

# UNIVERSIDAD NACIONAL DEL LITORAL

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
MAESTRÍA EN CULTIVOS INTENSIVOS

**“Cultivos anuales y bianuales de frutilla en el Sudeste de la provincia de Buenos Aires: Modificaciones en los parámetros de crecimiento”.**

Por

Ing. Agr. Enrique Gustavo Axel Adlercreutz

Tesis presentada para acceder al título de Magíster en Cultivos Intensivos. Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Litoral.

Director: Dr. Norberto Gariglio

Co-director: Dr. Daniel S. Kirschbaum

## **Dedicado**

A mi familia.

## Agradecimientos

- A mi director Norberto Gariglio de la facultad de Ciencias Agrarias de Esperanza-Santa Fe (UNL) por todo su gran apoyo, dedicación y por los conocimientos brindados para la realización de esta tesis.
- A mi co-director Daniel Kirschbaum de INTA-Famaillá (Tucumán) por todo su apoyo y los importantes conocimientos aportados para el presente trabajo.
- A mi compañeros de INTA Alfredo Szczesny y Miguel Sangiácomo con quienes me inicié en el cultivo de frutilla y me motivaron a hacer un postgrado.
- A mi compañeros Liliana Viglianchino y Daniel Huarte de INTA-Mar del Plata e INTA-Bordenave respectivamente, por toda su ayuda en la realización del postgrado.
- A Horacio Achaval por permitirme gentilmente realizar el ensayo para esta tesis en el establecimiento ESPRO S. A. y especialmente a Gladys Savarese por su invaluable colaboración a la hora de la toma de datos.
- A los integrantes del departamento de Ecofisiología Vegetal del INTA-Balcarce por facilitarme su laboratorio y los elementos de medición.
- A mi compañera y amiga Gladys Clemente, fitopatóloga de la Unidad Integrada INTA-Fac. de Cs. Agrarias de Balcarce por los importantes conocimientos brindados.

<b>Índice General</b>	<b>Pág.</b>
Dedicatoria.....	2
Agradecimientos.....	3
Índice general.....	4
Índice de figuras.....	5
Índice de tablas.....	7
Resumen.....	8
Summary.....	9
1. INTRODUCCIÓN.....	10
1.1.Origen.....	10
1.2.Morfología.....	11
1.3 Requerimientos agroecológicos	13
1.3.1. Respuesta fotoperiódica	14
1.3.2.Requerimientos de frío	16
1.4 Tecnología del cultivo	17
1.4.1. Importancia de la etapa de vivero - Obtención del material de propagación	17
1.4.2. Plantación	19
1.5. El interés por el cultivo bianual	20
1.6. Importancia del cultivo	20
1.7. El Cinturón Hortícola de la Ciudad de Mar del Plata	21
1.7.1. Estrategia productiva del Cinturón Hortícola de Mar del Plata	22
2. Objetivo general	24
2.1. Objetivos específicos	24
3. Materiales y métodos	24
3.1. Localización de la experiencia y material vegetal.....	24
3.2. Análisis de crecimiento	25
3.2.1. Evolución del peso fresco y peso seco	25
3.2.2. Evolución del área foliar	25
3.2.3. Componentes del rendimiento	25
3.2.4. Parámetros de crecimiento	26
3.3. Datos meteorológicos	26
3.4. Análisis estadístico	26

4. RESULTADOS	27
4.1. Peso Seco y Peso Fresco total anual acumulado....	27
4.1.2. Evolución anual de la acumulación de peso seco y peso fresco total	27
4.2. Área foliar	28
4.3. Tasa de crecimiento	30
4.3.1. Tasa de crecimiento absoluto	30
4.3.2 Tasa de crecimiento relativo	30
4.4 Relación peso foliar (RPF), Relación área foliar (RAF) y Área foliar específica (AFE)	31
4.5 Tasa de asimilación neta (TAN)	33
4.6 Índice de cosecha (IC)	34
4.7 Partición de la materia seca y tasas de crecimiento por órgano de la planta	34
4.7.1 Raíz	35
4.7.2 Corona	36
4.7.3 Hojas	38
4.7.4 Frutos	40
4.8 Rendimiento	41
4.9 Determinación de la influencia de factores ambientales sobre los cambios en los parámetros de crecimiento	45
5. Discusión	51
6. Conclusiones	59
Bibliografía	60
Anexo.....	65

<b>Índice de figuras</b>	<b>Pág.</b>
Figura 1 Características de una planta de frutilla con todos los órganos.....	11
Figura 2. Flor de frutilla, detalles de sus partes componentes.....	12
Figura 3. Fruto de frutilla, detalles de sus partes componentes.....	13
Figura 4. Curvas de producción de plantas de frutilla, cv. Aromas, plantadas en distintas fechas en el Cinturón Hortícola de la ciudad de Mar del Plata (Adlercreutz, 2013 a).....	23
Figura 5. Evolución del peso seco (PS) (A) y peso fresco (PF) (B) de plantas de frutilla de plantaciones de diferentes edades. Cultivo de primer año, plantación 2009 (T1); cultivo de segundo año, plantación 2009 (T2); cultivo de primer año, plantación 2010 (T3).....	28
Figura 6. Evolución del área foliar de plantas de frutilla de plantaciones de diferentes edades. Cultivo de primer año, plantación 2009 (T1); cultivo de segundo año, plantación	29

2009 (T2); cultivo de primer año, plantación 2010 (T3).....	
Figura 7. Evolución de tasa de crecimiento (TCA) de plantas de frutilla de plantaciones de diferentes edades. Cultivo de primer año, plantación 2009 (T1); cultivo de segundo año, plantación 2009 (T2); cultivo de primer año, plantación 2010 (T3).....	30
Figura 8. Evolución de tasa de crecimiento relativa (TCR) de plantas de frutilla de plantaciones de diferentes edades. Cultivo de primer año, plantación 2009 (T1); cultivo de segundo año, plantación 2009 (T2); cultivo de primer año, plantación 2010 (T3).....	31
Figura 9. Evolución de la relación de peso foliar (RPF) (A), relación de área foliar (RAF) (B), y área foliar específica (AFE) (C) de plantas de frutilla de plantaciones de diferentes edades. Cultivo de primer año, plantación 2009 (T1); cultivo de segundo año, plantación 2009 (T2); cultivo de primer año, plantación 2010 (T3).....	32
Figura 10. Evolución de la tasa de asimilación neta (TAN) de plantas de frutilla de plantaciones de diferentes edades. Cultivo de primer año, plantación 2009 (T1); cultivo de segundo año, plantación 2009 (T2); cultivo de primer año, plantación 2010 (T3).....	33
Figura 11. Evolución del peso seco (A), la tasa de crecimiento absoluto (B) y la tasa de crecimiento relativo (C) de la raíz de plantas de frutilla de plantaciones diferentes edades. Cultivo de primer año, plantación 2009 (T1); cultivo de segundo año, plantación 2009 (T2); cultivo de primer año, plantación 2010 (T3).....	35
Figura 12. Evolución peso seco (A), la tasa de crecimiento absoluto (B) y de la tasa de crecimiento relativo (C) de las coronas de plantas de frutilla de diferente edad de plantación. Cultivo de primer año, plantación 2009 (T1); cultivo de segundo año, plantación 2009 (T2); cultivo de primer año, plantación 2010 (T3).....	37
Figura 13. Evolución del número de coronas de plantas de frutilla de diferente edad de plantación. Cultivo de primer año, plantación 2009 (T1); cultivo de segundo año, plantación 2009 (T2); cultivo de primer año, plantación 2010 (T3).....	38
Figura 14. Evolución peso seco (A), la tasa de crecimiento absoluto (B) y la tasa de crecimiento relativo (C) de las hojas de plantas de frutilla de diferente edad de plantación. Cultivo de primer año, plantación 2009 (T1); cultivo de segundo año, plantación 2009 (T2); cultivo de primer año, plantación 2010 (T3).....	39
Figura 15. Evolución peso seco acumulado (A), la tasa de crecimiento absoluto (B) y la tasa de crecimiento relativo (C) de los frutos de plantas de frutilla de diferente edad de plantación. Cultivo de primer año, plantación 2009 (T1); cultivo de segundo año, plantación 2009 (T2); cultivo de primer año, plantación 2010 (T3).....	41
Figura 16. Evolución mensual del peso de fruta fresca total de plantas de frutilla de diferente edad de plantación. Cultivo de primer año, plantación 2009 (T1); cultivo de segundo año, plantación 2009 (T2); cultivo de primer año, plantación 2010 (T3).....	42
Figura 17. Evolución del peso promedio de los frutos comerciales de plantas de frutilla de diferente edad de plantación. Cultivo de primer año, plantación 2009 (T1); cultivo de segundo año, plantación 2009 (T2); cultivo de primer año, plantación 2010 (T3).....	43
Figura 18: Evolución de la relación Peso de frutos / Peso de hojas para plantas de frutilla de diferente edad de plantación. Cultivo de primer año, plantación 2009 (T1); cultivo de segundo año, plantación 2009 (T2); cultivo de primer año, plantación 2010 (T3).....	44
Figura 19. Evolución del descarte de frutos en plantas de frutilla de diferente edad de plantación. Cultivo de primer año, plantación 2009 (T1); cultivo de segundo año, plantación 2009 (T2); cultivo de primer año, plantación 2010 (T3).....	45
Figura 20: Correlación entre la tasa de crecimiento absoluto (TCA) y la temperatura	

media entre muestreos para plantas de frutilla de primer año y plantación 2009 (T1) (A), plantas de primer año y plantación 2010 (T3) (B), y plantas de dos años y plantación 2009 (T2) (C).....	45
Figura 21. Correlación entre la tasa de crecimiento absoluto (TCA) y la radiación para plantas de frutilla de primer año, plantación 2009 (T1) (A); cultivo de segundo año, plantación 2009 (T2) (B); cultivo de primer año, plantación 2010 (T3) (C).....	47
Figura 22. Correlación entre la tasa de aumento del área foliar y la radiación para plantas de frutilla de primer año, plantación 2009 (T1) (A); cultivo de segundo año, plantación 2009 (T2) (B); cultivo de primer año, plantación 2010 (T3) (C).....	48
Figura 23. Correlación entre la tasa de crecimiento absoluto (TCA) de los frutos y la temperatura media del período entre dos observaciones para plantas de un año y plantación 2009 (T1) (A) plantas de un año y plantación 2010 (T3) (B) y plantas de dos años y plantación 2009 (T2) (C).....	49
Figura 24. Desarrollo vegetativo alcanzado al mes de julio por plantas provenientes de una plantación estival (plantines frigo) (A) y plantación de otoño tempranas (B) y tardía (C) (plantines fresco).....	53

## Índice de tablas

	Pág.
Tabla 1: Algunas especies del género <i>Fragaria</i> originarias del continente americano.....	10
Tabla 2: Interacción entre la temperatura y del fotoperíodo sobre la emisión de estolones y de inflorescencias en variedades de frutilla de día corto.....	15
Tabla 3: Interacción entre la temperatura y el fotoperíodo sobre la emisión de estolones y de inflorescencias en variedades de frutilla de día neutro.....	16
Tabla 4: Valores máximos de peso seco (PS) y peso fresco (PF) anual, y porcentaje de materia seca (% MS) alcanzados por plantas de frutilla de diferentes edad de plantación. Cultivo de primer año, plantación 2009 (T1); cultivo de segundo año, plantación 2009 (T2); cultivo de primer año, plantación 2010 (T3).....	27
Tabla 5: Valores máximos de índice de área foliar (AF) de plantas de frutilla plantaciones de diferentes edades. Cultivo de primer año, plantación 2009 (T1); cultivo de segundo año, plantación 2009 (T2); cultivo de primer año, plantación 2010 (T3).....	29
Tabla 6: Índice de cosecha (IC) de plantas de frutilla de plantaciones de diferentes edades. Cultivo de primer año, plantación 2009 (T1); cultivo de segundo año, plantación 2009 (T2); cultivo de primer año, plantación 2010 (T3).....	34
Tabla 7: Partición de materia seca en los distintos órganos de la planta de frutilla, expresado en valores absolutos (g pl-1) y relativos (%). Cultivo de primer año, plantación 2009 (T1); cultivo de segundo año, plantación 2009 (T2); cultivo de primer año, plantación 2010 (T3).....	34
Tabla 8: rendimiento, descarte y peso promedio de frutos. Cultivo de primer año, plantación 2009 (T1); cultivo de segundo año, plantación 2009 (T2); cultivo de primer año, plantación 2010 (T3).....	42
Tabla N° 9: Relación Peso de frutos/Peso de hojas y Relación Peso frutos/Área foliar para plantas de frutilla de diferente edad de plantación. Cultivo de primer año, plantación 2009 (T1); cultivo de segundo año, plantación 2009 (T2); cultivo de primer año, plantación 2010 (T3).....	44

## **Cultivos anuales y bianuales de frutilla en el Sudeste de la provincia de Buenos Aires: Modificaciones en los parámetros de crecimiento.**

A nivel mundial se producen unas 8.000.000 de toneladas de frutilla (*Fragaria ananassa* Duch.), siendo la producción actual de Argentina cercana a las 50.000 t. La superficie plantada en el país alcanza las 1.300 hectáreas, con tres principales provincias productoras: Tucumán, Santa Fe y Buenos Aires, encontrándose dentro de esta última el Cinturón Hortícola de la Ciudad de Mar del Plata-Miramar. En la misma, se observa que el comportamiento productivo del cultivo no es el mismo durante el primer año comparado con el segundo, desconociéndose las razones que lo motivan. En el presente trabajo se estudiaron las posibles causas del comportamiento del cultivo de frutilla en un ciclo anual contrastado con otro bienal. Los ensayos se realizaron en el Cinturón Hortícola (38°16' S, 57°50' O, 29 m.s.n.m.) utilizando la variedad "Aromas". Esto se realizó a través de la metodología del análisis de crecimiento, para lo cual se evaluaron aspectos ecofisiológicos (evolución de la tasa de crecimiento, área foliar, entre otros parámetros), productivos (rendimiento, índice de cosecha), y la influencia de los factores ambientales. Los tratamientos fueron: plantas de un año plantadas en 2009 y en 2010 y plantas de dos años (plantadas en 2009 y evaluadas en 2010). Las plantas de dos años alcanzaron una mayor biomasa total y una mayor partición de asimilados hacia los frutos, comparadas con las plantas de un año. La mayor tasa de crecimiento de las plantas en el segundo año ocurrió en primavera y en las de primer año en verano, aunque en estas últimas con valores muy inferiores a los de las primeras. Al principio de la estación de crecimiento las raíces y coronas de las plantas de dos años fueron 14 y 24 veces, respectivamente más pesadas que las de las plantas de un año. El número de coronas de las plantas de dos años fue superior en 12 coronas por planta en promedio, en relación a las de un año. En las plantas de un año, la tasa de crecimiento del cultivo se correlacionó fuertemente con la temperatura media ocurriendo lo mismo con la tasa de crecimiento de los frutos. En cambio, la tasa de evolución del índice de área foliar estuvo más correlacionada con la radiación. Las temperaturas medias por debajo de 15°C redujeron la tasa de crecimiento de los frutos en todos los tratamientos mientras que las altas temperaturas disminuyeron la tasa de crecimiento de los frutos de las plantas de un año. La producción de frutos fue significativamente mayor en las plantas de dos años aunque el tamaño de los frutos fue menor (25%), lo que estaría explicado por la mayor relación destino:fuente. Las variaciones de la producción observadas durante el período productivo primavero-estivo-otoñal propios de las plantas de día neutro en la zona de estudio parecen estar más relacionados con factores endógenos que a la influencia de la temperatura. La implementación de medidas de manejo agronómico que tiendan a mejorar el tamaño de frutos y el estado sanitario en el segundo año de producción tendrían un gran impacto productivo y económico en la región.

Palabras clave: frutilla, cultivo bienal, plantas de día neutro, análisis de crecimiento, ecofisiología.



## **Comparative growth parameters of an annual and biannual strawberry crop-system at the southeast area of the province of Buenos Aires**

About 8.000.000 tons of strawberry (*Fragaria ananassa* Duch.) are produced globally, being Argentina's production close to 50.000 t. The area planted in the country is 1.300 hectares, with three main producing provinces: Tucuman, Santa Fe and Buenos Aires, which encompasses the Horticultural Belt of the City of Mar del Plata-Miramar. In this location, the productive performance of the crop is not the same during the first year compared to the second year, and the reasons are not very well known. In this thesis, the possible causes of the performance of the strawberry crop in an annual cycle compared to a biennial cycle were studied. The tests were conducted at the Horticultural Belt (38°16' S, 57°50' W, 29 m.s.n.m.) with the strawberry cultivar "Aromas". The study was based in the growth analysis methodology, which included evaluation of ecophysiological aspects (growth rate, leaf area, among other parameters), production aspects (yield, harvest index), and the influence of environmental factors. Treatments were: one year-old plants planted in 2009 and 2010, and two year-old plants (planted in 2009 and evaluated in 2010). Two year-old plants reached greater total biomass and greater partitioning of assimilates to fruit, compared to one year-old plants. The highest growth rate of 2 year-old plants occurred in spring and in 1 year-old plants in summer, although in the latter the growth rate was lower. At the beginning of the growing season, roots and crowns of 2 year-old plants were 14 and 24 times, respectively, heavier than in 1 year-old plants. Two year-old plants had 12 crowns per plant more than 1 year-old plants. In 1 year-old plants, crop growth rate and fruit growth rate were strongly correlated with the average temperature. In contrast, leaf area index evolution was more correlated with radiation. Average temperatures below 15° C reduced fruit growth rates in all treatments while high temperatures decreased fruit growth rate in 1 year-old plants. Fruit production was significantly higher in 2 year-old plants, although fruit size was 25 % lower, which would be explained by the higher target: source ratio. The variations in production observed during the spring-summer-autumn production period, in day-neutral plants in the study area, appear to be more related to endogenous factors than to temperature. The implementation of agricultural management practices, designed to improve fruit size and plant health status the second production year, would have a great productive and economic impact in the region.

Keywords: strawberry, biennial crop, day-neutral plants, growth analysis, ecophysiology.

## 1. Introducción

### 1.1. Origen

La frutilla pertenece a la familia botánica de las Rosáceas y al género *Fragaria*, que deriva del latín "fragancia". Existen numerosas especies dentro de este género (Tabla 1), como por ejemplo *Fragaria chiloensis*, que era consumida y cultivada desde tiempos anteriores al descubrimiento de América, por los mapuches en la zona cordillerana. En 1714 el militar Frazier lleva unas plantas de *F. chiloensis* desde Chile a Francia, donde se cruzaron con plantas de *F. virginiana* provenientes de América del Norte, originando una planta que combina las características más deseables de ambos parentales, a la que denominó *Fragaria x ananassa* Duch. (Mitidieri, 2004). Esta especie se convirtió en la más cultivada en todo el mundo y eso perdura hasta la actualidad (Kirschbaum, 2007).

Tabla 1. Algunas especies del género *Fragaria* originarias del continente americano. Adaptado de Kirschbaum (2007).

