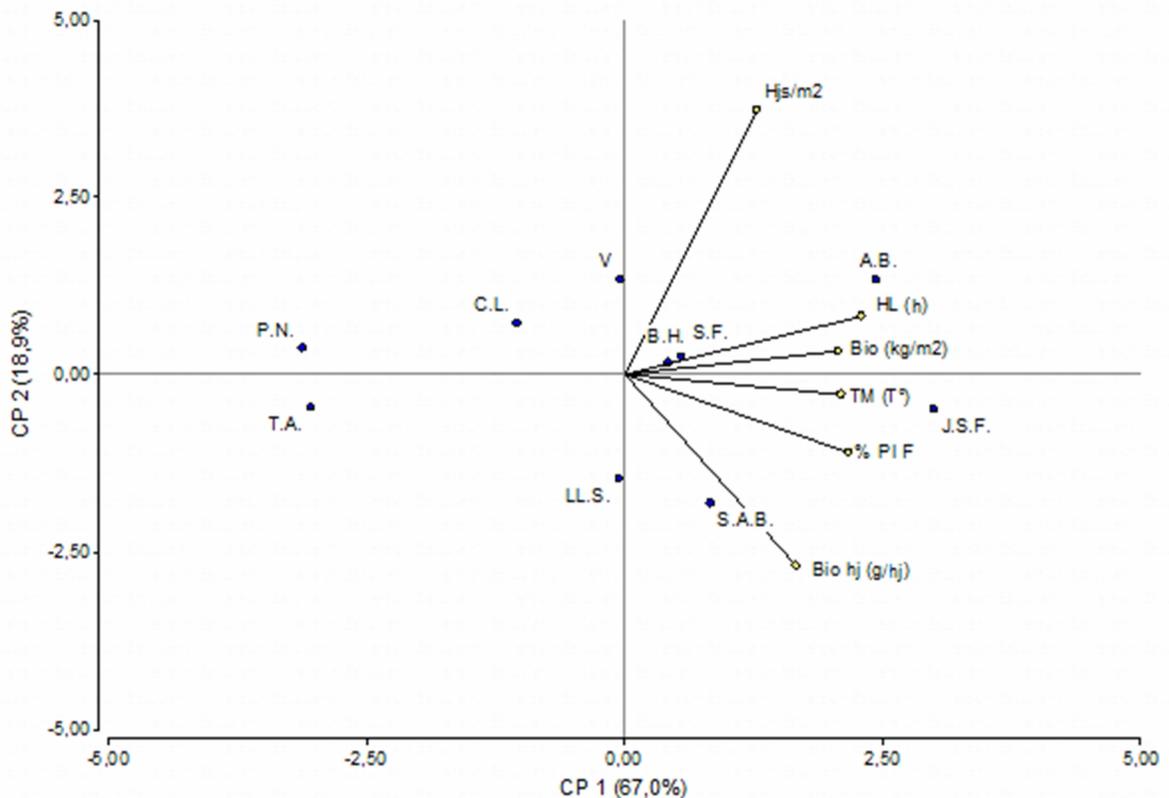


Figura 7. Biplot de las componentes principales I (CP1) y II (CP2) para la acelga. Variables: **Bio**: biomasa; **Bio hj**: biomasa de hoja; **Hjs/m<sup>2</sup>**; número de hojas por metro cuadrado; **%PI F**: porcentaje de plantas florecidas; **TM**: temperatura media; **HL**: horas de luz solar directa.

**Espinaca.** En la Figura 8 se observa el análisis de componentes principales para la espinaca, donde las dos primeras componentes explicaron el 96,5% de la varianza total.

La componente principal 1 (CP1) discrimina los 10 establecimientos principalmente en función de cuatro variables de acuerdo a los autovectores obtenidos (Apéndice VI): biomasa (Bio), biomasa de hoja (Bio hj), temperatura media (TM) y las horas de luz solar directa (HL).

Por otra parte, la componente principal 2 (CP2) discrimina los establecimientos principalmente en función de una variable: número de hojas por metro cuadrado (hjs/m<sup>2</sup>).

Las siguientes variables se correlacionaron de forma significativa ( $P < 0,05$ ), alta y positiva: La biomasa de hoja (Bio hj) con biomasa (Bio), temperatura media (TM) y horas de luz solar directa (HL). La biomasa (Bio) con temperatura media (TM) y horas de luz solar directa (HL). La temperatura media (TM) con horas de luz solar directa. La matriz de correlación para el cultivo de espinaca puede verse en el Apéndice VII.