ESPECIES	ESTADO	NOMBRE COMÚN	ORIGEN	USOS
<i>F. chiloensis</i>	Cultivada y silvestre	Fresa, Fresa de Chile; Frutilla; Llahuen; Fresa de playa; fresa de arena.	Chile; Patagonia Argentina; Perú	Frutos comestibles
<i>F. virginiana</i>	Mejoramiento	Frutilla Vesca	Estados Unidos	Frutos comestibles
<i>F. x ananassa</i>	Cultivada	Frutilla cultivada; frutilla de jardín	Estados Unidos Costa de Alaska / América del Sur	Frutos comestibles

Otras especies de amplia distribución a nivel mundial son *F. viridis* Duch., diploide natural de Europa, Caucaso y Siberia Central, es importante en mejoramiento por la consistencia de sus frutos y la resistencia de las plantas a suelos calizos; *F. moschata* Duch., hexaploide, difundida en el centro y norte de Europa; *F. ovalis*, octoploide, originaria de América Nor-occidental, con caracteres intermedios entre *F. virginiana* y *F. chiloensis*, de interés genético por su tolerancia a la sequía y a las bajas temperaturas invernales, flores resistentes al frío, planta generalmente refloreciente (Gariglio, 1995). *Fragaria chiloensis* (L.)

Duch. es octoploide, de tipo no refloreciente y produce estolones después de la fructificación (Gariglio, 1995).

## 1.2. Morfología

La frutilla cultivada es una planta perenne de bajo porte, considerada como herbácea aunque el tallo y las raíces de más de un año lignifiquen parcialmente. La planta consiste en un tallo denominado “corona”, tallos epígeos conocidos como estolones, hojas trifoliadas de bordes aserrados insertas mediante un pecíolo a la corona, y flores hermafroditas dispuestas en racimos en corimbo (Gariglio, 1995) (Figura 1).

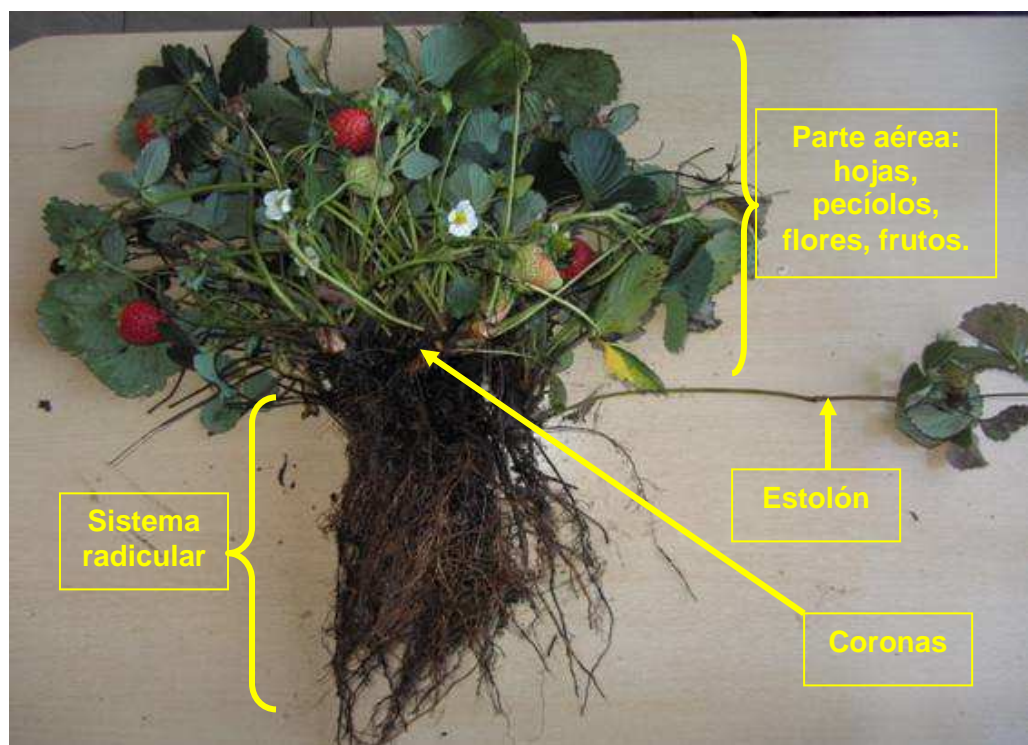


Figura 1. Características de una planta de frutilla con detalle de todos los órganos (fuente propia).

La corona es un tallo corto, cilíndrico y engrosado de cuyos nudos emergen hojas (Kirschbaum, 2007). El sistema radicular en general es fibroso y de desarrollo superficial, pudiendo alcanzar en sentido lateral hasta 30 cm y una profundidad de 30 a 50 cm, dependiendo del tipo de suelo, contenido de hídrico del mismo y la variedad. Está formado por raíces principales engrosadas de color oscuro y por un sistema de raicillas (secundarias) más finas de color claro, agrupadas en ramificaciones laterales que poseen un período de vida muy corto, de apenas unos pocos días. Las raíces principales son las responsables del anclaje de la planta y del almacenamiento de reservas. Las raicillas son responsables de la

absorción de agua y nutrientes. Bajo condiciones favorables, nuevas raíces emergen de la corona en la base de cada nueva hoja (Kirschbaum, 2007) (Figura 1).

Los estolones son tallos epigeos, rastreros, que se desarrollan a partir de yemas axilares de las hojas. Normalmente el estolón tiene dos entrenudos muy largos y el segundo tiene una yema apical con capacidad de emitir raíces y hojas dando así origen a una nueva planta (llamada hijuelo o plantín) que a su vez dará origen a estolones secundarios y terciarios (Scaglia et al., 1995). Hay una interacción entre la planta madre e hija cuando aún están unidas: la planta hija afecta la floración de la planta madre y esta influye en el crecimiento vegetativo de la planta hija (Kirschbaum, 1998).

Las hojas son normalmente compuestas, trifolioladas de color verde más o menos oscuro y brillante, de bordes aserrados y haz pubescente. Los pecíolos son generalmente largos y pubescentes (Kirschbaum, 2007). En el período invernal se tornan rojizas, presentando un color rojo intenso en climas fríos. Las hojas pueden tener un gran número de estomas, tal como se ha reportado en algunas variedades como Elsanta: 173 estomas  $\text{mm}^{-2}$  y Elsinore: 271 estomas  $\text{mm}^{-2}$  (Orsini et al., 2012).

La yema terminal, en estado vegetativo, siempre forma entrenudos muy cortos que alargan a la corona. Las yemas axilares, en cambio, pueden formar coronas laterales, estolones, o evolucionar para originar una inflorescencia (Kirschbaum, 2007) (Figura 1).

Las flores (Figura 2) son perfectas o hermafroditas y están reunidas en inflorescencias cimosas (Kirschbaum, 2007). Cada flor presenta un cáliz formado por cinco sépalos, una corola con cinco pétalos blancos con numerosos estambres dispuestos en tres verticilos insertos en la periferia de un receptáculo, que tiene la forma de copa invertida (Mitidieri, 2004). En el extremo del receptáculo se encuentran los órganos femeninos o pistilos, dispuestos en espiral y en número muy variable. Los mismos están formados por el ovario, estilo y estigma, conteniendo un óvulo que, una vez fecundado, dará origen a un aquenio (fruto-semilla). Los pistilos, si el clima es fresco, pueden permanecer receptivos por 10 días (Gariglio, 1995) (Figura 2).

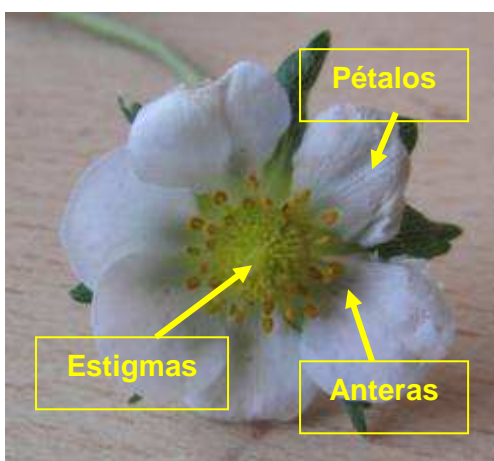


Figura 2. Flor de frutilla, con detalles de sus partes componentes (fuente propia).

La polinización es predominantemente cruzada y realizada por insectos (entomófila), por la gravedad y por el viento (anemófila) (De Oliveira et al., 1983), siendo las dos primeras las más importantes (Connor, 1972). La fecundación de los óvulos es indispensable para inducir al desarrollo del receptáculo, ya que la frutilla propiamente dicha es un fruto agregado, formado por el receptáculo cuyo desarrollo depende de la fecundación de los óvulos. El receptáculo, que es la parte comestible, sostiene a los verdaderos frutos que son los aquenios (Kirschbaum, 2007) (Figura 3). La fecundación de todos los óvulos constituye la premisa indispensable para el desarrollo regular del fruto. Si la polinización es parcial, esa parte del receptáculo no se desarrolla, quedando deprimida y dando lugar a frutos deformes (Gariglio, 1995).

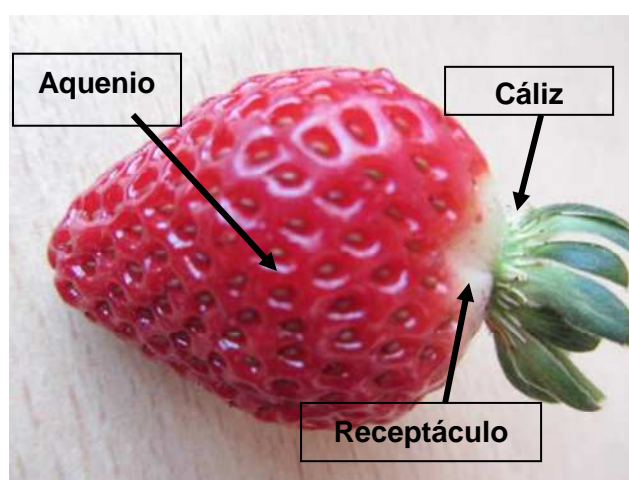


Figura 3. Fruto de frutilla, detalles de sus partes componentes (fuente propia).

El tamaño del fruto es controlado por la dimensión del receptáculo y el número de aquenios (Hortynski y Zebrowska, 1991). La ubicación del receptáculo floral influye sobre su tamaño, siendo el del primer orden de la inflorescencia el más grande, y los que siguen progresivamente más pequeños. La forma del fruto es variable, pudiendo ser globosos, cónicos, con o sin cuello, entre otras variantes (Kirschbaum, 2007).

### 1.3. Requerimientos agroecológicos

Los requerimientos agroecológicos generales de las plantas de frutilla varían según se trate de plantas utilizadas en zonas de producción otoño-invierno-primaveral con inviernos moderados, o en zonas de producción primavera-estivo-otoñal con inviernos fríos y veranos moderados. A modo de ejemplo, en zonas de inviernos fríos la planta de frutilla desarrolla hojas pequeñas, gruesas y con pecíolos cortos en cambio, las hojas que se forman en primavera-verano son erectas, grandes y con pecíolos largos. En el aspecto productivo, bajo estas condiciones de inviernos fríos, la actividad vegetativa excesiva hacia

fin de verano puede atrasar el inicio de la diferenciación floral con la consiguiente afectación del rendimiento potencial en la primavera siguiente. Además, los cambios en la temperatura y en el fotoperiodo hacia el final del verano tienen un marcado efecto sobre el crecimiento vegetativo, la producción de estolones, y la inducción de la floración y de la latencia. También en ese momento, el número de hojas o el tamaño de la planta afectan la producción potencial en la primavera siguiente en una proporción directa (Gariglio, 1995). Por último, la acumulación de frío durante el otoño y el invierno estimulan la recuperación del vigor vegetativo y reproductivo en la primavera siguiente (Robert et al., 1999).

La temperatura letal para la planta es  $-10$  a  $-12$  °C siendo la óptima para su crecimiento de  $20$  a  $25$  °C (Gariglio, 1995). En cuanto a la corona, su crecimiento y desarrollo ocurre cuando la temperatura es superior a  $10$  °C; se daña a  $-5$  °C y muere a  $-12$  °C. La temperatura mínima de crecimiento radicular es de  $7,2$  °C, la óptima de  $13$  °C y la máxima de  $23,9$  °C. Las flores son dañadas total o parcialmente por temperaturas de  $-2$  a  $-3$  °C, siendo las condiciones óptimas para la polinización de  $20$  °C y  $60\%$  de humedad relativa. Entre  $20$  y  $26$  °C se encuentran las temperaturas más favorables para el crecimiento de las hojas (Scaglia et al., 1995). Las temperaturas inferiores a  $5$  °C provocan aborto del embrión y reducción de la viabilidad del polen, por lo que son causales de la deformación de los frutos (Ariza et al., 2011). Asimismo, en la medida que la temperatura aumenta por encima de  $24$  °C se reduce la formación de flores (Heide, 1977; Klamkowski y Treder, 2008), y a temperaturas  $\geq 30$  °C las plantas no logran formar botones florales (Ito y Saito, 1962; Heide, 1977). Las altas temperaturas afectan también el crecimiento general de la planta (Hellman y Travis, 1988). Si bien los valores absolutos de temperatura son indicativos, la duración de la exposición a esas condiciones impacta en la dimensión del efecto térmico sobre la planta (Gülen et al., 2008).

### **1.3.1. Respuesta fotoperiódica**

La transición del crecimiento vegetativo al reproductivo en la frutilla involucra una serie de etapas consecutivas, tales como la inducción, la diferenciación, y la expresión floral. La diferenciación involucra cambios morfo-fisiológicos en el meristema después de recibir la señal desde las hojas, mientras que la expresión floral es la aparición macroscópica de las inflorescencias, alcanzándose la etapa fenológica de floración. En general, la inducción floral en frutilla está controlada primariamente por el cultivar o variedad, el fotoperíodo y la temperatura (Kirschbaum, 2007). Los cultivares comerciales de frutilla se clasifican como de 'días cortos', de 'días neutros' (DN), y de 'días largos', aunque los de este último grupo no se producen comercialmente en la actualidad en nuestro país (Kirschbaum, 1998).

La planta de frutilla produce hojas, estolones, flores y raíces en modelos determinados por su comportamiento genético. Sin embargo, la interacción genotipo-

ambiente modifica la intensidad y dirección del desarrollo. El fotoperíodo impone su influencia sobre la formación de yemas florales, elongación de estolones y racimos, tamaño de las hojas y longitud del pecíolo. La respuesta al fotoperíodo varía según el cultivar, y dichas diferencias forman la base de la clasificación de las variedades. A su vez, la temperatura puede modificar, e incluso anular los efectos del fotoperíodo, por lo que debe ser considerada de igual importancia en la determinación de la adaptación de la frutilla a ambientes concretos, y comprender su influencia sobre las modificaciones de la fenología y de la producción de fruta y de plantines (Kirschbaum, 2007) (Tabla 2).

Tabla 2: Interacción entre la temperatura y del fotoperíodo sobre la emisión de estolones y de inflorescencias en variedades de frutilla de día corto. Adaptado de Kirschbaum (2007).

TEMPERATURA (°C)	FOTOPERÍODO (horas)	ESTOLONES POR PLANTA	INFLORESCENCIAS POR PLANTA
21	<b>16</b>	<b>312</b>	<b>14</b>
	14	110	40
15.5	16	71	54
	<b>14</b>	<b>23</b>	<b>115</b>
12.8	16	49	68
	14	20	73

En las variedades de día corto la yema floral se induce cuando los días tienen una duración menor a las 13 horas y con temperaturas entre los 8 y 24 °C. Son aptas para una producción otoño-invierno-primaveral por lo que se cultivan en la zona centro-norte del país (Coronda, Tucumán y Corrientes, entre otras provincias). Ejemplos de variedades de día corto son 'Camarosa', 'Sabrosa' y 'Ventana' (Adlercreutz, 2007), y más recientemente Camino Real, Festival, Fortuna y Splendor.

Las variedades de día neutro son aquéllas en las que la inducción se da con temperaturas entre 8 y 25 °C, independientemente de la longitud del día (Tabla 3). Con el uso de este tipo de variedades la cosecha se produce en el período primavero-estival y gran parte del otoño. Son las variedades predominantes en la zona centro-sur del país como las regiones de Mar del Plata y Mendoza, entre otras. Entre los cultivares de día neutro se destaca Aromas (Adlercreutz, 2007), como así también Albion y San Andreas.

Tabla 3: Interacción entre la temperatura y el fotoperíodo sobre la emisión de estolones y de inflorescencias en variedades de frutilla de día neutro. Adaptado de Kirschbaum (2007).

TEMPERATURA DÍA / NOCHE (°C)	INFLORESCENCIAS POR PLANTA	ESTOLONES POR PLANTA
<b>18/14</b>	<b>3.3</b>	<b>1.7</b>
<b>22/18</b>	1.3	2.3
<b>26/22</b>	0.0	2.2
<b>30/26</b>	<b>0.0</b>	<b>3.3</b>

A su vez, las variedades de día neutro se clasifican en día neutro débil, intermedias o fuertes según su capacidad para florecer en verano. Las de día neutro fuerte son plantas chicas con pocas coronas y hojas pequeñas, y durante el verano florecen profusamente y emiten pocos estolones. Las de día neutro intermedias o débiles (como Selva) poseen un comportamiento más parecido a las variedades de día corto, con alta emisión de estolones en verano (Dale y Pritts, 1989).

Independientemente de la clasificación fotoperiódica de las variedades de frutilla, en general las yemas axilares se diferencian en estolones cuando se exponen a fotoperíodos largos (Durner y Poling, 1988) y forman coronas cuando el fotoperíodo disminuye y es demasiado corto para la formación de estolones pero demasiado largo para la inducción floral. Los estolones por lo general se comienzan a diferenciar con días de más de 12 horas de luz y temperaturas superiores a 15 °C, aunque la intensidad de estolonización depende también del tipo de cultivar, siendo mayor en las variedades de día corto. La emisión de estolones va en detrimento de la producción de fruta ya que debilita la planta y reduce el desarrollo de la corona (Scaglia et al., 1995).

### 1.3.2. Requerimientos de frío.

Temperaturas inferiores a 10 °C han logrado romper la dormancia de las yemas en frutillas expuestas a un período variable de tiempo, habiéndose reportado las bajas temperaturas como importantes para promover respuestas vegetativas y reproductivas (Darnell y Hancock, 1996). Sin embargo, estos requerimientos de frío no son comparables a los requeridos por los frutales para romper la dormición de sus yemas (Lang, 1996). En el caso de la frutilla, la acumulación de frío modifica el crecimiento de la planta mejorando su vigor y crecimiento posterior. La exposición a bajas temperaturas y fotoperíodos cortos inducen la floración y el aumento en el número de coronas, mientras que cuando la exposición es prolongada se inicia la dormancia (Larson, 1994). Las temperaturas efectivas para la acumulación de frío están entre -2 y 6,5 °C, sin embargo temperaturas entre 9,5 y 10 °C pueden ser efectivas para cultivares adaptados a regiones con inviernos moderados (Kronenberg et al., 1976).



En general, las bajas temperaturas aumentan el crecimiento vegetativo primaveral, reducen la inducción floral sin afectar la iniciación de la flor, pero aumentan la diferenciación floral (Durner y Poling, 1987). En general, cuando el tiempo de enfriamiento es excesivo la inducción de la floración disminuye (Kirschbaum, 1998).

El requerimiento de frío es muy variable entre cultivares. Así, algunos genotipos necesitan más de 1.000 horas de frío mientras que otros no tienen requerimientos de bajas temperaturas. Además, la frutilla tiene la particularidad que este requerimiento de frío puede ser cubierto sometiendo a los plantines a una acumulación artificial de frío previo a su plantación (Gariglio, 1995). Por lo tanto, en los sistemas de producción anual, como los que predominan en Argentina, la fecha de plantación y la acumulación de frío que recibió el plantín pueden modificar sensiblemente la productividad y la distribución de la cosecha. Este fenómeno se hace más complejo si se tiene en cuenta la interacción de estos factores con las características propias de la variedad.

#### **1.4. Tecnología del cultivo**

##### **1.4.1. Importancia de la etapa de vivero - Obtención del material de propagación**

A nivel mundial, la producción de frutilla se realiza, en general, a partir de plantines producidos por viveros especializados, los que proveen a los productores de los cultivares requeridos. Los viveros parten de plantas madres plantadas en primavera, las cuales producen nuevos plantines a partir de la emisión de estolones. La época de cosecha de los plantines dependerá del tipo de producto que se quiera obtener. Si es un plantín fresco, la cosecha se realiza desde fines de marzo hasta principios de mayo. Si el producto es un plantín frigo, el mismo será cosechado entre junio y julio.

Debido a que las variedades de día corto diferencian sus yemas axilares en estolones cuando el fotoperíodo está por encima de las 14 h, los viveros están ubicados en latitudes altas donde los fotoperíodos son largos en verano, lo que aumenta la producción de estolones, y se acortan rápidamente hacia fines de esta estación, lo que favorece la inducción floral de las variedades de día corto (Kirschbaum, 2005).

En los sistemas de producción basados en plantines sin hojas y a raíz desnuda, el éxito del establecimiento de la planta de frutilla depende de las reservas de la corona/raíz, ya que estas están involucradas en la formación de nuevas raíces y hojas. El establecimiento exitoso, la fructificación temprana y la alta productividad sostenida de la frutilla se han correlacionado con las reservas de carbohidratos no estructurales totales y de nitrógeno (bajo las formas de proteínas o aminoácidos de almacenamiento (Kirschbaum et al., 2010).

La fructificación es un proceso de alta demanda de energía que no puede ser completamente cubierto por nuevas fuentes de hidratos de carbono fotosintéticos logrados

inmediatamente luego de la plantación, debido a que estos hidratos de carbono se utilizan principalmente para la formación de hojas nuevas (Nishizawa y Shishido, 1998). El crecimiento de la fruta temprana depende en gran medida las reservas de almidón de la raíz hasta un mes después de la plantación (Nishizawa et al., 1997; Nishizawa y Shishido, 1998). Sin embargo, las reservas de hidratos de carbono no estructurales no sólo influyen en el establecimiento exitoso de los plantines, sino también en la precocidad, productividad y patrón productivo (Bringhurst et al., 1960; Larson, 1994; Kirschbaum, 1998). Por otro lado, la cantidad de hidratos de carbono no estructurales (HCNE), como almidón y azúcares almacenados en las raíces y coronas se correlacionaron positivamente con la acumulación de horas de frío ( $\leq 7.2$  °C). Plantines cosechados en momentos de alta concentración de HCNE mejoraron su precocidad y el peso de sus coronas y raíces. Las aplicaciones de nitrógeno a los plantines al final de la etapa de vivero estimuló el crecimiento posterior de la planta, logró aumentos de precocidad, y movilización de este nutriente a coronas y raíces (Kirschbaum, 2005).

Los plantines en los viveros se cosechan en forma mecánica pudiendo alcanzarse una extracción de hasta 1.000.000 de plantines diarios. Posteriormente, se envían a galpones de empaque donde se eliminan los restos vegetales, hojas envejecidas, estolones que no han logrado buen desarrollo, y parte o la totalidad de las hojas. Además, se cortan las raíces que superan los 20 cm, se seleccionan por tamaño, y se acondicionan y empacan por variedad en bolsas de polietileno dentro de cajas de cartón, con capacidad de 800 a 1.300 plantines sin hojas.

Una vez extraídos del vivero, los plantines pueden utilizarse inmediatamente para iniciar una plantación comercial para la obtención de fruta, o pueden almacenarse en cámaras de frío a -2 °C. De acuerdo con esto, los plantines se clasifican en 'plantín fresco', y 'plantín frigo'. El plantín fresco es extraído del vivero entre los meses de marzo a mayo en las zonas de multiplicación de Mendoza y Chubut. Estos plantines se almacenan en cámaras de frío durante el período de transporte y comercialización, que normalmente no supera los 7-20 días (Adlercreutz, 2011), y son plantados inmediatamente luego de recibidos en las diferentes zonas productoras de Argentina. El plantín frigo es cosechado más tarde (junio-julio), su extracción del vivero no coincide con el momento de mayor demanda para las plantaciones de fin de verano y otoño, por lo que en una gran proporción son conservados en cámaras frigoríficas hasta su posterior plantación en la primavera, o principalmente en el verano siguiente. Por ello, su almacenamiento puede llegar a ser de hasta 7-8 meses. Dentro de este grupo también se encuentran los plantines que se producen en contra-estación en el hemisferio norte (Adlercreutz, 2011).

La principal diferencia fisiológica entre las plantas de fresco y las frigo-conservadas es el cambio hormonal que ocurre durante el almacenamiento en frío a largo plazo, que actúa anulando o inhibiendo el proceso de inducción floral que se produjo en los plantines

durante la etapa de vivero. De este modo, las plantas frigo-conservadas emiten unas pocas inflorescencias inmediatamente luego de plantadas para comenzar a vegetar y estolonizar intensamente con posterioridad. En estas plantas, los procesos de inducción y diferenciación floral deben ocurrir nuevamente con posterioridad a la plantación, lo cual hace que se pierda la posibilidad de una producción precoz. En cambio, las plantas de fresco, bajo condiciones adecuadas de temperatura, comienzan rápidamente a producir luego de su plantación (Hancock, 2008).

#### **1.4.2. Plantación**

Para una plantación exitosa, la preparación de suelo debe ser adecuada, incluyendo subsolado y rastreado, de modo de permitir un buen arraigue de las plantas, el drenaje del agua y de los fertilizantes excedentes y crear condiciones óptimas para la desinfección del suelo.

La desinfección de suelo mediante fumigantes químicos es una práctica habitual en el cultivo de frutilla en todo el país, tanto en la producción de plantines como en la producción de fruta. Se realiza principalmente con fumigantes químicos como bromuro de metilo, dicloropropeno+cloropicrina, o metam sodio, entre otros. El objetivo de esta práctica es la de controlar patógenos de la frutilla que habitan en el suelo, malezas, insectos de suelo y nemátodos. En lotes con muchos años de monocultivo de frutilla, o con cultivos precedentes de especies que son hospederas de las mismas plagas o enfermedades de la frutilla, o con alta cantidad de inóculo, la no utilización de esta práctica redundaría en una alta mortandad de plantas y mermas de rendimiento (Adlercreutz y Szczesny, 2010). En suelos que no corresponden a las situaciones mencionadas o lotes con baja cantidad de inóculo, la desinfección tiene una finalidad preventiva. En ensayos realizados en la zona de Mar del Plata durante el período 2005 al 2009, la diferencia de rendimiento entre lotes con desinfección y lotes sin tratar fue de al menos 232 g por planta a favor de los primeros, que equivalen aproximadamente a 11.000 kg. ha<sup>-1</sup>. En casos extremos, esta diferencia llega casi a duplicarse (417 g pl<sup>-1</sup>) (Adlercreutz y Szczesny, 2008). Además, la desinfección del suelo previene la muerte de plantas por enfermedades fúngicas de raíz y corona causadas por hongos que habitan en el suelo, las cuales pueden alcanzar hasta el 50% de las plantas, mientras que apenas representa entre el 4-9% en lotes desinfectados con bromuro de metilo o dicloropropeno+cloropicrina (Adlercreutz y Szczesny, 2010).

El uso del "mulch" de polietileno en los lomos o camellones de plantación es habitual en la producción de frutilla (Adlercreutz, 2009). Las principales ventajas de esta práctica agronómica son su marcado efecto sobre el control de las malezas y la reducción de la demanda de mano de obra para la tarea del desmalezado, mayor conservación de la humedad del suelo, disminución de los cambios bruscos de la misma y del consumo de

agua de riego, evitar el contacto de la fruta limpia con el suelo, y evitar la lixiviación de nutrientes. Su uso es indispensable durante el proceso de desinfección del suelo con fumigantes químicos, siendo habitual el uso de 'mulch' de color negro en zonas de producción otoño-inverno-primaveral, como por ejemplo en Santa Fe y Tucumán, y de color blanco en áreas de producción primavera-estivo-otoñal, como la zona de Mar del Plata.

### **1.5. El interés por el cultivo bianual**

En las zonas centro y norte del país, la producción se basa principalmente en cultivos anuales mientras que en la zona de Mar del Plata es habitual dejar los cultivos un segundo año de producción. La producción del segundo año es en general inferior en cantidad y en tamaño de fruta con respecto a la del primer año, aunque en la zona de Mar del Plata estos datos no están adecuadamente cuantificados. A pesar de dicha disminución de la producción y de la calidad comercial durante el segundo año, el hecho de evitar los costos de plantación (acondicionamiento del suelo, armado de lomos, "mulch", cinta de riego, desinfección del suelo, plantines y mano de obra), hace que el margen bruto de un lote de segundo año resulte económicamente atractivo, además de asumirse menores riesgos de producción (Adlercreutz, 2008). De este modo, la incidencia de la producción del segundo año en el resultado económico de un cultivo bianual de frutilla es alta (Adlercreutz, 2008). Dado este contraste productivo, resulta de gran interés conocer los aspectos ecofisiológicos involucrados en el comportamiento del cultivo en ambos ciclos productivos.

### **1.6. Importancia del cultivo**

A nivel mundial se producen unas 8.000.000 de toneladas de frutilla (FAO, 2015) siendo los principales países productores China, EEUU, España, Corea del Sur, Japón, Polonia, Turquía, Italia, Alemania y México. De cada 100 kilos de berries que se consumen en el mundo, el 69% corresponde a frutilla (Kirschbaum, 2012).

En Argentina, ya en la época colonial se cultivaban frutillas aunque el verdadero desarrollo se inició a partir del año 1919 principalmente en la zona de Coronda-Santa Fe (Scaglia y Taborda, 2003). La producción actual de Argentina es cercana a las 50.000 t, y la exportación alcanza a las 12.000 t. El consumo es de 0.7 Kg por habitante y por año, siendo bajo en comparación al de otros países como EEUU, con 3 Kg; Alemania, 2.3 Kg; y Chile, con 1.3 Kg (Kirschbaum, 2012).

Si bien con algunos altibajos, en las últimas décadas venía ocurriendo en el país un aumento en la superficie implantada, lo cual se interrumpió a partir del año 2008 ya que se dejaron de cultivar unas 400 ha. El aumento registrado en la productividad entre otros aspectos ha provocado una disminución del costo unitario y un aumento de la rentabilidad del cultivo aunque sujeto esto a los vaivenes del precio de la fruta fresca en los mercados

locales. Desde hace unos años se ha consolidado la industria del congelado, cuyos precios son considerablemente superiores al de otros destinos industriales (Adlercreutz, 2011).

La superficie plantada en Argentina alcanza las 1.300 hectáreas, siendo Buenos Aires, Tucumán y Santa Fe las principales provincias productoras. En la provincia de Buenos Aires se destacan especialmente la zona de Mar del Plata y el Cinturón Hortícola del Gran Buenos Aires-La Plata.

El uso de cultivares de día corto y de día neutro junto con otras prácticas agronómicas, ha permitido una producción técnica y económicamente viable en distintas zonas del país, y una oferta de frutilla relativamente constante durante todo el año, a excepción de los meses invernales (mayo y junio principalmente). El aumento de la oferta a nivel nacional, y el solapamiento de la producción de las distintas zonas del país, ha hecho de la frutilla un producto de precio más accesible en comparación con décadas anteriores y sin tener una amplia brecha de precio con otras hortalizas.

### **1.7. El Cinturón Hortícola de la ciudad de Mar del Plata**

El Cinturón Hortícola de la ciudad de Mar del Plata es un importante espacio fértil ubicado en una franja de veinticinco kilómetros bordeando a la mencionada ciudad balnearia, radicando su importancia en que es considerada una de las principales regiones abastecedoras de hortalizas de hoja y fruto al resto del país (Adlercreutz y Szczesny, 2014).

Se encuentra en el Partido de General Pueyrredón, aunque extendiéndose a algunos partidos vecinos. Comprende unos 700 productores que cultivan cerca de once mil hectáreas con variadas producciones hortícolas a campo, en invernáculos o mixtas. La cercanía al océano Atlántico hace que los veranos sean relativamente frescos y los otoños suaves. Los suelos presentan ondulaciones interserranas con afloramientos rocosos y pendientes que se van atenuando a medida que se alejan de las sierras. Son de textura franca-arcillo-arenosa, ricos en materia orgánica y de elevada fertilidad (Adlercreutz y Szczesny, 2014).

Además de las condiciones agroecológicas favorables, el cultivo de la frutilla está arraigado culturalmente en la región, contándose con asesores técnicos, proveedores de insumos y productores capacitados. Esto permite alcanzar rendimientos y resultados que se ubican entre los mejores del país. Mar del Plata aporta un porcentaje muy importante del total de la frutilla comercializada en el país desde fines de la primavera hasta el otoño y exporta parte de su producción a distintos países (Adlercreutz, 2011).

En el sudeste de la provincia de Buenos Aires se produjo un incremento de la superficie cultivada con frutilla en mayor proporción que la ocurrida en otras regiones del país, contribuyendo a que esta provincia pase a ser la tercera zona productora, luego de Tucumán y Santa Fe. Actualmente la superficie con frutilla en el SE de la provincia de

Buenos Aires está estabilizada en 130 ha, aproximadamente. Entre los motivos que explican la expansión del cultivo se destacan los altos precios que obtiene la producción de verano-otoño en el mercado interno de fruta fresca, las condiciones agroecológicas y la disponibilidad de servicios e infraestructura regional, la cercanía a los centros de consumo y mercados concentradores más importantes del país, la posibilidad de lograr cultivos bianuales y las mejoras genéticas que se han logrado en los últimos años en los cultivares de día neutro, que son los utilizados en la zona (Adlercreutz, 2011).

### **1.7.1. Estrategia productiva del Cinturón Hortícola de Mar del Plata**

En la zona del Cinturón Hortícola de Mar del Plata la frutilla se planta en verano (febrero-marzo) y en otoño (abril, mayo), y no se requiere de cuidados especiales hasta el comienzo de la cosecha durante los primeros días de noviembre. La cosecha se extiende durante 6 o 7 meses, finalizando en mayo. Los rendimientos superan las 70 t. ha<sup>-1</sup>, y habitualmente se dan los cuidados necesarios al cultivo para obtener una nueva cosecha durante el segundo año de implantación (Adlercreutz, 2012).

La distribución de la producción a lo largo de la estación de crecimiento se caracteriza por la ocurrencia de un marcado pico de producción primaveral, que abarca desde la segunda quincena de noviembre hasta la primera quincena de diciembre. En los primeros dos meses de cultivo, la producción puede alcanzar hasta un kilogramo de fruta por planta (46.000 kg. ha<sup>-1</sup>), lo cual excede la disponibilidad de mano de obra regional, la cual se transforma en un recurso limitante. En este período se registran en general bajos precios de la fruta. Posteriormente, durante el mes de enero, se produce una marcada disminución de la producción, con una paulatina recuperación a medida que descienden las temperaturas. Un segundo pico de producción ocurre durante los meses de marzo y abril. Los rendimientos que se obtienen en este momento son mucho menores a los registrados en primavera, aunque los mayores precios de la fruta compensan ampliamente los ingresos (Adlercreutz, 2013a).

En algunos casos, también se realizan plantaciones de primavera (agosto-noviembre). Las distintas fechas de plantación modifican las curvas de producción y los rendimientos, implicando en algunos casos el uso de distintos tipos de plantines. Definir la época de plantación que permita lograr mejores rendimientos y mayor retorno económico ha sido motivo de discusión entre productores, viveristas y técnicos.

Para las plantaciones de verano se utilizan plantines frigo conservados (“frigo”) logrando producciones superiores a los 1,7 kg por planta, un 26% superior al rendimiento de las plantaciones de otoño, y un 60% mayor al de la plantación de primavera. Por su parte, para las plantaciones de otoño se utilizan indistintamente plantines ‘frescos’ o frigo, mientras

que en las plantaciones de primavera sólo se utilizan plantines frigo pero con pocos meses de almacenamiento.

En cuanto a la distribución de la cosecha, la principal diferencia entre las plantaciones de verano y las de otoño es que, si bien estas últimas presentan un pico de cosecha en primavera, la producción de la plantación de verano es más sostenida en el tiempo. Por otro lado, las plantaciones de primavera alcanzan los máximos valores de producción en marzo-abril y se mantienen hasta la llegada del invierno (Figura 4).