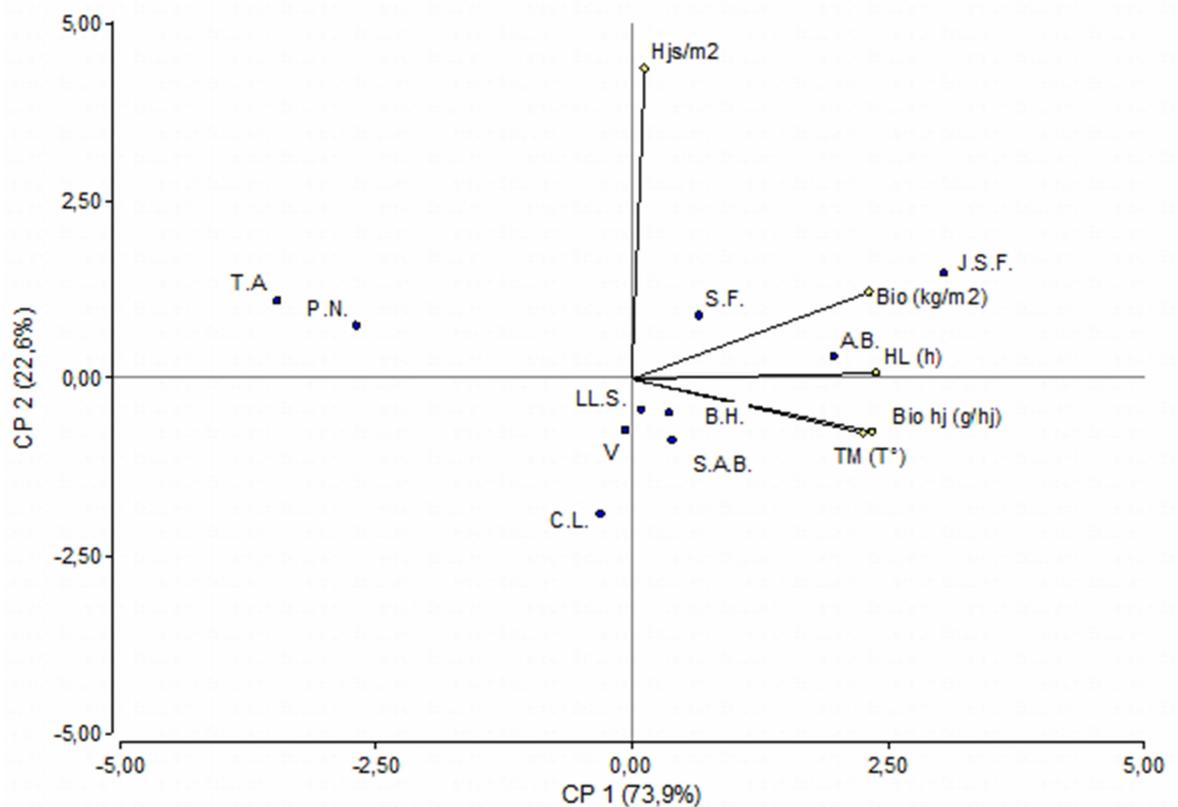


Figura 8. Biplot de las componentes principales I (CP1) y II (CP2) para la espinaca. Variables: **Bio**: biomasa; **Bio hj**: biomasa de hoja; **Hjs/m<sup>2</sup>**; número de hojas por metro cuadrado; **TM**: temperatura media; **HL**: horas de luz solar directa.

**Rúcula.** En la Figura 9 se observa el análisis de componentes principales para la rúcula, donde las dos primeras componentes explicaron el 91,6% de la varianza total.

La componente principal 1 (CP1) discrimina los 10 establecimientos principalmente en función de cinco variables de acuerdo a los autovectores obtenidos (Apéndice VIII): biomasa (Bio), biomasa de hoja (Bio hj), porcentaje de plantas florecidas (% Pl F), temperatura media (TM) y las horas de luz solar directa (HL). Por otra parte, la componente principal 2 (CP2) discrimina los establecimientos principalmente en función de una variable: número de hojas por metro cuadrado (hjs/m<sup>2</sup>).

Las siguientes variables se correlacionaron de forma significativa ( $P < 0,05$ ), alta y positiva: La biomasa de hoja (Bio hj) con biomasa (Bio), porcentaje de plantas florecidas (% Pl F), temperatura media (TM) y horas de luz solar directa (HL). La biomasa (Bio) con porcentaje de plantas florecidas (% Pl F), temperatura media (TM) y horas de luz solar directa (HL). El porcentaje de plantas florecidas (% Pl F) con temperatura media (TM) y horas de luz solar directa (HL). La temperatura media (TM) con las horas de luz solar directa. La matriz de correlación para el cultivo de rúcula puede verse en el Apéndice IX.