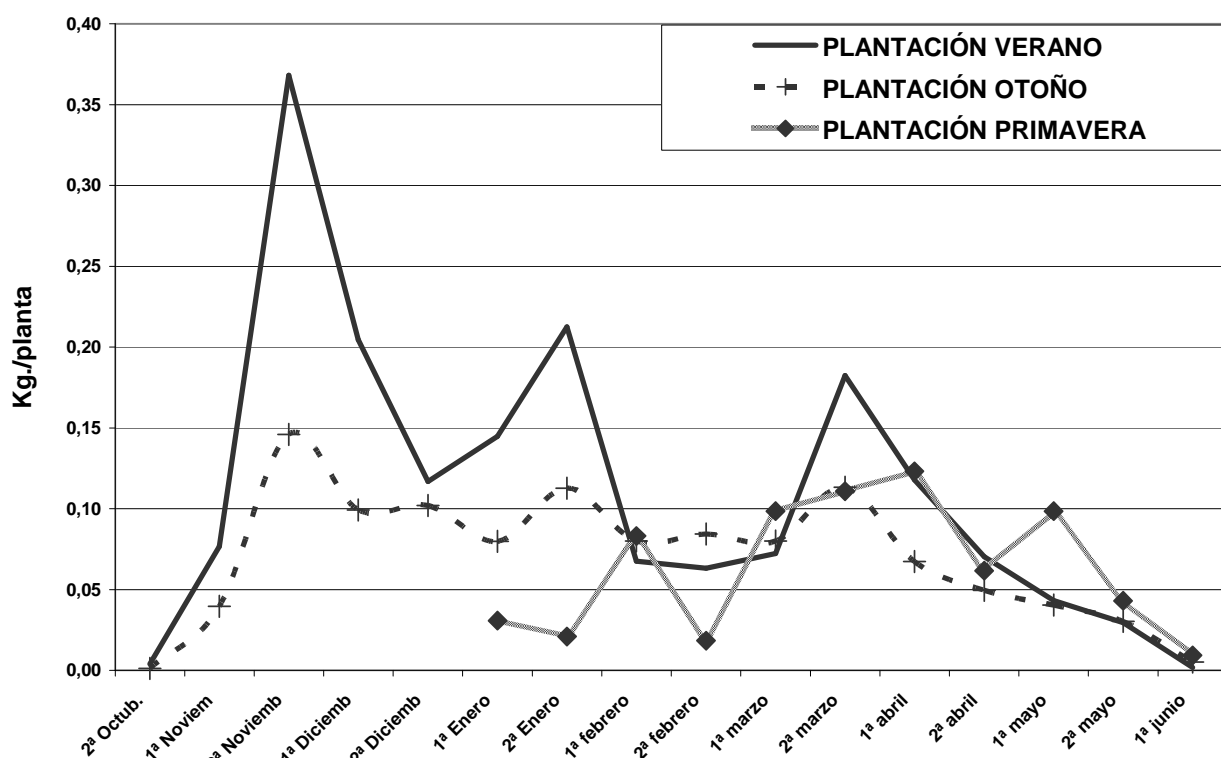


Figura 4. Curvas de producción de plantas de frutilla, cv. Aromas, plantadas en distintas fechas en el Cinturón Hortícola de la ciudad de Mar del Plata (Adlercreutz, 2013a).

En el presente trabajo se estudiará el comportamiento de la frutilla en un cultivo de primer año y de segundo año del cultivar Aromas utilizando la metodología del análisis de crecimiento. Además, se realizarán y analizarán las relaciones existentes entre los parámetros de crecimiento y los factores ambientales, de modo de interpretar los cambios en el crecimiento de la planta que permitan desarrollar medidas y prácticas culturales que conduzcan a mejorar la producción y la calidad de la frutilla durante el segundo año de cultivo. Dado que no hay estudios ecofisiológicos sobre cultivos bianuales de frutilla en la zona centro-sur y que su conocimiento permitirá mejorar la productividad del cultivo, se espera que el presente trabajo sea de utilidad para los productores de frutilla en la región y punto de partida para futuras investigaciones.

## **2. Objetivo general**

Evaluar las modificaciones en los parámetros de crecimiento, la producción, y la calidad del fruto del cultivar de frutilla Aromas que ocurren durante distintos momentos del ciclo de cultivo en una plantación bianual en comparación con una plantación anual.

### **2.1. Objetivos específicos**

- ✓ Comparar los parámetros de crecimiento de plantas de frutilla del primer año con los del segundo año del cultivo.
- ✓ Comparar los parámetros de crecimiento de plantas de frutilla de diferente edad durante un mismo año de producción.
- ✓ Determinar la influencia de factores endógenos y ambientales sobre los cambios en los parámetros medidos.

## **3. Materiales y métodos**

### **3.1. Localización de la experiencia y material vegetal**

La experiencia se llevó a cabo en una finca comercial del Cinturón Hortícola de Mar del Plata, ubicado en el kilómetro 40 del camino Independencia, cercano a la localidad de Miramar, provincia de Buenos Aires (Latitud 38° 16' S; Longitud 57° 50' O; 29 m.s.n.m.). Se utilizaron plantas frescas del cultivar de día neutro 'Aromas' descrito en el Anexo (Shaw, 1998).

La densidad fue de 44.600 plantas por hectárea, y la plantación se realizó sobre lomos separados a 1,40 m. En cada lomo se plantaron dos hileras de plantas a una distancia de 0,30 m, mientras que la distancia entre plantas en la hilera fue de 0,32 m, con una disposición en tresbolillo.

Los tratamientos que se evaluaron fueron un cultivo de primer año implantado en mayo del año 2009 y evaluado en el período 2009/2010 (T1); un cultivo de segundo año implantado en mayo del año 2009 y evaluado en el período 2010/2011 (T2); y un cultivo de un año, implantado en mayo del año 2010 y evaluado en el período 2010/2011 (T3).

En todos los casos se utilizó riego por goteo con una cinta de riego por lomo. Previo a la plantación se realizó desinfección del suelo con bromuro de metilo y cloropicrina (70/30 v/v) a una dosis de 50 g. m<sup>-2</sup> y los lomos fueron cubiertos con 'mulch' de plástico de 50 µm color blanco/negro (blanco en su parte visible o exterior y negro en su parte interior o en contacto con el suelo). Finalizada la primera campaña productiva, lo cual ocurrió en mayo del 2010, las plantas fueron podadas en el mes de julio. La poda consistió en la eliminación de todas las hojas, pecíolos, racimos florales y estolones. Luego, se realizaron aplicaciones



de funguicidas/bactericidas cúpricos y los riegos se redujeron a una vez por semana, con el agregado de ácido fosfórico. La segunda campaña de producción evaluada fue la 2010/2011, que finalizó en abril del 2011.

## **3.2. Análisis de crecimiento**

### **3.2.1. Evolución del peso fresco y peso seco**

Para el cumplimiento de los objetivos específicos relacionados con los parámetros de crecimiento se realizaron determinaciones mensuales de peso fresco y seco de la planta y de sus órganos, tales como la raíz, corona, estolones, inflorescencia, y hojas. En cada muestreo se extrajo una planta por parcela y por repetición, extrayéndose aleatoriamente plantas contiguas a las parcelas de donde se evaluó rendimiento (20 plantas por parcela/repetición). La extracción se realizó con la ayuda de una pala, sacando la planta con parte del suelo circundante de las raíces. Posteriormente, se colocaron las plantas en dos bolsas individuales de polietileno, una abarcando sólo las raíces y suelo adherido y la otra embolsando toda la planta. Luego, fueron llevadas al laboratorio de ecofisiología del INTA-Balcarce. Se lavaron con agua los restos de suelo adheridos a las raíces y luego se secaron con papel absorbente.

### **3.2.2. Evolución del área foliar**

Previamente al secado de las hojas, se determinó el área foliar de cada planta, mediante la utilización de un medidor portátil marca LICOR, modelo LI-3100C.

### **3.2.3. Componentes del rendimiento**

Para la determinación de los componentes del rendimiento (Shokaeva, 2008) se contaron la cantidad de inflorescencias de cada una de las plantas de la unidad experimental en forma quincenal, y una vez comenzada la cosecha se cuantificó la producción aproximadamente cada dos días, aunque la frecuencia fue variable dependiendo del período del año. En cada cosecha se determinó el número y peso de frutos cosechados en cada parcela utilizando una balanza electrónica Precisa 125 A. Se discriminó y cuantificó la producción comercial y la de descarte, especificando los motivos de descarte, tales como frutos con enfermedades, deformes, o de peso no comercial (< 10 g). En cada parcela, se cosecharon los frutos que alcanzaron el grado de madurez en los mismos días en que se cosechó la producción comercial del establecimiento.

### 3.2.4. Parámetros de crecimiento

Con los datos de peso seco y área foliar, se realizaron los cálculos de los parámetros típicos de la metodología de Análisis de Crecimiento (Hunt, 1981; Matos Pires et al., 2006)

- ✓ Tasa de crecimiento ( $\text{g día}^{-1}$ ):  $(W2 - W1) / (T2 - T1)$
- ✓ Tasa de crecimiento relativa ( $\text{g g}^{-1} \text{ día}^{-1}$ ):  $(\ln W2 - \ln W1) / (T2 - T1)$
- ✓ Tasa asimilatoria neta ( $\text{g dm}^{2-1} \text{ día}^{-1}$ ):  $((W2-W1) / (A2-A1)) / ((\ln A2 - \ln A1) / (T2-T1))$
- ✓ Índice de masa foliar:  $W / W \text{ foliar}$
- ✓ Relación de área foliar ( $\text{cm}^2 \text{ g}^{-1}$ ):  $AF / W \text{ total} = (AF / W \text{ hoja}) \times (W \text{ hoja} / W \text{ total})$
- ✓ Relación peso foliar ( $\text{g g}^{-1}$ ):  $W \text{ hoja} / W \text{ total}$
- ✓ Área foliar específica ( $\text{cm}^2 \text{ g}^{-1}$ ):  $AF / W \text{ hoja}$
- ✓ Índice de cosecha:  $W \text{ frutos} / W \text{ total}$
- ✓ Evolución de la partición de asimilados en el tiempo

Donde: W: peso seco; T: fecha de muestreo; A: área de terreno; AF: área foliar;

### 3.3. Datos meteorológicos

Los datos meteorológicos de temperatura y radiación utilizados fueron registrados en la estación meteorológica automática Davis Vantage Pro de la Chacra Experimental Miramar, perteneciente al Ministerio de Asuntos Agrarios de la provincia de Buenos Aires.

### 3.4. Análisis estadístico

Se utilizó un diseño experimental en bloques al azar con 5 repeticiones por tratamiento.

Para el análisis estadístico se utilizó el programa INFOSTAT aplicándose a los datos disponibles el ANOVA, y utilizando los test de Tukey y Fisher para la comparación de medias.

Para establecer las relaciones entre los parámetros calculados y los factores ambientales (Wang y Camp, 1999; Shokaeva, 2008), se analizaron las correlaciones de Spearman y Pearson de modo de establecer el tipo y grado de correlación existente.

## 4. Resultados:

### 4.1. Peso Seco y Peso Fresco total anual acumulado

Las plantas de segundo año de cultivo (T2) alcanzaron un peso seco que superó entre un 15 y un 26% el logrado por las plantas de un año de cultivo. En cuanto al peso fresco las plantas de dos años (T2) superaron entre un 16 y 29% a las plantas de un año de cultivo. El contenido de materia seca no mostró diferencias entre tratamientos (Tabla 4).

Tabla 4. Valores máximos medios de peso seco (PS) y peso fresco (PF) anual, y porcentaje de materia seca (% MS) alcanzados por plantas de frutilla de diferente edad de plantación. Cultivo de primer año, plantación 2009 (T1); cultivo de segundo año, plantación 2009 (T2); cultivo de primer año, plantación 2010 (T3).

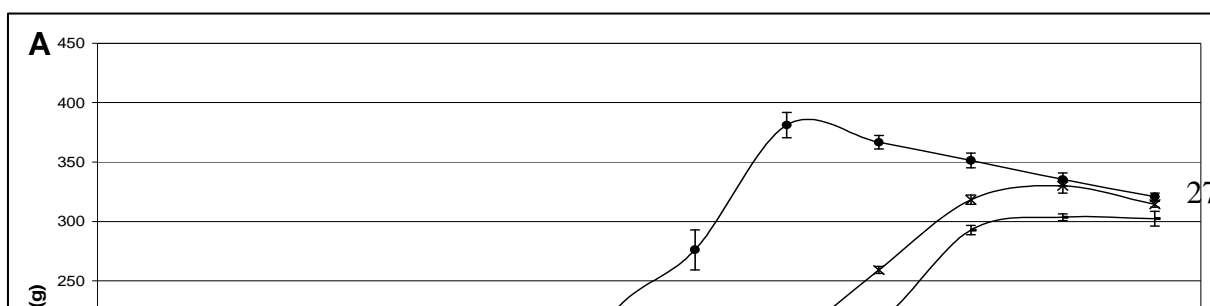
TRATAMIENTO	PS (g. planta <sup>-1</sup> )	PF (g. planta <sup>-1</sup> )	% MS
T1	303,53 b	1025,53 c	29,6 a
T2	381,06 a	1327,02 a	28,7 a
T3	329,92 b	1137,85 b	29,0 a

*Letras distintas en la columna indican diferencias significativas (Tukey  $p < 0,05$ )*

#### 4.1.2. Evolución anual de la acumulación de peso seco y peso fresco total

Tanto las plantas de un año (T1 y T3) como las de dos años de plantación (T2) tuvieron baja producción de materia seca entre junio y septiembre (período otoño-invernal). En las plantas de segundo año se registró un leve decrecimiento de la biomasa (Figura 5 A), consecuencia de la poda invernal; en cambio, se registró un importante aumento de peso en los meses siguientes. Las plantas de dos años (T2) mostraron mayor tasa de incremento de peso entre octubre y diciembre comparado con las plantas de un año, alcanzando valores de 381 g MS por planta a principios de enero. Las plantas de un año alcanzaron la mayor biomasa tres meses más tarde, durante el mes de abril, y registraron valores de 329 y 303 g MS por planta para T3 y T1, respectivamente (Figura 5 A).

Las plantas de dos años mostraron una disminución de su biomasa total desde principios de enero, lo cual no fue observado en las plantas de un año (Figura 5 A). La evolución del peso fresco total presentó las mismas tendencias que la evolución del peso seco, con la salvedad que la pérdida de biomasa invernal observada en las plantas de dos años (T2) fue más pronunciada que lo mencionado para el peso seco (Figura 5 B).



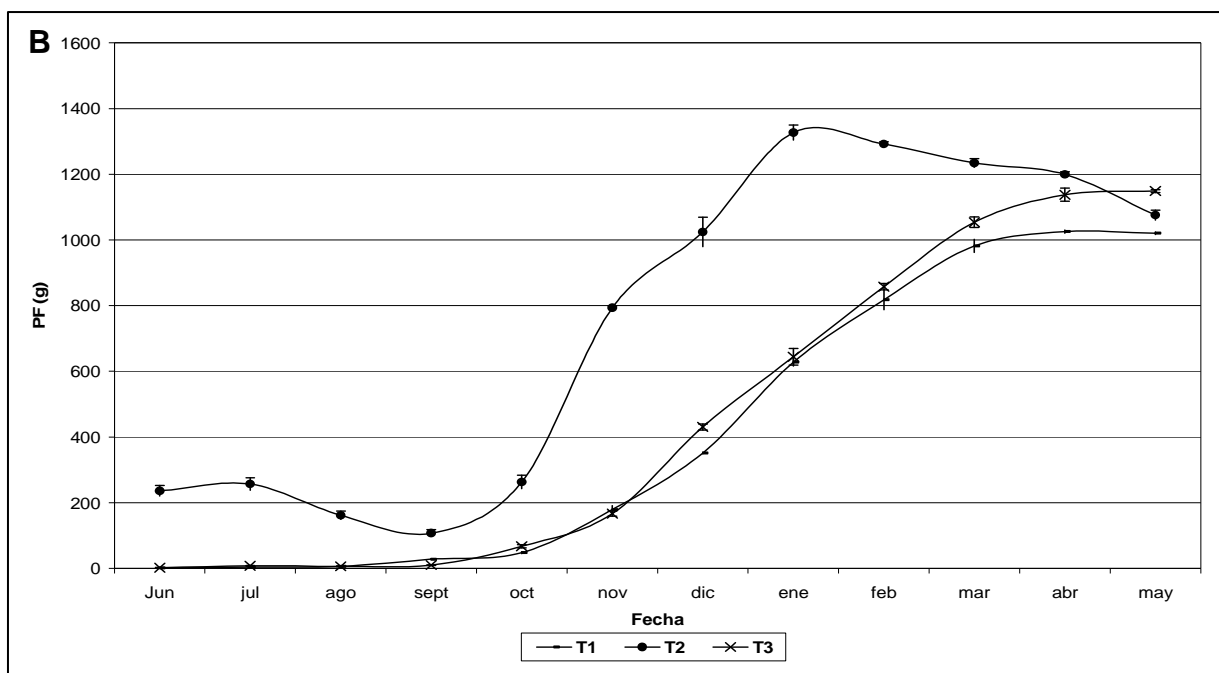


Figura 5. Evolución del peso seco (PS) (A) y peso fresco (PF) (B) de plantas de frutilla de plantaciones de diferentes edades. Cultivo de primer año, plantación 2009 (T1); cultivo de segundo año, plantación 2009 (T2); cultivo de primer año, plantación 2010 (T3).

#### 4.2. Área foliar (AF)

El área foliar máxima durante la estación de crecimiento mostró diferencias significativas entre las plantas de un año de plantación 2009 (T1) y 2010 (T3). El valor máximo de área foliar alcanzado por las plantas de segundo año (T2) fue intermedio a los valores máximos logrados para este parámetro por las plantas de un año (Tabla 5).

Tabla 5. Valores máximos de área foliar (AF) de plantas de frutilla de plantaciones de diferentes edades. Cultivo de primer año, plantación 2009 (T1); cultivo de segundo año, plantación 2009 (T2); cultivo de primer año, plantación 2010 (T3).

TRATAMIENTO	AF (cm <sup>2</sup> planta <sup>-1</sup> )
T1	3616 a
T2	3083 ab
T3	2511 b

*Letras distintas indican diferencias significativas (Tukey  $p \leq 0,05$ )*

En cuanto a la evolución del área foliar, las plantas de segundo año mostraron una disminución de la misma durante el período invernal respecto al año previo, y una caída muy abrupta en agosto como consecuencia de la poda de limpieza de hojas que se realizó al inicio del segundo año. El área foliar se fue incrementando en todos los tratamientos a partir de septiembre, aunque más rápidamente en las plantas de segundo año (T2); estas lograron alcanzar el valor máximo anual en enero, observándose luego una disminución del área foliar a partir de febrero, que se acentuó en abril y mayo. Al final de la estación de crecimiento, esta disminución alcanzó valores muy significativos respecto al valor máximo alcanzado (-66%) (Figura 6).

Las plantas de un año alcanzaron el máximo valor de área foliar mucho más tardíamente, en marzo (T1) y mayo (T3). El área foliar de T1 también disminuyó significativamente durante los últimos dos meses de la estación de crecimiento, aunque este descenso fue de menor magnitud (-25%) (Figura 6).

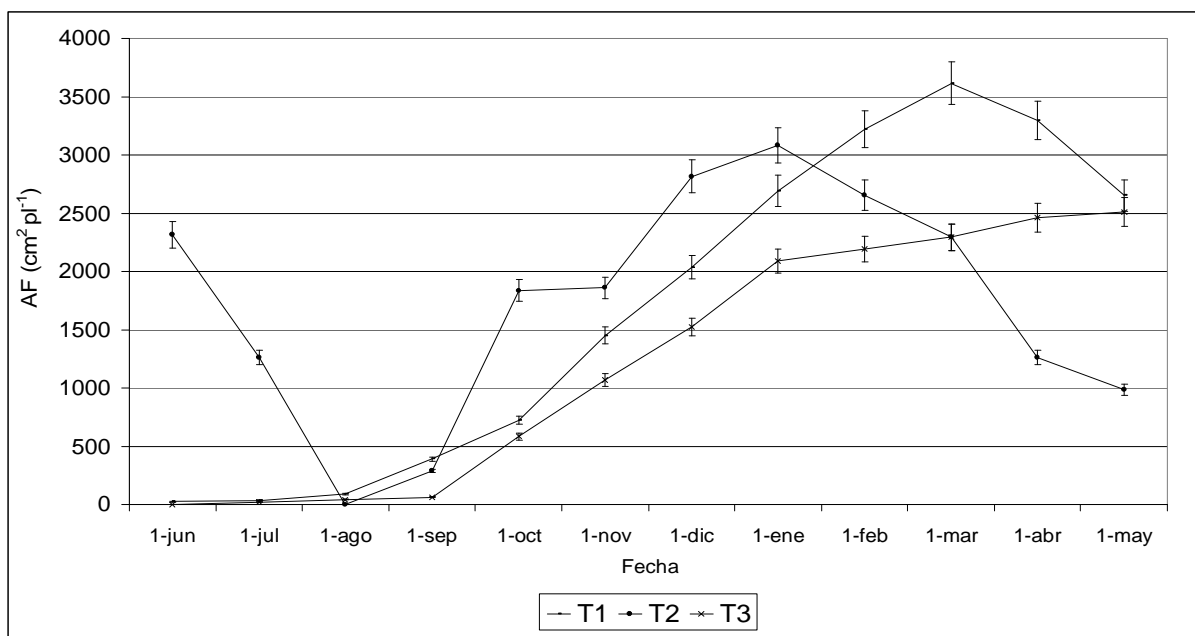


Figura 6. Evolución del área foliar de plantas de frutilla de plantaciones de diferentes edades. Cultivo de primer año, plantación 2009 (T1); cultivo de segundo año, plantación 2009 (T2); cultivo de primer año, plantación 2010 (T3).

### 4.3. Tasa de crecimiento

#### 4.3.1 Tasa de crecimiento absoluto (TCA)

Las plantas de dos años (T2) alcanzaron una tasa de crecimiento muy alta durante el mes de noviembre, casi duplicando a los mayores valores registrados en los otros tratamientos, o por la misma planta en otros momentos del ciclo de cultivo. En estas plantas, la tasa de crecimiento también fue relativamente alta durante los dos meses siguientes, para luego caer bruscamente a valores negativos (Figura 7).

Las plantas de un año (T1) mostraron valores máximos de tasa de crecimiento más bajos en relación a T2, y más tardíamente. Sin embargo, en las plantas de un año, la tasa de crecimiento se mantuvo en valores altos por casi cuatro meses, desde diciembre hasta marzo inclusive (Figura 7). Durante mayo, la tasa de crecimiento fue nula o negativa en todos los tratamientos.

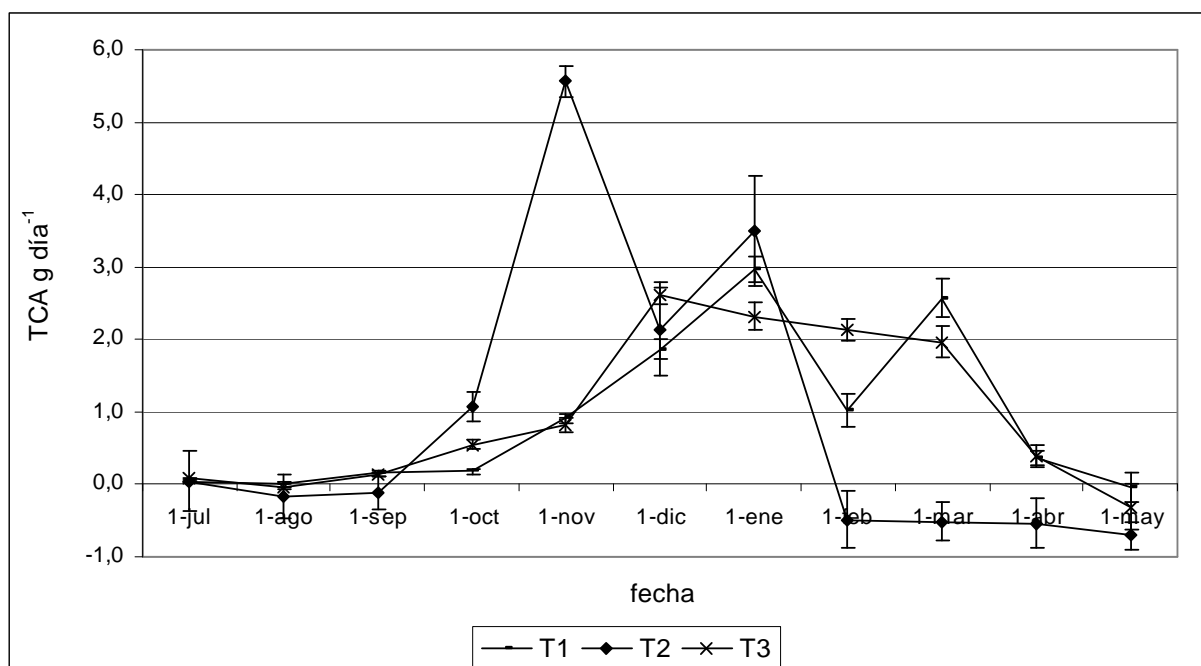


Figura 7. Evolución de tasa de crecimiento (TCA) de plantas de frutilla de plantaciones de diferentes edades. Cultivo de primer año, plantación 2009 (T1); cultivo de segundo año, plantación 2009 (T2); cultivo de primer año, plantación 2010 (T3).

#### 4.3.2 Tasa de crecimiento relativo

Las plantas de primer año mostraron una alta tasa de crecimiento relativo durante julio, que corresponde al primer mes desde la plantación mientras que las plantas de segundo año presentaron una tasa de crecimiento muy baja en ese mismo período. Posteriormente, en agosto todos los tratamientos manifestaron una disminución muy marcada de este parámetro (Figura 8).

En el período comprendido entre septiembre y noviembre todos los tratamientos tuvieron altas tasas de crecimiento relativo, aunque en las plantas de segundo año fue más



gradual y sostenido. A partir de diciembre, los valores de TCR comenzaron a disminuir en forma más o menos constante hasta mayo (Figura 8).

Figura 8. Evolución de tasa de crecimiento relativa (TCR) de plantas de frutilla de plantaciones de diferentes edades. Cultivo de primer año, plantación 2009 (T1); cultivo de segundo año, plantación 2009 (T2); cultivo de primer año, plantación 2010 (T3).

#### **4.4 Relación de peso foliar (RPF), Relación de área foliar (RAF) y Área foliar específica (AFE)**

En el mes de junio tanto las plantas de un año como las de dos años, mostraron valores máximos en la relación de peso foliar (RPF), aunque el valor alcanzado por las plantas de dos años fue casi cinco veces superior al de las de un año (Figura 9 A).

Luego de haber alcanzado este valor máximo, las plantas de un año presentaron una disminución del RPF para luego mostrarse más o menos estable hasta el mes de noviembre inclusive. Luego, este parámetro declinó hasta el final de la estación de crecimiento (Figura 9 A).

En las plantas de dos años (T2) también se produjo un descenso en la RPF en julio con  $2,7 \text{ g g}^{-1}$  el cual se pronunció más aún en agosto debido a la poda total de hojas. Luego de dicha poda ocurrió un brusco aumento de la RPF en septiembre para luego ir declinando hasta mayo, mostrando valores muy similares a las plantas de un año desde diciembre en adelante (Figura 9 A). La evolución de la relación de área foliar (RAF) presentó un comportamiento bastante similar a lo expresado para la RPF (Figura 9 B).

En cuanto a la evolución del área foliar específica (AFE), las plantas de un año de plantación 2009 (T1) registraron valores muy altos durante el invierno logrando su pico máximo en julio:  $134 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$ , luego de lo cual, los valores descendieron en verano (Figura 9 C). Las plantas de un año de plantación 2010 (T3) mostraron un aumento paulatino desde la

salida del invierno, con picos en primavera y otoño y un leve descenso en los meses estivales (Figura 9 C).

Las plantas de segundo año (T2) presentaron una disminución en su AFE desde el invierno y hasta el mes de agosto en el cual se registró su valor mínimo (mes donde se realizó la poda total de hojas). Luego de este valor mínimo de fines de invierno el AFE de las plantas de segundo año (T2) fue aumentando hasta marzo pero con algunos descensos y estancamientos observados en los meses estivales (Figura 9 C). Al final de la estación de crecimiento, los tres tratamientos mostraron valores similares de AFE (Figura 9 C).

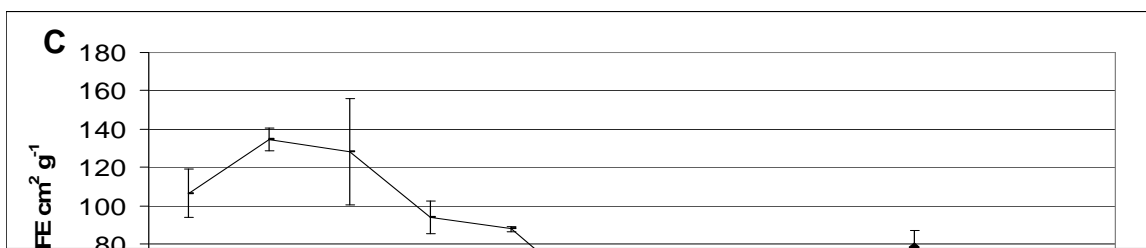
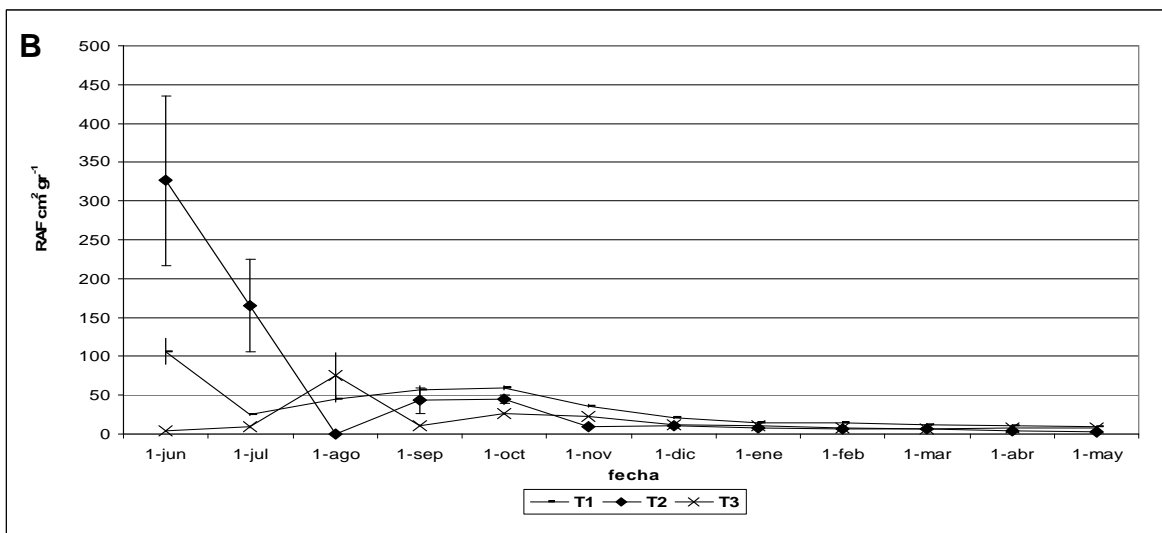
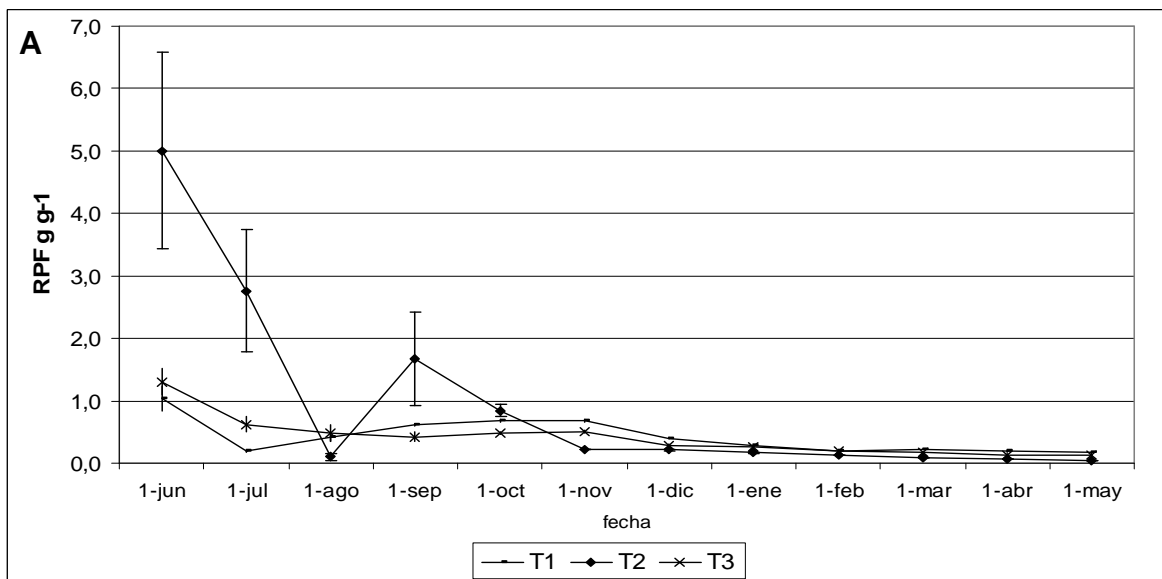




Figura 9. Evolución de la relación de peso foliar (RPF) (A), relación de área foliar (RAF) (B), y área foliar específica (AFE) (C) de plantas de frutilla de plantaciones de diferentes edades. Cultivo de primer año, plantación 2009 (T1); cultivo de segundo año, plantación 2009 (T2); cultivo de primer año, plantación 2010 (T3).

#### 4.5 Tasa de asimilación neta (TAN)

La tasa de asimilación neta (TAN) presentó escasas variaciones en las plantas de un año de cultivo T1, a excepción de lo observado en el mes de julio en T3 (Figura 10).

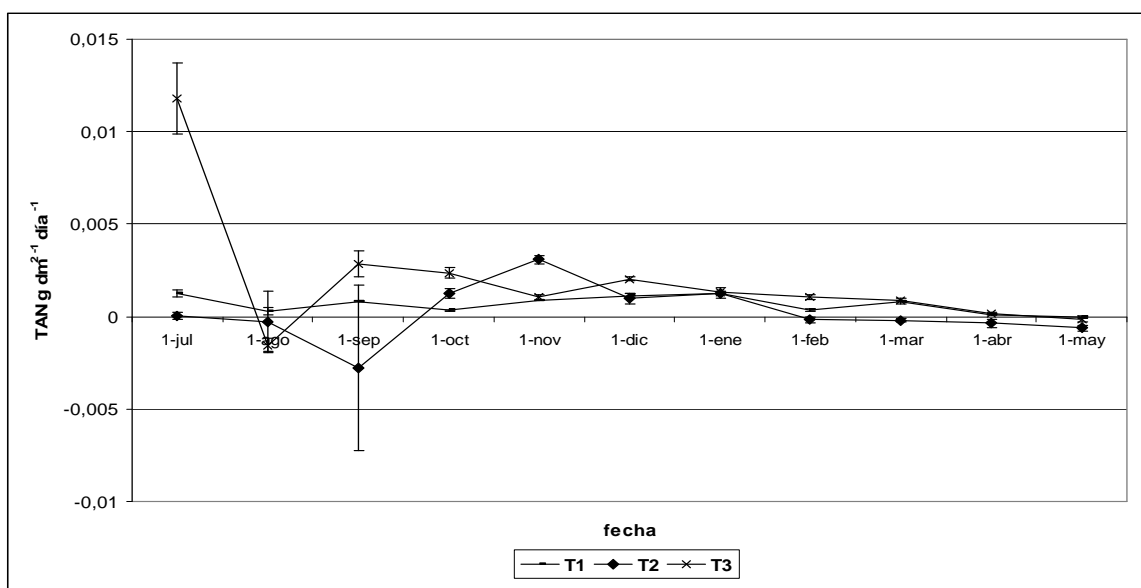


Figura 10. Evolución de la tasa de asimilación neta (TAN) de plantas de frutilla de plantaciones de diferentes edades. Cultivo de primer año, plantación 2009 (T1); cultivo de segundo año, plantación 2009 (T2); cultivo de primer año, plantación 2010 (T3).

#### 4.6 Índice de cosecha (IC)

Las plantas de segundo año (T2) fueron las que lograron mayor IC, alcanzando un valor de 84%. Las plantas de primer año T1 y T3 tuvieron IC de 72% y 78%, respectivamente (Tabla 6).

Tabla 6. Índice de cosecha (IC) de plantas de frutilla de plantaciones de diferentes edades. Cultivo de primer año, plantación 2009 (T1); cultivo de segundo año, plantación 2009 (T2); cultivo de primer año, plantación 2010 (T3).

TRATAMIENTO	IC %
T1	0,72 b
T2	0,84 a
T3	0,78 ab

*Letras distintas indican diferencias significativas (Tukey  $p <= 0,05$ )*

#### 4.7 Partición de la materia seca y tasas de crecimiento por órgano de la planta

En términos absolutos, las plantas de segundo año (T2) lograron el mayor valor de peso seco para todos los órganos de la planta, a excepción de las hojas, donde no se observaron diferencias significativas entre tratamientos (Tabla 7). En términos relativos, las plantas de segundo año de cultivo (T2) sólo lograron los mayores valores en peso seco de corona. En los otros órganos no se observó una tendencia clara al comparar las plantas de primer y segundo año. Se destacan los bajos pesos relativos de raíz y corona de las plantas del tratamiento T3 (Tabla 7).

Tabla 7: Partición de materia seca en los distintos órganos de la planta de frutilla, expresado en valores absolutos ( $\text{g pl}^{-1}$ ) y relativos (%). Cultivo de primer año, plantación 2009 (T1); cultivo de segundo año, plantación 2009 (T2); cultivo de primer año, plantación 2010 (T3).