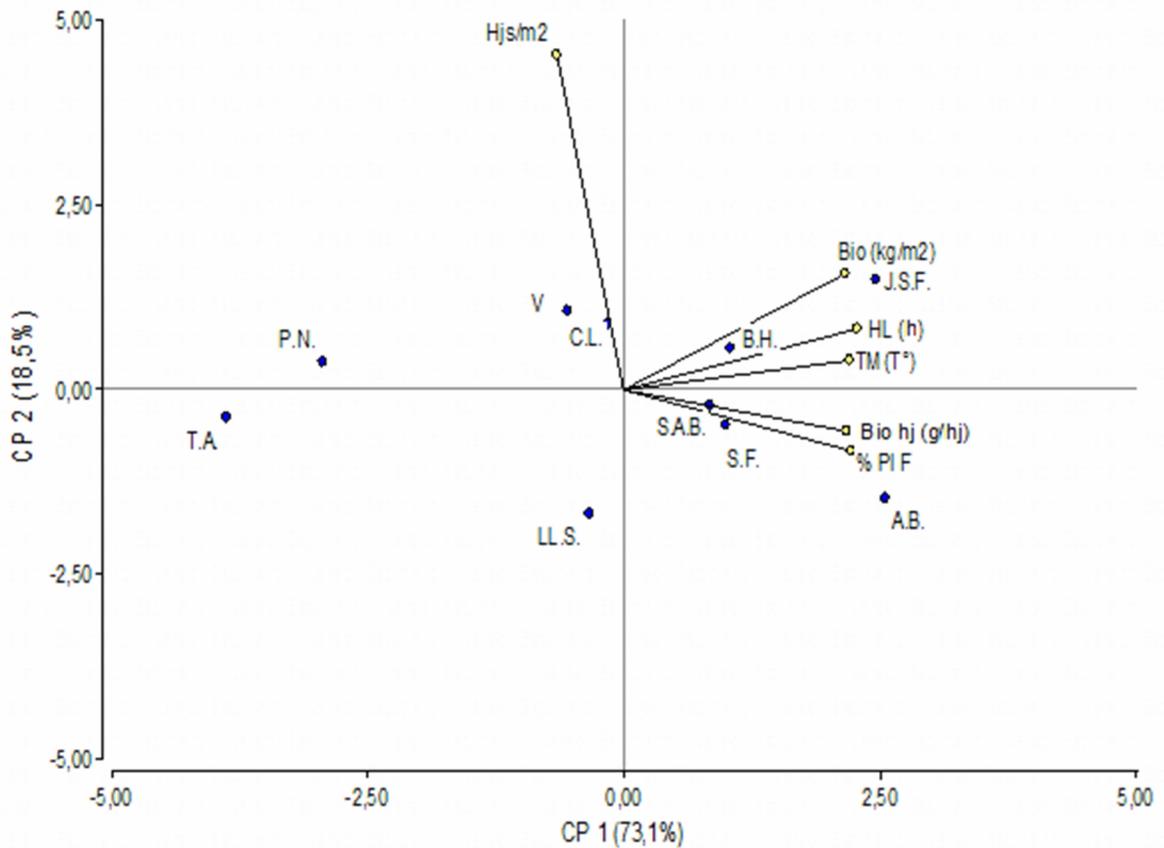


Figura 9. Biplot de las componentes principales I (CP1) y II (CP2) para la rúcula. Variables: **Bio**: biomasa; **Bio hj**: biomasa de hoja; **Hjs/m<sup>2</sup>**; número de hojas por metro cuadrado; **%PI F**: porcentaje de plantas florecidas; **TM**: temperatura media; **HL**: horas de luz solar directa.

En todos los biplots antes presentados, se observa la clara separación de los establecimientos en tres grupos. En el cuadrante derecho, donde se registraron los mayores valores para las variables biomasa (Bio), porcentaje de plantas florecidas (% PI F), biomasa de hoja (Bio hj), temperatura media (TM) y horas de luz solar directa (HL) se situaron los establecimientos Liceo Andrés Bello (A.B) y Jardín infantil Santa Fe (J.S.F.). Por otro lado, en el cuadrante izquierdo, donde se registraron los valores más bajos para las mismas variables, se situaron los establecimientos Escuela Básica Municipal Pablo Neruda (P.N.) y la Escuela D-471 Territorio Antártico (T.A.). Estos resultados se condicen con los obtenidos a lo largo del estudio, donde fueron estos cuatro establecimientos los que siempre se diferenciaron entre los 10 bajo estudio.

Tanto el porcentaje de plantas florecidas del cultivo de acelga como el del cultivo de rúcula se correlacionaron de forma significativa ( $P < 0,05$ ), alta y positiva con las variables temperatura media (TM) y horas de luz solar directa (HL). Tal y como se esperaba, en todos los cultivos la relación entre temperatura media y horas de luz solar directa fue

significativa ( $P < 0,05$ ), alta y positiva.

Respecto a esto último, según Goites (2008) el cultivo de acelga puede fracasar por exceso de temperaturas, ya que la floración prematura disminuye la biomasa por hoja a medida que avanza, situación también señalada por otros autores (Hoyos et al., 2005; Arboleda, 2010; Giner et al., 2010a; Giner et al., 2010b). Por lo señalado anteriormente es que, pese a que algunos autores resaltan la bondad del cultivo, el cual permite ser sembrado a lo largo de todo el año en la zona bajo estudio por su facilidad para germinar bajo lluvias o temperaturas de suelo bajas (Seymour, 1999; CEPAL, 2012), otros son más cautos al señalar que se debe evitar que el cultivo cumpla sus primeros 120 días de vida bajo periodos de altas temperaturas medias para evitar la aparición prematura de tallos florales (Giner et al., 2010a; Giner et al., 2010b). Anteriormente se había hecho mención a otro factor que facilitó la floración prematura en 9 de los 10 establecimientos bajo estudio, la cosecha de hoja a hoja (Hoyos et al., 2004; Hoyos et al., 2005). Pese a estos resultados, y tal como se señaló en el apartado de biomasa, el cultivo de acelga se mantuvo dentro de los márgenes de producción esperados para las condiciones del estudio. Si bien era esperable la alta correlación entre la biomasa y la temperatura media, estos no aparecieron vinculados en el estudio. Esto probablemente se debió a la variabilidad generada en los datos de biomasa total al haber descartado los cultivos que habían emitido tallo floral (Arboleda, 2010).

Por otro lado, para el cultivo de rúcula, la alta correlación observada entre la variable porcentaje de plantas florecidas y la variables temperatura media (TM) pudo deberse al aumento de la temperatura media por sobre los  $14^{\circ}\text{C}$  habiendo transcurrido ya 60 días desde la siembra, situación que según Colorado et al. (2010) es clave para propiciar la inducción de la floración de esta variedad. Esta condición se cumplió en 8 de los 10 establecimientos, pudiendo estar la floración en los otros dos establecimientos relacionada a otros factores tanto ambientales como del cultivo (Karidja et al., 2009). Si bien esta condición podría resultar en un problema para proyectos de horticultura urbana, considerando que el peso promedio de la hoja va disminuyendo en la medida que el proceso de espigamiento previo a la floración va avanzando (Colorado et al., 2010), CEPAL (2012), indica que otras características del cultivo, como su rusticidad, lo hacen excelente para el cultivo bajo horticultura urbana.

Pese a que diversos autores mencionaban la floración como un problema para la ganancia de peso por hoja en acelga y rúcula, finalmente el ACP aplicado a ambos cultivos dejó ver una alta correlación entre las variables porcentaje de plantas florecidas y biomasa, por lo que la floración no resultó en un problema. Por otro lado, y respecto a los tres cultivos, la falta de horas de luz solar directa en la mayoría de los establecimientos, salvo en el Liceo Andrés Bello y en el Jardín infantil Santa Fe, si resultó ser una limitante en la producción de biomasa, registrando menores valores para esta variable en la medida que las horas de luz solar directa era más reducidas entre establecimientos.

## CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos se concluye que:

Los cultivos de acelga y rúcula, cultivados en bancales en establecimientos educacionales de la comuna de San Miguel, producen biomasa dentro de rangos esperables para cada uno de ellos. En tanto espinaca produce menos de lo esperado debido probablemente a la falta de horas de luz.

Rúcula y acelga son cultivos con producción de biomasa estable entre establecimientos educacionales de la comuna de San Miguel, siendo la rúcula más estable.

Espinaca es un cultivo más inestable que rúcula y acelga, pero puede llegar a producir valores de biomasa más altos, por lo que se recomienda su cultivo en establecimientos que cuenten con temperaturas medias entre 16°C y 18°C y entre 9,5 y 10,5 horas de luz solar directa.

## BIBLIOGRAFÍA

Arboleda, R. 2010. Comportamiento agronómico de la acelga Whit Rebbet (*Beta vulgaris* var. *cicla* Pers) a nueve distanciamientos de siembra, bajo riego por goteo. Tesis de grado para optar al título de Ingeniero Agrónomo. Santa María, Manabí, Ecuador: Universidad técnica de Manabí, Facultad de Ingeniería Agronómica. 46h.

Barrios, R. 2008. Efecto del sombreado artificial sobre el establecimiento de leguminosas promisorias como cobertura en palma aceitera en el estado Monagas. [en línea]. Centro de Investigaciones Agropecuarias del estado Monagas (CIAE-Monagas). San Agustín de La Pica, Venezuela. Pág. 31-34 Recuperado en: <[http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0002-192X2008000100007&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0002-192X2008000100007&lng=pt&nrm=iso)> Consultado el 21 de Septiembre de 2014.

Bautista, F.; H. Delfin; J.L. Palacio y M. Delgado. 2004. Técnicas de muestreo para manejadores de recursos naturales. Universidad Nacional Autónoma de México. Yucatán, México. 508 p.

Bermejillo A.; M.Filippini; F.Pimpini; E.Antoniolli; G.Naranjo; V.Novello y P. Rodríguez. 2006. Cultivo de rúcula y otras aromáticas en sistema de raíz flotante (pp. 1-13). En: III Jornadas de Riego y Fertirriego (35<sup>a</sup>, 10 y 11 de Agosto de 2006, Mendoza, Argentina). Una alternativa de producción sustentable en Mendoza: trabajos presentados como ponencia. Mendoza, Argentina: Departamento de Ingeniería Agrícola y Ciencias Jurídico Sociales, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Cuyo. 13p.

Canal, G. 2012. Análisis de la variabilidad genotípica de cebada cervecera en rendimiento, porcentaje de proteína y calibre en distintos ambientes. Tesis de grado para optar al título de Ingeniero Agrónomo: Especialista en Cultivo de Granos. Buenos Aires, Argentina. Universidad de Buenos Aires, Facultad de Agronomía. 52h.

Cerda, J. 1999. Santiago de Chile durante el último boom edificativo del siglo XX: dos constataciones sobre las inversiones residenciales en la fase 1991-1997. Santiago, Chile: MINVU. 55p.

CEPAL (Comisión Económica Para América Latina y el Caribe). 2012. Informe final y conclusiones del taller internacional sobre proyectos de seguridad alimentaria en zonas urbanas de América Latina “en imprenta”. En: Taller internacional: proyectos de seguridad alimentaria en zonas urbanas de América Latina. (Noviembre 4-5, 2012). Santiago, Chile: CEPAL. 304 p.

CERET (Centro regional de Educación Tecnológica La Pampa, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria) (Ed.). 2013, ene. Experiencias hortícolas locales. Aportes para el desarrollo territorial y la diversificación productiva. (Pub. Tec. N° 91), La Pampa, Argentina: INTA. 30p.