Órgano de la planta	T1			T2			T3		
	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3
	$\text{g pl}^{-1}$			%					
<b>Raíz</b>	14,0 b	32,5 a	8,5 b	4,35 ab	6,65 a	2,47 b			
<b>Corona</b>	23,4 b	48,9 a	19,9 b	7,27 b	10,01 a	5,80 b			
<b>Hoja</b>	65,4 a	63,8 a	54,4 a	20,22 a	13,06 b	15,85 ab			
<b>Inflorescencia</b>	9,6 b	21,6 a	12,4 b	3,01 a	4,36 a	3,61 a			
<b>Frutos</b>	209,3 c	321,7 a	247,9 b	65,07 b	65,85 b	72,26 a			

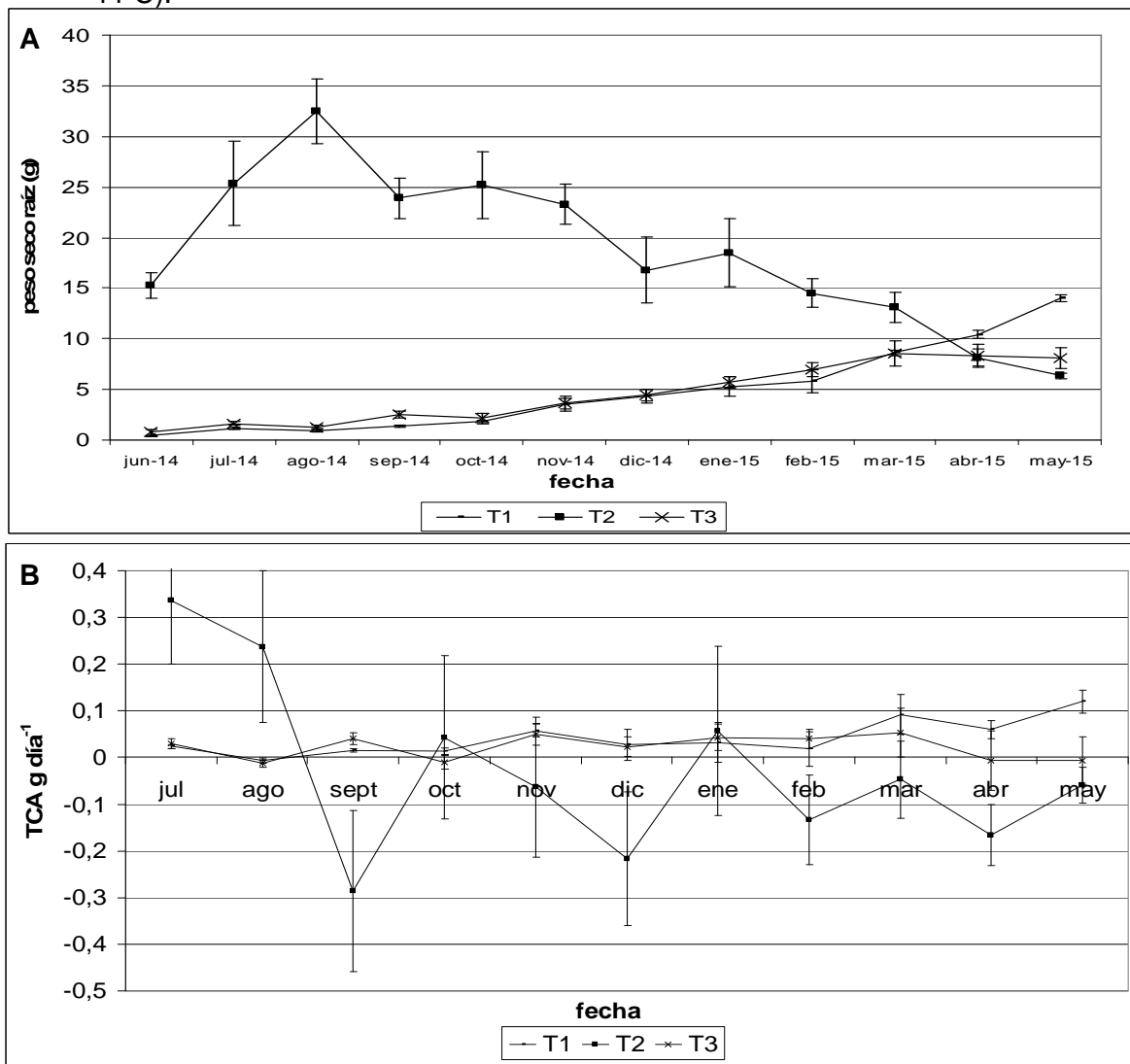
*Letras distintas indican diferencias significativas (Tukey  $p <= 0,05$ )*

##### 4.7.1 Raíz

Las plantas de un año de cultivo (T1 y T3) presentaron un aumento constante del peso seco de sus raíces, mientras que las de segundo año (T2) luego de un aumento registrado en los meses invernales, el peso de sus raíces mostró una tendencia descendente. Es interesante destacar que el máximo peso seco de las raíces de plantas de dos años duplicó a las de un año (Figura 11 A).

Las raíces de las plantas de un año (T1 y T3) mostraron una tasa de crecimiento absoluto (TCA) con poca variación a lo largo de la estación de crecimiento (Figura 11 B). En las plantas de dos años (T2) la TCA sólo logró valores positivos en julio-agosto y luego fue negativa, con excepción de enero y octubre (Figura 11 B).

En cuanto a la tasa de crecimiento relativo (TCR) las plantas de dos años (T2) mostraron valores negativos o cercanos a cero, a excepción de junio y julio. Las plantas de un año de cultivo (T1 y T3) mostraron altibajos, con valores negativos sólo en agosto para T1, y valores levemente negativos en agosto, octubre, abril y mayo en el caso de T3 (Figura 11 C).





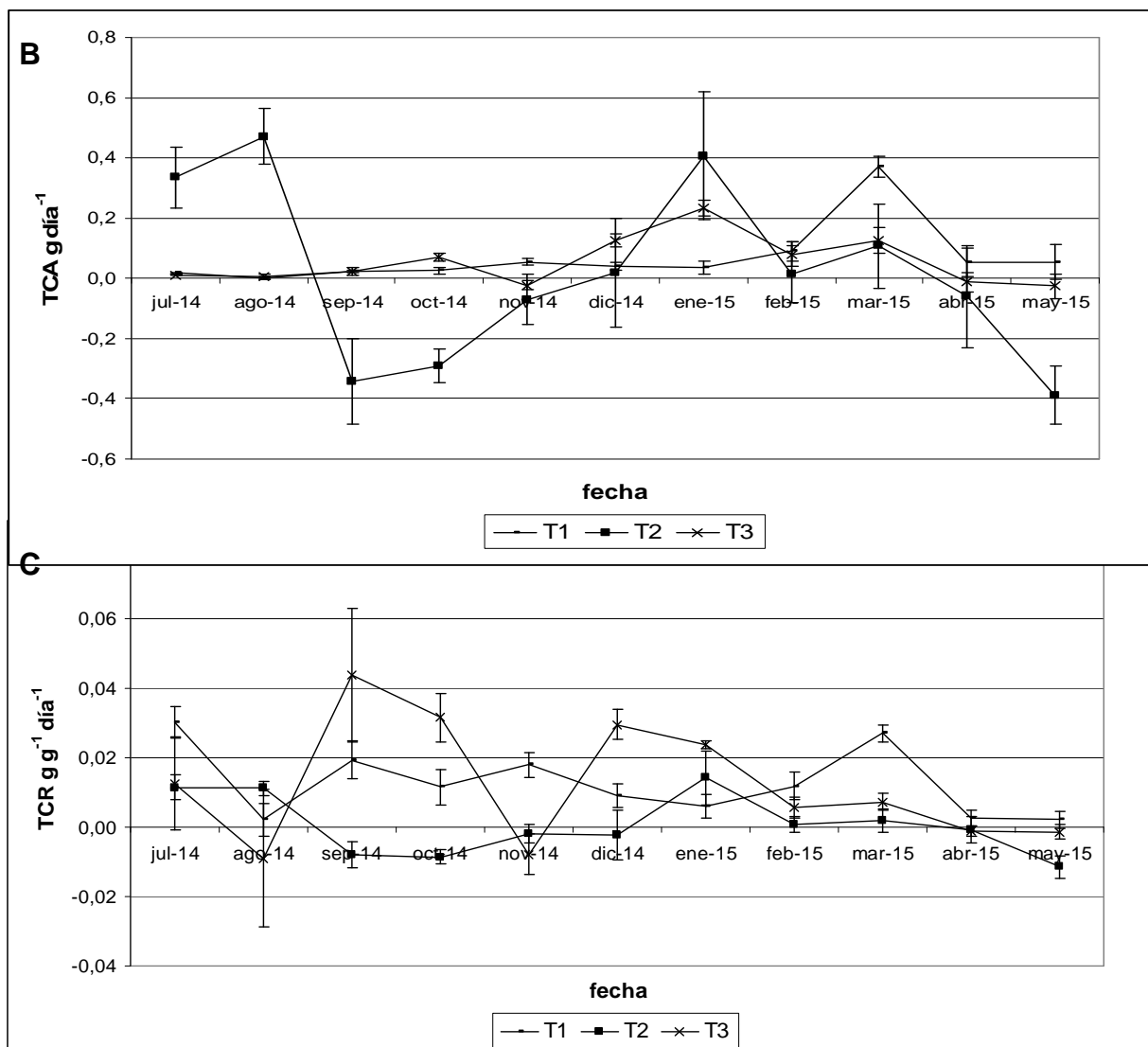


Figura 12. Evolución peso seco (A), la tasa de crecimiento absoluto (B) y de la tasa de crecimiento relativo (C) de las coronas de plantas de frutilla de diferente edad de plantación. Cultivo de primer año, plantación 2009 (T1); cultivo de segundo año, plantación 2009 (T2); cultivo de primer año, plantación 2010 (T3).

Analizando la evolución del número de coronas por planta, se observó que las plantas de segundo año mostraron, en número absoluto, alrededor de 10 coronas más por plantas que las de primer año durante toda la estación de crecimiento. En las plantas de dos

años de cultivo (T2) el número de coronas por planta fue aumentando desde el inicio de la estación de crecimiento logrando su valor máximo en enero (Figura 13).

Las plantas de un año y plantación 2010 (T3) se comportaron en forma similar a las anteriores pero logrando su valor máximo en marzo (Figura 13). Las plantas de un año y plantación 2009 (T1) también fueron aumentando el número de coronas por planta desde el transplante, con picos en noviembre y mayo (Figura 13).

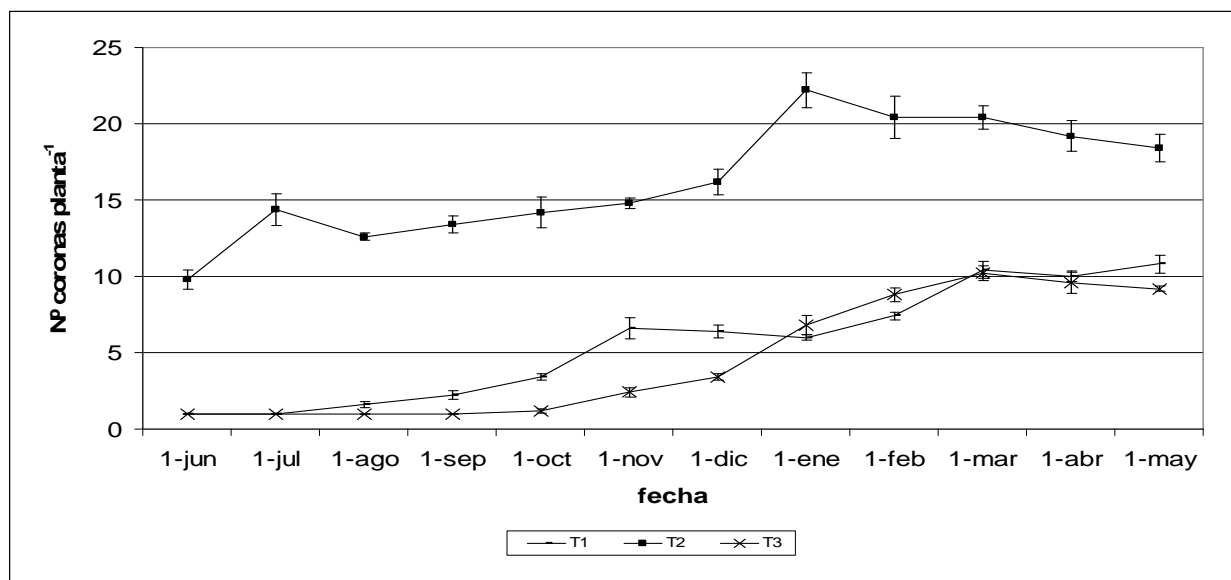


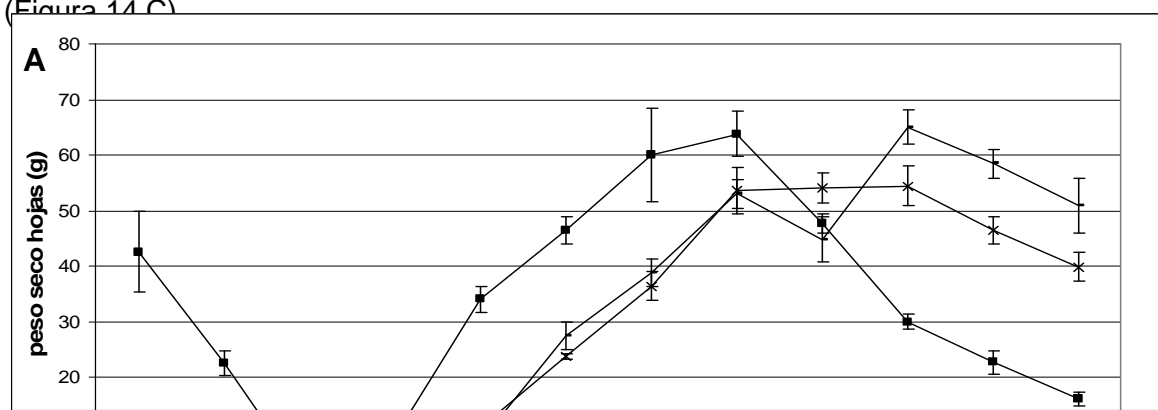
Figura 13. Evolución del número de coronas de plantas de frutilla de diferente edad de plantación. Cultivo de primer año, plantación 2009 (T1); cultivo de segundo año, plantación 2009 (T2); cultivo de primer año, plantación 2010 (T3)

#### 4.7.3 Hojas

En cuanto a la evolución del peso seco de las hojas, las plantas de un año (T1 y T3) presentaron un aumento continuo hasta el mes de marzo, que fue cuando alcanzaron los valores máximos, para luego ir descendiendo hasta el mes de mayo (Figura 14 A). El peso seco de las hojas en las plantas de dos años (T2) alcanzó su valor máximo en enero, luego de lo cual fue descendiendo hasta mayo, perdiendo en esos 4 meses un 80% de su peso seco contra un 24% en el mismo período para las plantas de un año (T1 y T3) (Figura 14 A).

En todos los casos, las plantas presentaron valores positivos en TCA de las hojas en el período septiembre-enero. La mayor diferencia entre tratamientos se observó durante febrero y marzo (Figura 14 B). En cuanto a la TCR de las hojas, se alcanzaron los valores máximos en el mes de septiembre, para luego ir descendiendo hacia el mes de mayo

(Figura 14 C)



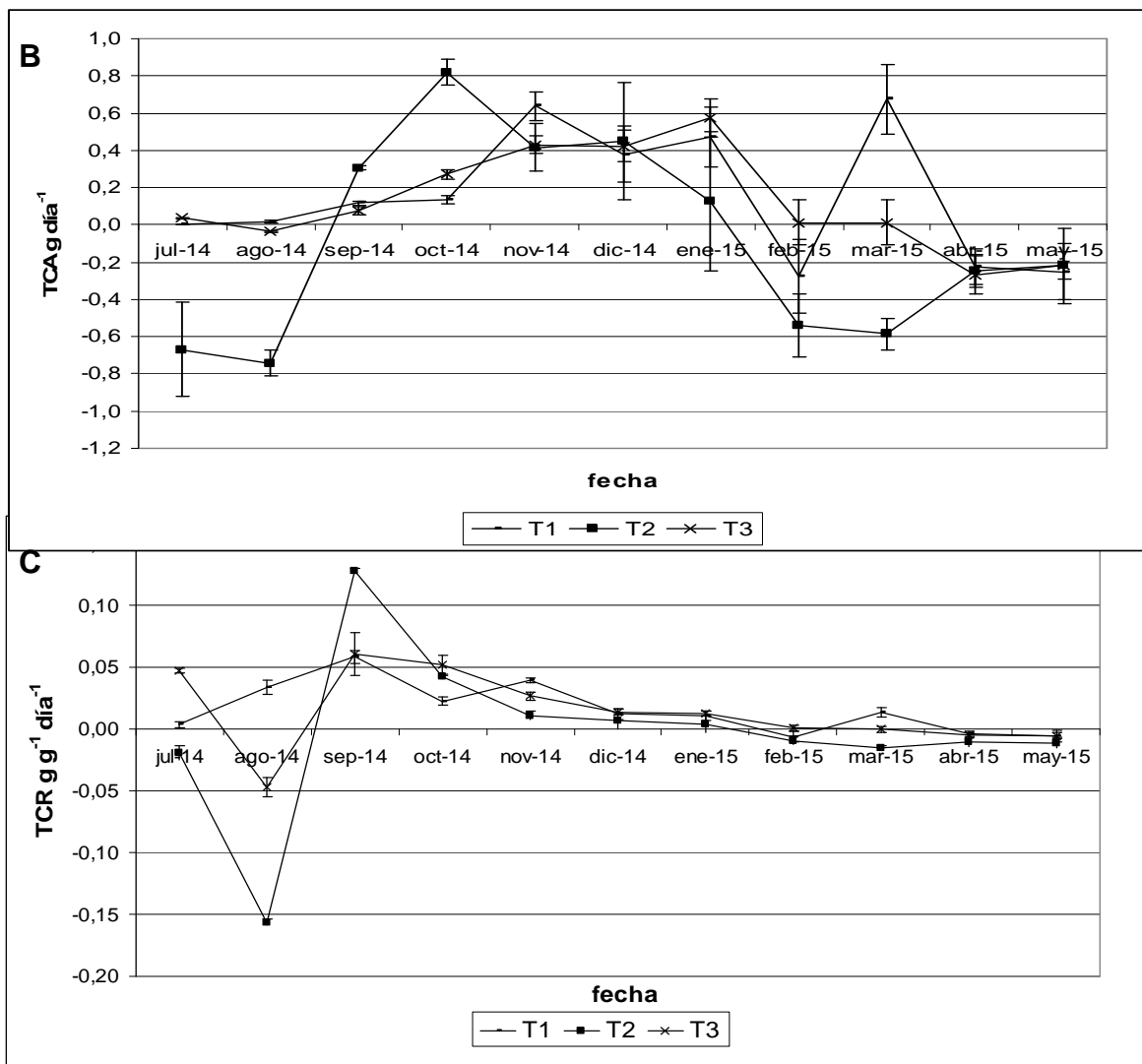


Figura 14. Evolución peso seco (A), la tasa de crecimiento absoluto (B) y la tasa de crecimiento relativo (C) de las hojas de plantas de frutilla de diferente edad de plantación. Cultivo de primer año, plantación 2009 (T1); cultivo de segundo año, plantación 2009 (T2); cultivo de primer año, plantación 2010 (T3).