Cevallos, C. 2011. Evaluación agronómica del cultivo de acelga (*Beta vulgaris*. L. var. *cicla*). con la utilización de tres bioestimulantes en tres dosis diferentes. Tesis de grado para optar al título de Ingeniero Agrónomo. Guaranda, Ecuador: Universidad estatal de Bolívar, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos naturales y del Ambiente. Escuela de Ingeniería Agronómica. 96h

Chahua, L. y S. Siura. 2006. Evaluación de cinco cultivares de espinaca (*Spinacia oleracea* L.) bajo cultivo orgánico. (pp. 1-18). En: XIV Congreso Peruano de Horticultura Arequipa, 2006. (1ª, 23-26 de Agosto de 2006, Arequipa, Perú). El cultivo de la Espinaca bajo cultivo orgánico. Arequipa, Perú: Universidad Nacional Agraria La Molina. 18p.

Colorado, F; D. Rodríguez; J. Cortés. 2010, jun. Análisis de crecimiento de rugula (*Eruca sativa* Mill.) en la sabana de bogotá, bajo dos condiciones ambientales. Revista de la Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales U.D.C.A. de Bogotá, Actualidad & Divulgación Científica, 13(1):105-113

Cortes, M. 2002. Bioinstrumentación de la Temperatura, Capítulo 2. [en línea]. Universidad de Sonora, Academia de Bioinstrumentación, México. Pág. 35-205. Recuperado en: <<http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/19631/Capitulo2.pdf>> Consultado el 09 de Septiembre de 2014.

Daiss, N.; M. González Y M. G. Lobo. 2006. Efecto de distintos tratamientos pre-cosecha sobre la calidad fisicoquímica y nutricional en acelga ecológica. (pp. 1-4). En: VIII Simposio Nacional y V Ibérico de Maduración y Post-recolección. Orihuela, Alicante. (14ª, 27-30 de septiembre de 2006, Orihuela, Alicante). Investigaciones Agrarias. Valencia, España. 60p.

De la Vega, A. y E. De la Fuente. 2006. Elección de Genotipos. pp. 319-345. In: Pascale, A. Producción de Granos. Facultad de Agronomía (UBA). Buenos aires, Argentina. 783 p.

De León, A. 2011. La Luz solar en la arquitectura. Tesis Arquitecto. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Arquitectura. Ciudad de Guatemala, Guatemala. 182 p.

Diaz, W. 1986. Evaluación de la estabilidad del rendimiento de cultivares de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) en diferentes ambientes. Tesis de grado para optar al título de Ingeniero Agrónomo. Maracay, Venezuela: Universidad Central de Venezuela, Facultad de Agronomía. 37h.

Doñate, M.; R. Rodriguez; M. Luna y S. Hartmann. 2010. Influencia de la aplicación de diferentes enmiendas orgánicas sobre la concentración de Nitratos en un cultivo ecológico de espinaca (*Spinacea oleracea* L. cv. Bolero F1) bajo invernadero. En: XXXIII Congreso Argentino de Horticultura, Buenos Aires Argentina, 2010. (208ª, 28 de Septiembre al 1 de Octubre de 2010, Rosario, Santa Fe, Argentina). Horticultura Argentina. Rosario, Santa Fe, Argentina: Convenio Provincia de Río Negro-INTA. Departamento de Agronomía. Universidad Nacional del Sur. UN Río Negro (UNRN). 11p.

Doñate, M.; R. Rodríguez; M. Luna y S. Hartmann. 2011. Estimación del contenido de nitrato en lámina y pecíolo de espinaca (*Spinacea oleracea* L. cv. Bolero F1) y su relación con el rendimiento en un cultivo ecológico bajo cubierta. En: XXXIV Congreso Argentino de Horticultura, Buenos Aires Argentina, 2011. (216ª, 27-39 de Septiembre de 2011, Buenos Aires, Argentina). Horticultura Argentina. Buenos Aires Argentina: Departamento de Agronomía, Universidad Nacional del Sur. Convenio Provincia de Río Negro-INTA. 14p.

Eberhart, R.E. and Russell, W.A. 1966. Stability parameters for comparing varieties. *Crop. Sci.* 6, 36-40.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2004. Nota Conceptual sobre los Huertos Escolares. La mejora de la nutrición y educación infantiles mediante programas de horticultura escolar, Septiembre de 2004. [en línea]. Roma, Italia. Recuperado en: <<http://www.fao.org/sd/erp/SchoolGardensNoteS.pdf>> Consultado el: 10 de Septiembre de 2014.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2007. Crear y manejar un huerto escolar. Un manual para profesores, padres y comunidades, Septiembre de 2007. [en línea]. Roma, Italia. Recuperado en: <[www.fao.org/docrep/009/a0218s/a0218s00.htm](http://www.fao.org/docrep/009/a0218s/a0218s00.htm)> Consultado el: 10 de Septiembre de 2014.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2009. El huerto escolar. Orientaciones para su implementación, Abril de 2009. [en línea]. El Salvador, El Salvador. Recuperado en: <<http://www.fao.org/docrep/013/am275s/am275s00.pdf>> Consultado el: 14 de Septiembre de 2014.

Fernández, M. 2008. La estabilidad del rendimiento de trigo candeal en la región de las planicies con tosca de la provincia de La Pampa. *Revista de la Facultad de Agronomía [La Pampa]* 19: 41-62.

Finlay, K.W. and G.N. Wilkinson. 1963. The analysis of adaptation in plant breeding program. *Australian Journal of Agricultural Research* 14: 742-754.

Garrido, M.; P. Silva; H. Silva; R. Muñoz; C. Baginsky; E. Acevedo. 2013, may.-ago. Evaluación del rendimiento de nueve genotipos de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) bajo diferentes disponibilidades hídricas en ambiente mediterráneo. *IDESIA, Revista de Agronomía de la Universidad de Tarapacá*. Arica, Chile, 31(2): 69-76.