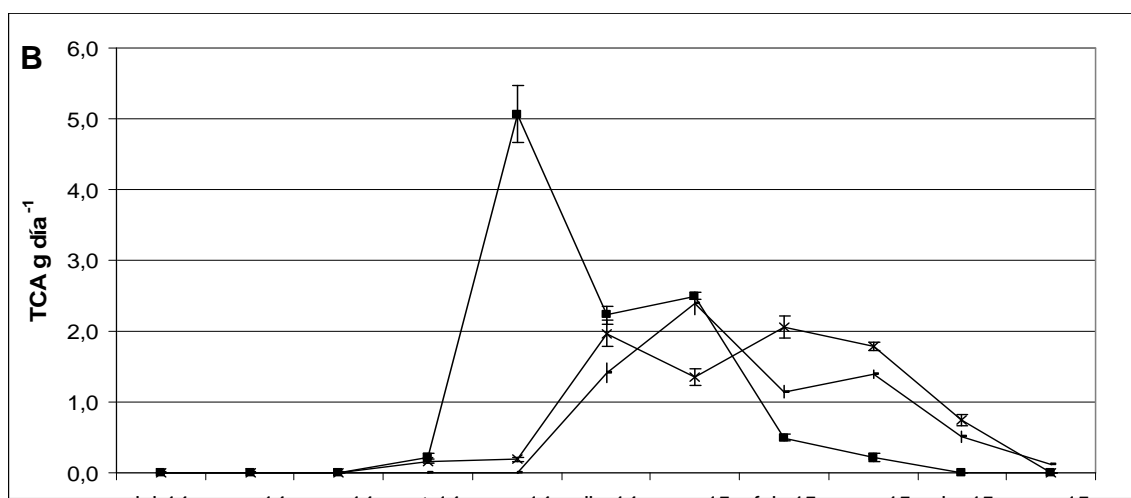
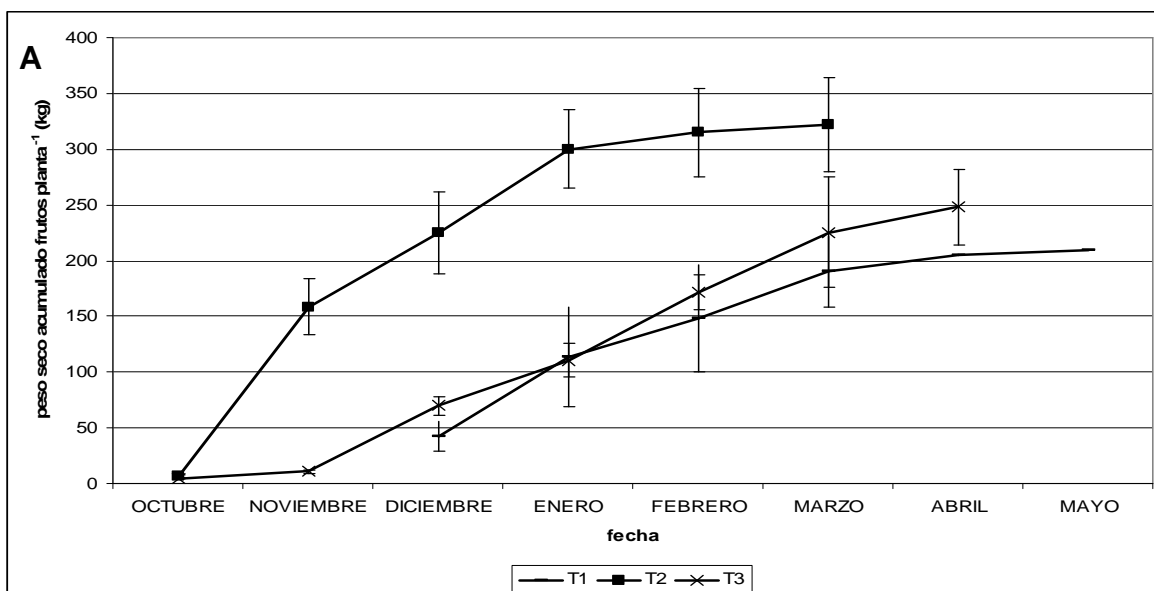
#### 4.7.4 Frutos

Las plantas de segundo año (T2) mostraron una producción más anticipada y un peso acumulado de frutos superior al de las plantas de un año, en todos los meses de producción (Figura 15 A). En cuanto a las plantas de primer año de cultivo, las de plantación 2009 (T1) comenzaron la cosecha casi dos meses más tarde que las de plantación 2010

(T3) aunque la cosecha durante ese período sólo representó en promedio 8 g de peso seco por planta. Al finalizar la estación de producción, las plantas de un año y plantación 2010 (T3) superaron en un 18% a las de un año y plantación 2009 (T1) (Figura 15 A).

La TCA de las plantas de dos años (T2) logró el valor más alto en noviembre, y al menos duplicó los valores observados durante el resto del año o por los otros tratamientos. Luego descendió casi un 50% durante diciembre y enero, para volver a descender paulatinamente hacia el otoño (Figura 15 B). En las plantas de un año, la TCA fue relativamente alta durante el período diciembre a marzo, aunque con diferencias entre ambos tratamientos. Luego, descendieron durante abril y mayo (Figura 15 B).

En cuanto a la TCR, se observaron tres momentos bien marcados con altos valores, en los meses de noviembre para las plantas de dos años (T2), en diciembre para las plantas de un año y plantación 2010 (T3) y en enero para las plantas de un año y plantación 2009 (T1). Luego de esos picos, en los tres tratamientos, los valores registrados en este parámetro para los tres tratamientos disminuyeron paulatinamente (Figura 15 C).





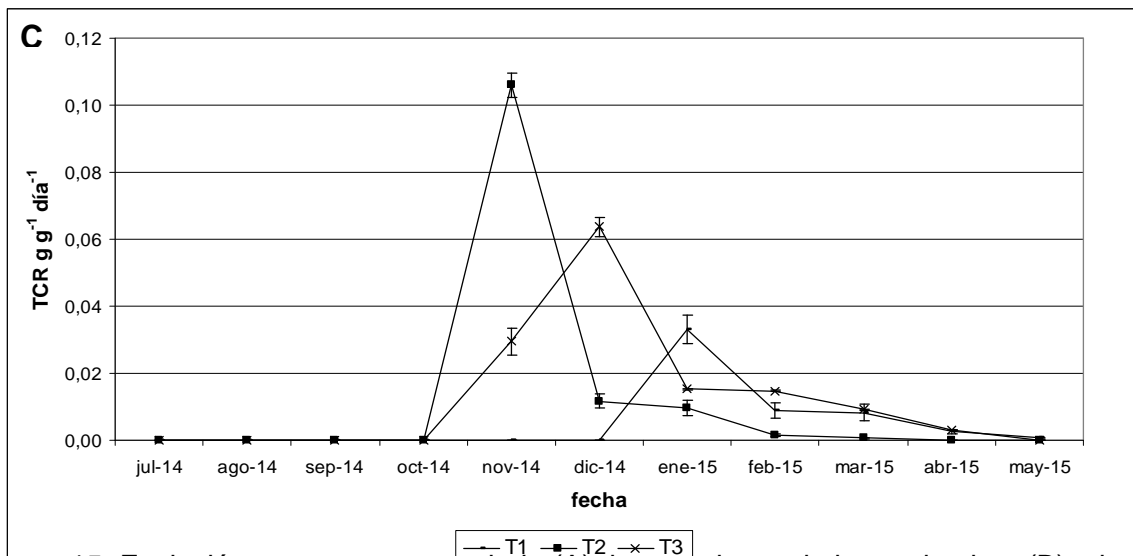


Figura 15. Evolución peso seco acumulado (A), la tasa de crecimiento absoluto (B) y la tasa de crecimiento relativo (C) de los frutos de plantas de frutilla de diferente edad de plantación. Cultivo de primer año, plantación 2009 (T1); cultivo de segundo año, plantación 2009 (T2); cultivo de primer año, plantación 2010 (T3).

#### 4.8 Rendimiento

Las plantas de segundo año (T2) mostraron una producción más anticipada en relación a las de primer año, alcanzando el valor máximo de producción en noviembre (Figura 16). Las plantas de un año (T1 y T3) alcanzaron sus picos de producción en forma más tardía, en enero y febrero respectivamente, los cuales fueron de mucha menor magnitud en comparación con las plantas de segundo año (Figura 16).

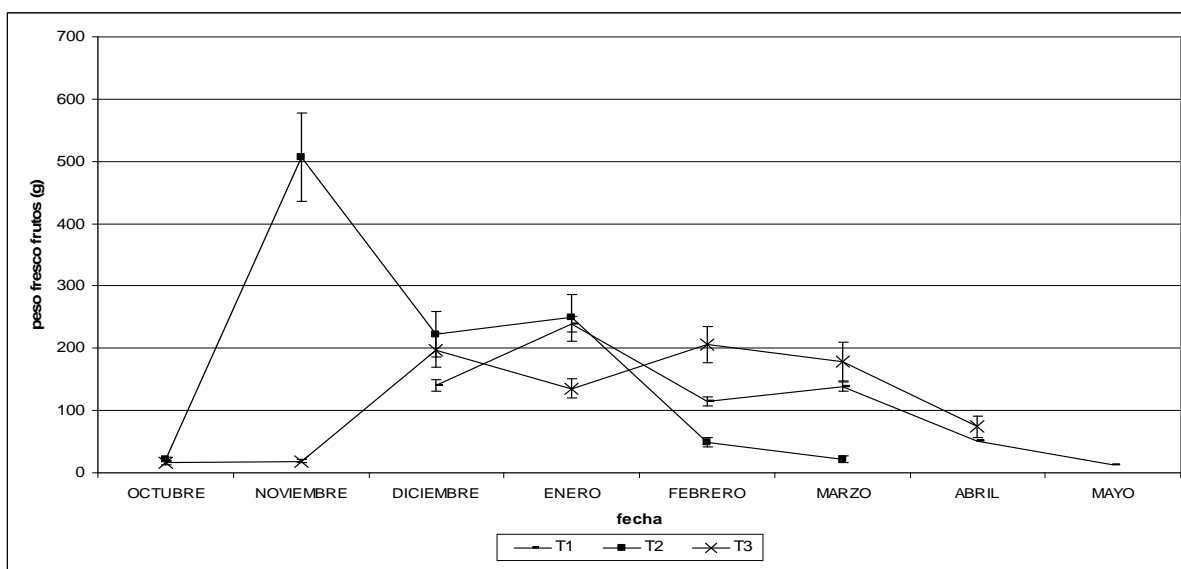


Figura 16. Evolución mensual del peso de fruta fresca total cosechada de plantas de frutilla de diferente edad de plantación. Cultivo de primer año, plantación 2009 (T1); cultivo de segundo año, plantación 2009 (T2); cultivo de primer año, plantación 2010 (T3)

El mayor rendimiento de frutos comerciales se registró en las plantas de segundo año y plantación 2009 (T2) y no se registraron diferencias significativas entre los rendimientos de las plantas de un año de cultivo (T1 y T3) (Tabla 8). El mayor peso promedio de frutos comerciales se registró en las plantas de un año y plantación 2010 (T3) con diferencias significativas con respecto a las plantas de dos años (T2), las cuales lograron un peso de frutos comerciales 25% menor que el promedio de las plantas de un año (Tabla 8). El descarte de frutos (frutos no comercializables por tamaño reducido o por síntomas de enfermedades) fue mayor en las plantas de un año y plantación 2009 (T1) y menor en las de un año pero plantación 2010 (T3) (Tabla 8).

Tabla 8: rendimiento, descarte y peso promedio de frutos. Cultivo de primer año, plantación 2009 (T1); cultivo de segundo año, plantación 2009 (T2); cultivo de primer año, plantación 2010 (T3).

TRATAMIENTO	RENDIMIENTO (kg. planta <sup>-1</sup> )	DESCARTE (%)	PESO PROMEDIO DE FRUTOS COMERCIALES (g)
T1	0.697 b	30.5 a	12.8 ab
T2	1.072 a	22.8 ab	11.1 b
T3	0.826 b	17.4 b	14.6 a

*Letras distintas en cada columna indican diferencias significativas entre medias (Tukey  $p <= 0,05$ )*

El peso promedio de los frutos de las plantas de un año y plantación 2009 (T1) fue descendiendo desde el inicio de la cosecha hasta el mes de febrero, luego de lo cual ascendió paulatinamente hasta llegar a su valor máximo en mayo (Figura 17). En las plantas de un año correspondientes a la plantación 2010 (T3), el peso promedio de los frutos fue muy alto al inicio de la cosecha en relación a los otros tratamientos, y descendió a partir de diciembre hasta marzo, para incrementarse levemente con posterioridad (Figura 17).

Las plantas de dos años de producción (T2) mostraron una evolución del peso promedio de frutos muy distinta a la de las plantas de un año, ya que mantuvieron su peso en valores más constantes a lo largo del ciclo productivo pero inferiores al peso de los frutos

de las plantas de un año (T1 y T3) hasta el mes de febrero, momento en el que las diferencias entre tratamientos se hicieron mínimas (Figura 17).

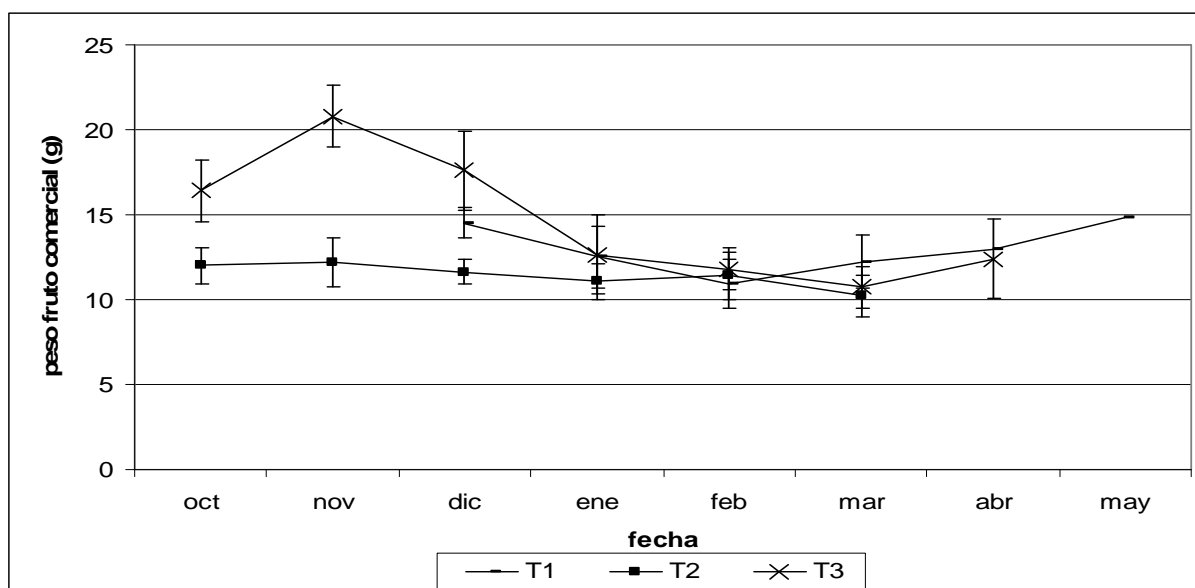


Figura 17. Evolución del peso promedio de los frutos comerciales de plantas de frutilla de diferente edad de plantación. Cultivo de primer año, plantación 2009 (T1); cultivo de segundo año, plantación 2009 (T2); cultivo de primer año, plantación 2010 (T3).

Al evaluar la relación peso frutos/peso hojas, se observó que en las plantas de dos años (T2) se registró el mayor valor aunque sin diferencias significativas con las plantas de uno año y en cuanto a la relación Peso frutos/Área foliar, tampoco hubo diferencias significativas, aunque los tratamientos T2 y T3 lograron valores mayores (Tabla N° 9).

Tabla N° 9: Relación Peso de frutos/Peso de hojas y Relación Peso frutos/Área foliar para plantas de frutilla de diferente edad de plantación. Cultivo de primer año, plantación 2009 (T1); cultivo de segundo año, plantación 2009 (T2); cultivo de primer año, plantación 2010 (T3).

TRATAMIENTOS	RELACIÓN PESO FRUTOS / PESO HOJAS (g g <sup>-1</sup> )	RELACIÓN PESO FRUTOS / AF (g cm <sup>2-1</sup> planta <sup>-1</sup> )
T1	0,35 a	0,02 a
T2	0,52 a	0,04 a
T3	0,47 a	0,04 a

*Letras distintas en cada columna indican diferencias significativas entre medias (Fisher p<= 0,05)*

Los valores máximos en la relación peso frutos/peso hojas fueron alcanzados en los meses de noviembre para las plantas de dos años (T2) y en diciembre y enero para las plantas de un año, T3 y T1 respectivamente (Figura 18)

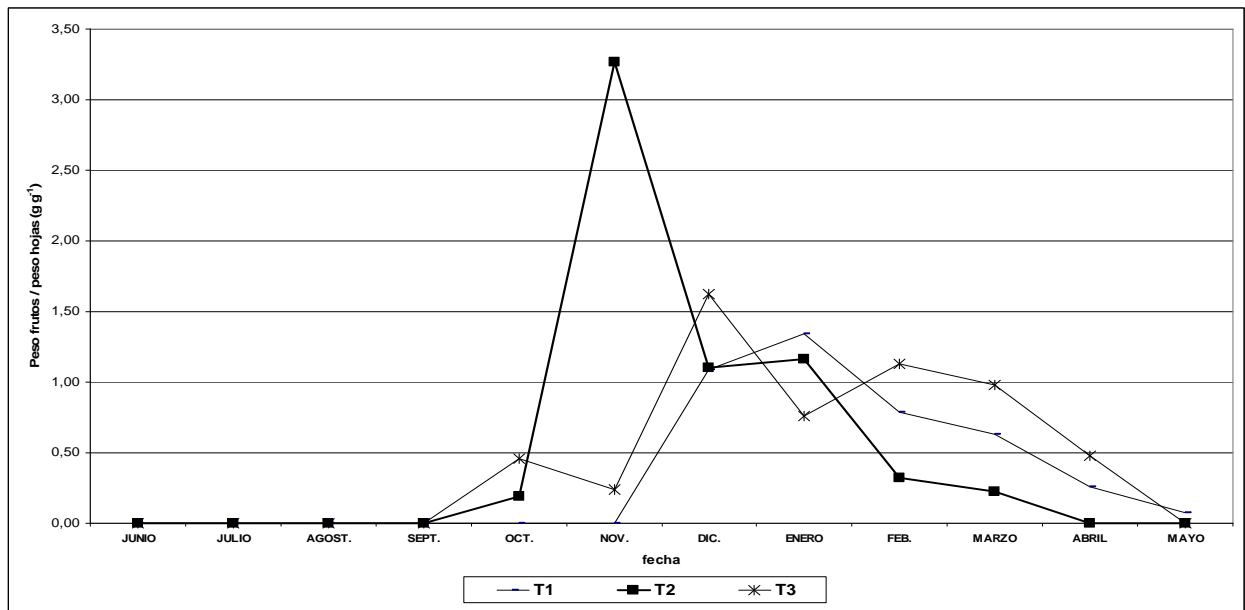


Figura 18: Evolución de la relación Peso de frutos / Peso de hojas para plantas de frutilla de diferente edad de plantación. Cultivo de primer año, plantación 2009 (T1); cultivo de segundo año, plantación 2009 (T2); cultivo de primer año, plantación 2010 (T3).