Giaconi, V., y M. Escaff. 1994. Cultivo de hortalizas. Santiago de Chile: Editorial Universitaria. 335 p.

Giner, A.; J.M. Aguilar; A. Núñez; I. Nájera; F. Juan; C. Baixauli y V. Gilabert. 2010a. Análisis del comportamiento de 3 densidades de siembra en acelga, de penca blanca y verde. [en línea]. Fundación Ruralcaja, pp:1-6. Recuperado en: <<http://www.ivia.es/documentos/objetivosproyectos/ruralcaja2010/ensayos/AC2.pdf>> Consultado el: 03 de Octubre, 2014.

Giner, A.; J.M. Aguilar; A. Núñez; I. Nájera; F. Juan; C. Baixauli y V. Gilabert. 2010b. Diseño de calendario de producción de acelga, de penca blanca y verde. [en línea]. Fundación Ruralcaja, pp:1-11. Recuperado en: <<http://www.ivia.es/documentos/objetivosproyectos/ruralcaja2010/ensayos/AC3.pdf>> Consultado el: 03 de Octubre, 2014.

Goites, E. 2008. Manual de cultivos para la huerta orgánica familiar. Buenos Aires, Argentina: Inst. Nacional de Tecnología Agropecuaria. 136 p.

Hoyos, P.; V. Álvarez y A. Rodríguez. 2004, jun. Evaluación de la producción de acelga cv. amarilla de Lyon recolectada hoja a hoja y comparación con rendimiento en recolección de planta entera. Producción de acelga en función del tipo de recolección. Tecnologías de producción. Revista Horticultura, (177): 42-51.

Hoyos, P.; V. Álvarez y A. Rodríguez. 2005, jun. Evolución de algunos parámetros morfológicos de la acelga recolectada hoja a hoja. ITEA, 101(3): 225-236.

Huyskes, J. 1971. The importance of photoperiodic response for the breeding of glasshouse: Spinach. Euphytica, 20(3): 371-379.

IEH (Instituto de Estudios del Hambre), España (Ed.). 2010, jul. Boletín temático sobre tecnologías sociales: Huertos comunitarios, Escolares y Familiares. (Bol. Men. N°7), Madrid, España: IEH. 7p.

Karidja C.; F. Bezerra; L. Grangeiro; J. Silva de Lima and K. Santos. 2009, jul.-sep. Agronomic performance of rocket under different spacing and planting times. Revista Ciencia Agronómica, 3(40): 449-454.

Krarup C. y I. Moreira. 1998. Hortalizas de Estación Fría. Biología y diversidad cultural. [en línea]. P. Universidad Católica de Chile, VRA, Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal, Santiago, Chile. Recuperado en: <[http://www7.uc.cl/sw\\_educ/hort0498](http://www7.uc.cl/sw_educ/hort0498)> Consultado el: 10 de Septiembre de 2014.

Kim, H.H., C. Chun, T. Kozai, and J. Fuse. 2000. The potential use of photoperiod during transplant production under artificial lighting conditions on floral development and bolting, using spinach as a model. HortScience, 35:43-45.

López, E.; J. Acosta; O. Tosquy; R. Salinas; B. Sánchez; R. Rosales; C. Gonzales; T. Moreno; B. Villar; H. Cortinas y R. Zandate. 2011, ene.-feb. Estabilidad de rendimiento

en genotipos mesoamericanos de frijol de grano negro en México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 2(1): 29-40.

Medel, F. 2011. *Agricultura Urbana de acción participativa, un acercamiento metodológico para una intervención social en la recuperación integral de áreas urbanas degradadas*. Tesis para obtener el grado de maestro en urbanismo: Campo de conocimiento, análisis, teoría e historia. Ciudad Universitaria. México. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Arquitectura. 186h.

MINED (Ministerio de Educación de Nicaragua). 2009. *Guía para el funcionamiento de Huertos Escolares*. Colaboradores FAO y Programa en el marco de la Seguridad Alimentaria Nutricional Nacional (PESANN), Managua, Nicaragua. 16 p.

PLADECO (Plan de Desarrollo Económico y Social). Municipalidad de San Miguel, Chile. 2007. *Estudio de actualización para el plan de desarrollo económico-social de la Comuna de San Miguel*. Informe final, invierno de 2007. [en línea]. Santiago, Chile. 46 p. Recuperado en: <<http://web.sanmiguel.cl/pladeco/informefinal.pdf>> Consultado el 11 de Septiembre de 2014.

Sánchez, C. 2004. *Cultivo y Comercialización de Hortalizas*. Lima, Perú: Ediciones Ripalme. 134 p.

Seymour, J. 1999. *El horticultor autosuficiente: guía práctica ilustrada para la vida en el campo*. 5ta Edición. Barcelona, España: AEDOS. 254 p.

Terrazas, J. 2013. *Evaluación agronómica de variedades de rúcula (Eruca sativa Mill) a diferentes densidades de siembra en carpa solar*. Tesis de grado presentado como requisito parcial para el título de Ingeniero Agrónomo. La Paz, Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía. 107h.

Vásquez, A. 2006. *Evaluación agronómica de once cultivares de *Spinacia oleracea* L. para cultivo industrial en la zona de Valdivia*. Tesis de grado para optar al título de Licenciado en Agronomía. Valdivia, Chile. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias. 101h.

Vivas, M. 2011. *Proyecto de implementación de Agricultura Urbana y Periurbana en el Municipio de Ciudad Sandino y Barrio Laureles Sur, Distrito VII – Managua*. En: I Foro-Taller Nacional de Agricultura Urbana y Periurbana, Managua, Nicaragua, 2011. (2<sup>da</sup>, 21-23 de Noviembre de 2011, Managua, Nicaragua). Memoria. Managua, Nicaragua: Ministerio de educación de Nicaragua. Convenio Agencia Española de Cooperación internacional para el Desarrollo-FAO-MINED. 56p.

**APÉNDICES**

**Apéndice I.** Siglas correspondientes a los 10 establecimientos educacionales participantes del estudio.

Establecimiento	Código
Liceo Andrés Bello	AB
Sala Cuna Andrés Bello	SAB
Escuela Llano Subercaseaux	LLS
Escuela Cedros del Líbano	CL
Liceo Betsabé Hormazábal	BH
Escuela Villa San Miguel	V
Escuela Pablo Neruda	PN
Escuela Santa Fe	SF
Jardín Infantil Santa Fe	JSF
Escuela Territorio Antártico	TA

**Apéndice II.** Temperaturas mínimas, máximas, amplitudes térmicas y temperaturas medias, registradas en los huertos urbanos de 10 establecimientos educacionales de la comuna de San Miguel entre el 10-09-12 y el 25-01-13.

Parámetro	Establecimientos										
	Mes	A.B.	S.A.B.	LL.S.	C.L.	B.H.	V.	P.N.	S.F.	J.S.F.	T.A.
T mín. (°C)	Sept.	6,3	6,1	6,8	6,2	7,1	5,2	4,3	6,8	7,1	4,5
	Oct.	8,3	7,7	8,4	8,1	8,1	7,5	6,0	8,2	9,0	5,5
	Nov.	10,6	10,3	10,8	10,1	11,8	9,2	7,3	11,4	11,6	7,2
	Dic.	11,1	10,7	11,4	11,1	11,9	10,5	7,8	11,0	12,2	7,5
	Ene.	11,9	11,8	12,3	11,4	12,4	11,8	10,1	13,7	14,4	7,9
	Prom.	9,6	9,3	9,9	9,4	10,2	8,8	7,1	10,2	10,9	6,5
	T máx. (°C)	Sept.	18,8	18,8	18,8	18,5	18,4	15,7	12,9	18,9	21,1
	Oct.	19,2	19,2	18,4	18,8	18,7	17,1	13,7	19,4	20,8	12,7
	Nov.	23,1	23,1	23,3	22,9	23,9	20,8	16,2	23,3	25,7	15,2
	Dic.	25,8	25,8	25,9	25,5	26,0	23,8	18,6	25,5	28,5	17,8
	Ene.	25,5	25,5	26,2	25,8	27,3	26,5	24,1	27,7	29,7	20,4
	Prom.	22,5	22,5	22,5	22,3	22,9	20,8	17,1	23,0	25,2	15,5
Amplitud térmica (°C)	Sept.	12,5	12,1	12,1	12,3	11,4	10,5	8,6	12,2	14,1	7,0
	Oct.	10,9	10,2	10,0	10,6	10,6	9,6	7,7	11,2	11,9	7,1
	Nov.	12,5	12,3	12,5	12,8	12,2	11,6	8,9	11,9	14,1	8,0
	Dic.	14,7	14,5	14,5	14,3	14,2	13,3	10,8	14,5	16,3	10,3
	Ene.	13,6	14,0	13,9	14,5	14,8	14,7	14,0	14,0	15,3	12,5
	Prom.	12,8	12,6	12,6	12,9	12,6	11,9	10,0	12,8	14,3	9,0
	T media (°C)	Sept.	12,6	12,1	12,8	12,3	12,8	10,4	8,6	12,9	14,1
	Oct.	13,7	12,8	13,4	13,5	13,4	12,3	9,8	13,8	14,9	9,1
	Nov.	16,8	16,5	17,0	16,5	17,9	15,0	11,8	17,4	18,7	11,2
	Dic.	18,4	17,9	18,6	18,3	19,0	17,1	13,2	18,3	20,3	12,6
	Ene.	18,7	18,8	19,2	18,6	19,8	19,1	17,1	20,7	22,1	14,1
	Prom.	16,0	15,6	16,2	15,8	16,6	14,8	12,1	16,6	18,0	11,0

Siglas corresponden a establecimientos participantes (Apéndice I).

**Apéndice III.** Horas de luz directa registradas en los huertos urbanos de 10 establecimientos educacionales de la comuna de San Miguel entre el 10-09-12 y el 25-01-13.

Parámetro	Establecimientos										
	Mes	A.B.	S.A.B.	LL.S.	C.L.	B.H.	V.	P.N.	S.F.	J.S.F.	T.A.
Luz directa diaria (h)	Sept.	7,7	6,2	5,3	5,8	6,1	6,2	3,6	6,4	9,0	2,3
	Oct.	8,9	7,1	6,4	6,8	7,2	7,4	4,9	7,3	9,9	3,6
	Nov.	9,7	7,8	7,3	7,6	8,0	8,2	5,6	8,2	10,6	4,5
	Dic.	10,4	8,1	7,7	8,1	8,7	8,4	6,1	8,8	11,2	5,0
	Ene.	10,9	8,5	8,3	8,7	9,6	8,9	6,7	9,3	11,7	5,6
	Prom.	9,5	7,5	7,0	7,4	7,9	7,8	5,4	8,0	10,5	4,2

Siglas corresponden a establecimientos participantes (Apéndice I).

**Apéndice IV.** Cultivo de acelga. Autovectores y autovalores de las dos componentes principales para las seis variables: **Bio Hj**: biomasa de hoja; **Bio**: biomasa; **Hjs/m<sup>2</sup>**: número de hojas por metro cuadrado; **%PI F**: porcentaje de plantas florecidas; **TM**: temperatura media; **HL**: horas de luz solar directa.

Variables	Autovectores	
	C1	C2
Bio Hj	0,35	-0,56
Bio	0,43	0,07
Hjs/m <sup>2</sup>	0,27	0,77
% PI F	0,45	-0,23
TM	0,44	-0,06
HL	0,48	0,17
Autovalores	4,02	1,13
Proporción de la variabilidad explicada	0,67	0,19
Porcentaje acumulado	0,67	0,86

**Apéndice V.** Cultivo de acelga. Coeficientes de correlación entre las seis variables: **Bio Hj**: biomasa de hoja; **Bio**: biomasa; **Hjs/m<sup>2</sup>**; número de hojas por metro cuadrado; **%PI F/m<sup>2</sup>**: porcentaje de plantas florecidas; **TM**: temperatura media; **HL**: horas de luz solar directa.

Variables	Bio Hj	Bio	Hjs/m <sup>2</sup>	% PI F	TM	HL
Bio Hj	1					
Bio	*0,75	1				
Hjs/m <sup>2</sup>	-0,05	0,61	1			
% PI F	*0,65	0,61	0,24	1		
TM	0,48	0,56	0,34	***0,88	1	
HL	0,48	*0,74	0,63	***0,88	***0,90	1

\*p-value  $\leq 0,05$ ; \*\*p-value  $\leq 0,01$ ; \*\*\*p-value  $\leq 0,001$

**Apéndice VI.** Cultivo de espinaca. Autovectores y autovalores de las dos componentes principales para las cinco variables: **Bio Hj**: biomasa de hoja; **Bio**: biomasa; **Hjs/m<sup>2</sup>**; número de hojas por metro cuadrado; **TM**: temperatura media; **HL**: horas de luz solar directa.

Variables	Autovectores	
	C1	C2
Bio Hj	0,50	-0,16
Bio	0,50	0,26
Hjs/m <sup>2</sup>	0,03	0,94
TM	0,49	-0,17
HL	0,51	0,01
Autovalores	3,69	1,13
Proporción de la variabilidad explicada	0,74	0,23
Porcentaje acumulado	0,74	0,97

**Apéndice VII.** Cultivo de espinaca. Coeficientes de correlación entre las cinco variables: **Bio Hj**: biomasa de hoja; **Bio**: biomasa; **Hjs/m<sup>2</sup>**; número de hojas por metro cuadrado; **TM**: temperatura media; **HL**: horas de luz solar directa.

Variables	Bio Hj	Bio	Hjs/m <sup>2</sup>	TM	HL
Bio Hj	1				
Bio	***0,9	1			
Hjs/m <sup>2</sup>	-0,13	0,32	1		
TM	***0,89	***0,81	-0,11	1	
HL	***0,95	***0,94	0,06	***0,90	1

\*p-value  $\leq 0,05$ ; \*\*p-value  $\leq 0,01$ ; \*\*\*p-value  $\leq 0,001$

**Apéndice VIII.** Cultivo de rúcula. Autovectores y autovalores de las dos componentes principales para las seis variables: **Bio Hj**: biomasa de hoja; **Bio**: biomasa; **Hjs/m<sup>2</sup>**; número de hojas por metro cuadrado; **%PI F**: porcentaje de plantas florecidas; **TM**: temperatura media; **HL**: horas de luz solar directa.

Variables	Autovectores	
	C1	C2
Bio Hj	0,44	-0,12
Bio	0,43	0,32
Hjs/m <sup>2</sup>	-0,13	0,91
%PI F	0,45	-0,17
TM	0,44	0,08
HL	0,46	0,16
Autovalores	4,39	1,11
Proporción de la variabilidad explicada	0,73	0,19
Porcentaje acumulado	0,73	0,92

**Apéndice IX.** Cultivo de rúcula. Coeficientes de correlación entre las seis variables: **Bio Hj**: biomasa de hoja; **Bio**: biomasa; **Hjs/m<sup>2</sup>**; número de hojas por metro cuadrado; **%PI F/m<sup>2</sup>**: porcentaje de plantas florecidas; **TM**: temperatura media; **HL**: horas de luz solar directa.

Variables	Bio Hj	Bio Hjs	Hjs/m <sup>2</sup>	% PI F	TM	HL
Bio Hj	1					
Bio	***0,88	1				
Hjs/m <sup>2</sup>	-0,39	0,06	1			
% PI F	***0,78	*0,73	-0,41	1		
TM	*0,72	***0,80	-0,17	***0,91	1	
HL	***0,83	***0,90	-0,10	***0,87	***0,90	1

\*p-value  $\leq 0,05$ ; \*\*p-value  $\leq 0,01$ ; \*\*\*p-value  $\leq 0,001$