En cuanto a la evolución del descarte a lo largo de la estación de cosecha, se observó que en general éste siguió la misma tendencia que el rendimiento, elevándose los porcentajes de descarte en los meses en que se incrementó el rendimiento y reduciéndose en los meses de menor cosecha. Se destaca el alto porcentaje de descarte de T1 al final de la estación de crecimiento (febrero a mayo) (Figura 19).

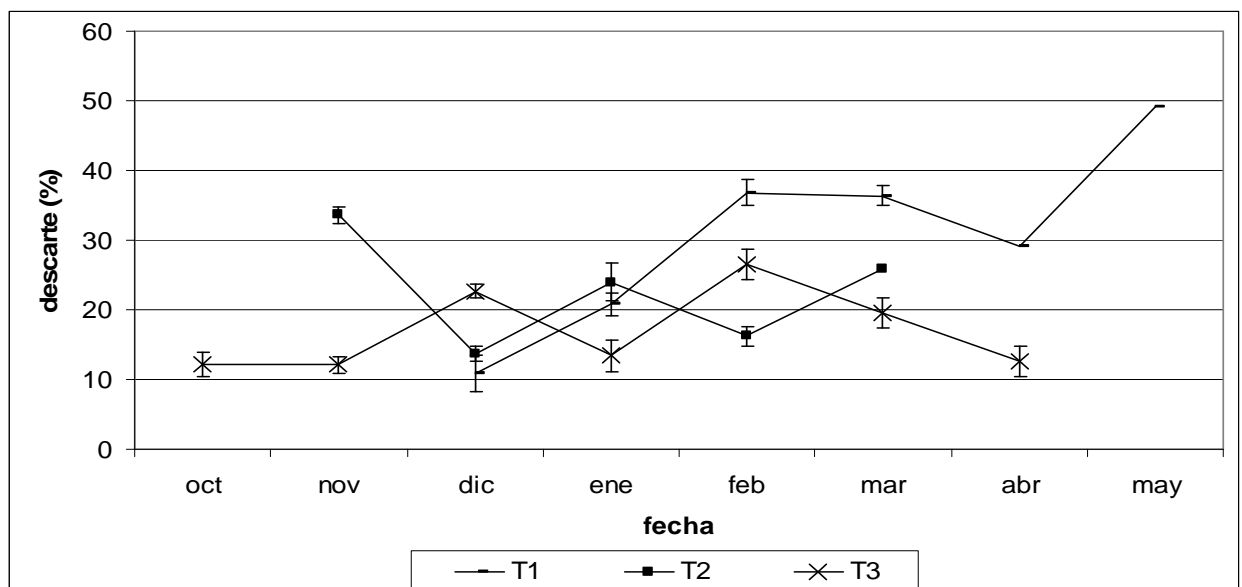
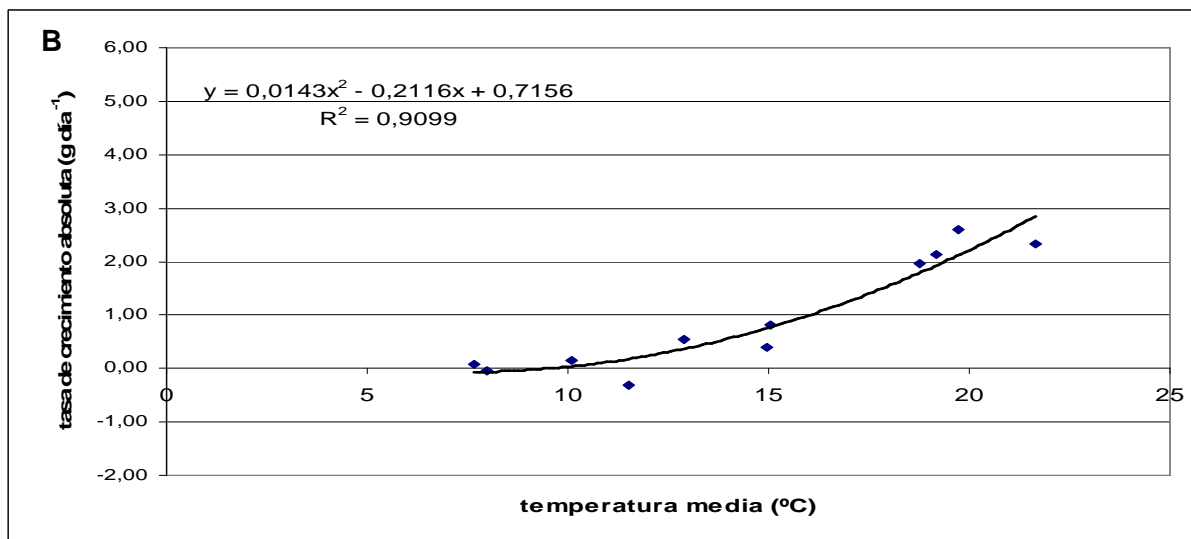
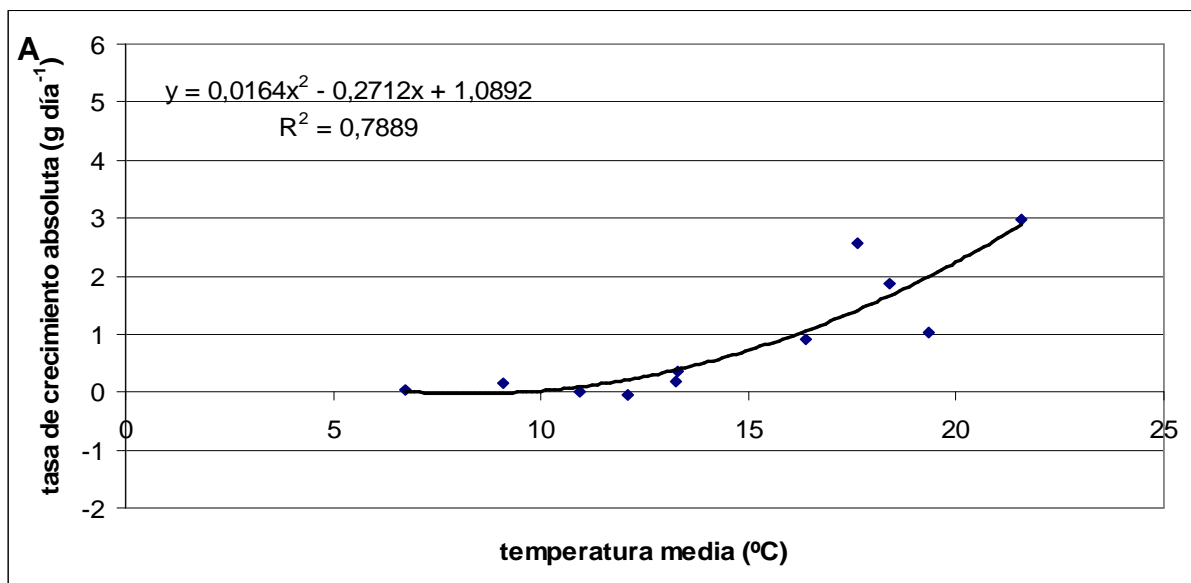


Figura 19. Evolución del descarte de frutos en plantas de frutilla de diferente edad de plantación. Cultivo de primer año, plantación 2009 (T1); cultivo de segundo año, plantación 2009 (T2); cultivo de primer año, plantación 2010 (T3).

#### 49 Determinación de la influencia de factores ambientales sobre los cambios en los parámetros de crecimiento

Para establecer la influencia de los factores ambientales sobre los parámetros de crecimiento se determinaron los coeficientes de correlación de Pearson y Spearman. Las tablas con dichos coeficientes figuran en el anexo (Tablas 28 a 30 y Figuras 1 al 9 del anexo). En las plantas de un año de cultivo, tanto las de plantación 2009 (T1) como las de plantación 2010 (T3), hubo correlaciones significativas entre la TCA y la temperatura media (Figura 20 A y B). En las plantas de dos años de plantación (T2) si bien hubo una tendencia similar a lo observado para las plantas de un año, las correlaciones no fueron significativas (Figura 20 C).



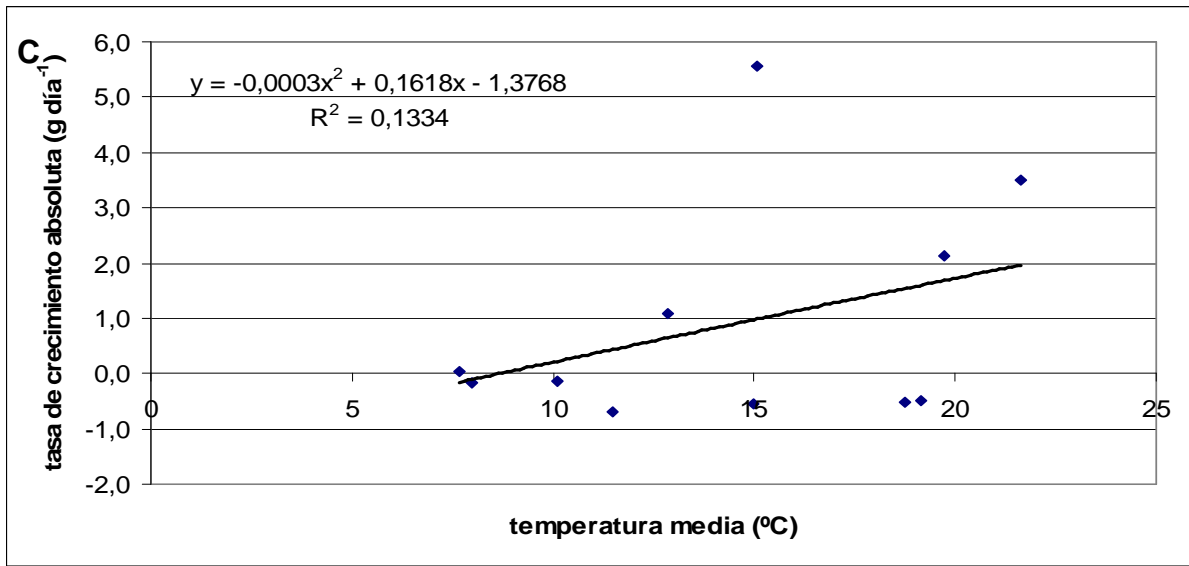
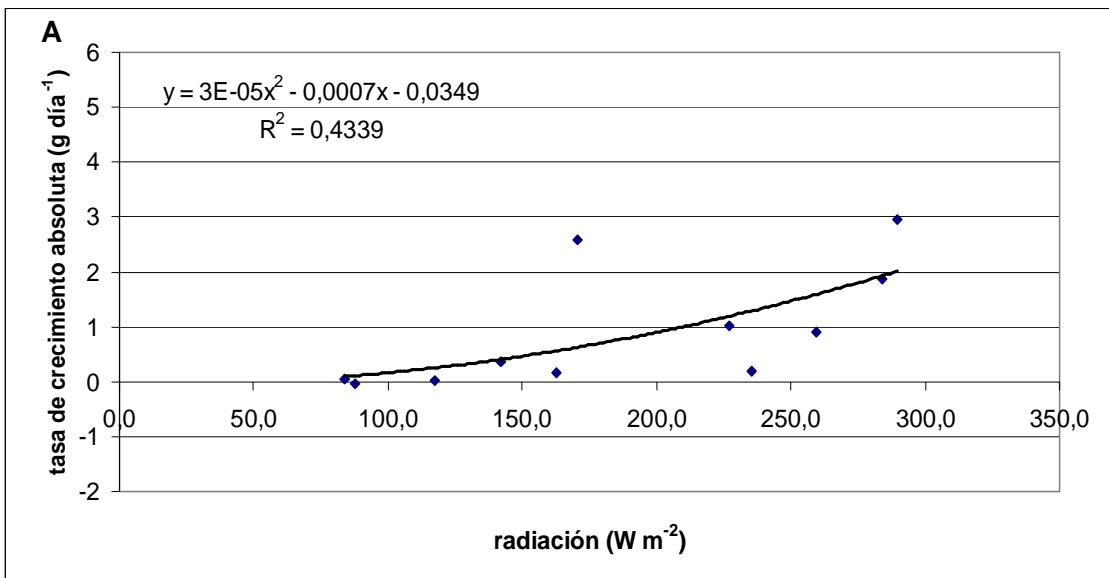


Figura 20: correlación entre la tasa de crecimiento absoluto (TCA) y la temperatura media entre muestreos para plantas de frutilla de primer año y plantación 2009 (T1) (A), plantas de primer año y plantación 2010 (T3) (B), y plantas de dos años y plantación 2009 (T2) (C).

Además, se observaron correlaciones significativas entre la TCA y la radiación, tanto en las plantas de dos años (T2) como en las de un año de cultivo (T1 y T3). Se registró un aumento del crecimiento a partir de valores de radiación superiores a 200 W m<sup>-2</sup> (Figura 21 A, B y C).



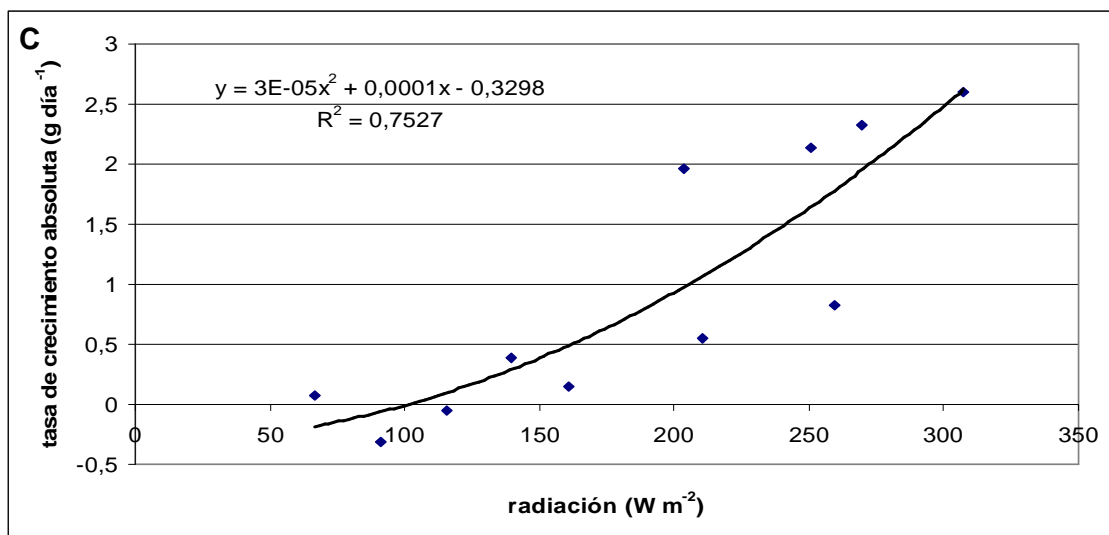
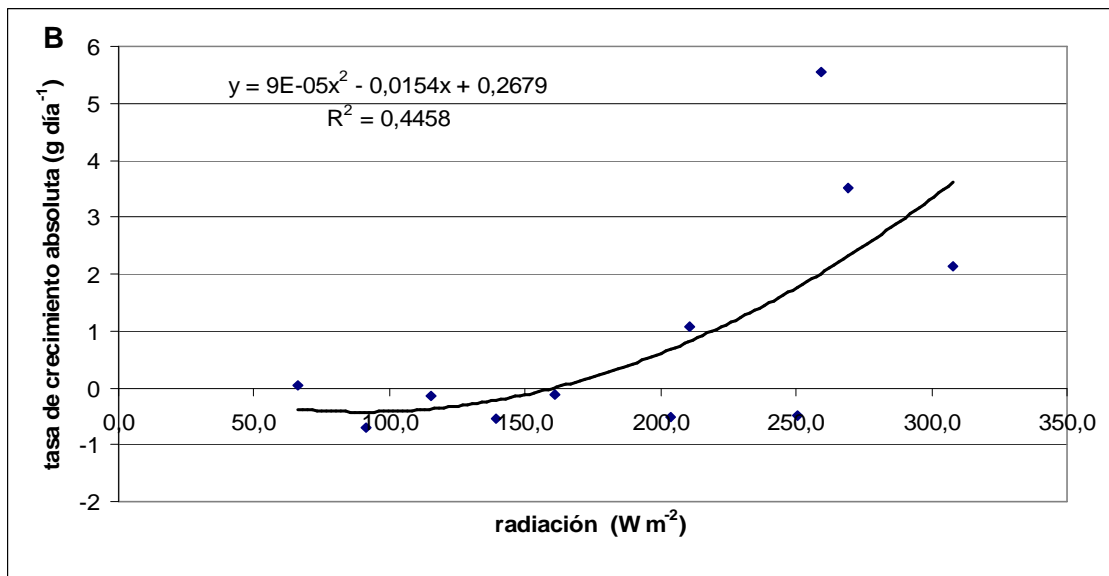
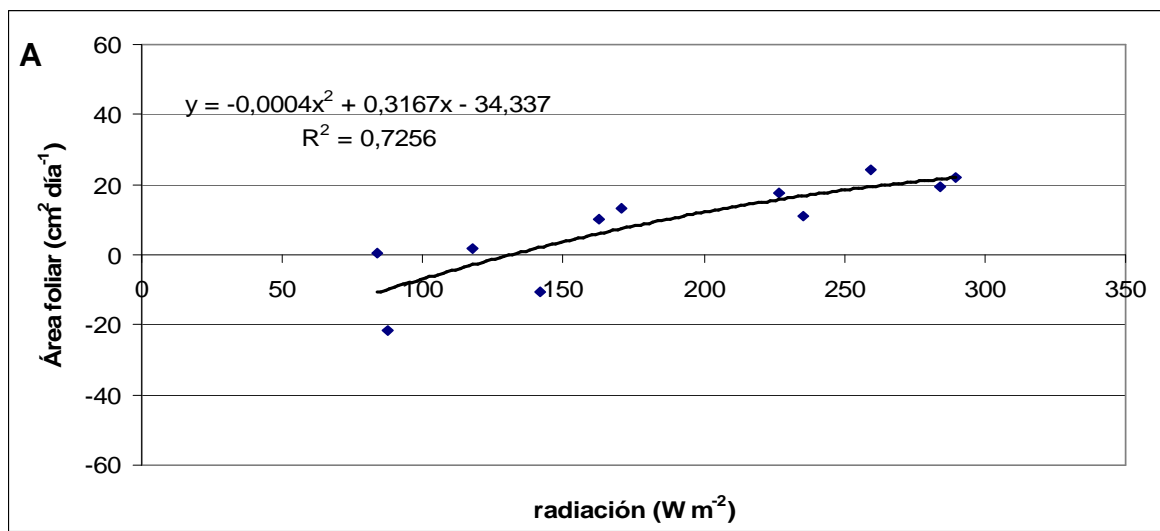


Figura 21. Correlación entre la tasa de crecimiento absoluto (TCA) y la radiación para plantas de frutilla de primer año, plantación 2009 (T1) (A); cultivo de segundo año, plantación 2009 (T2) (B); cultivo de primer año, plantación 2010 (T3) (C)

La tasa de evolución del área foliar también mostró una correlación significativa con la radiación en todos los tratamientos (Figura 22 A B y C).



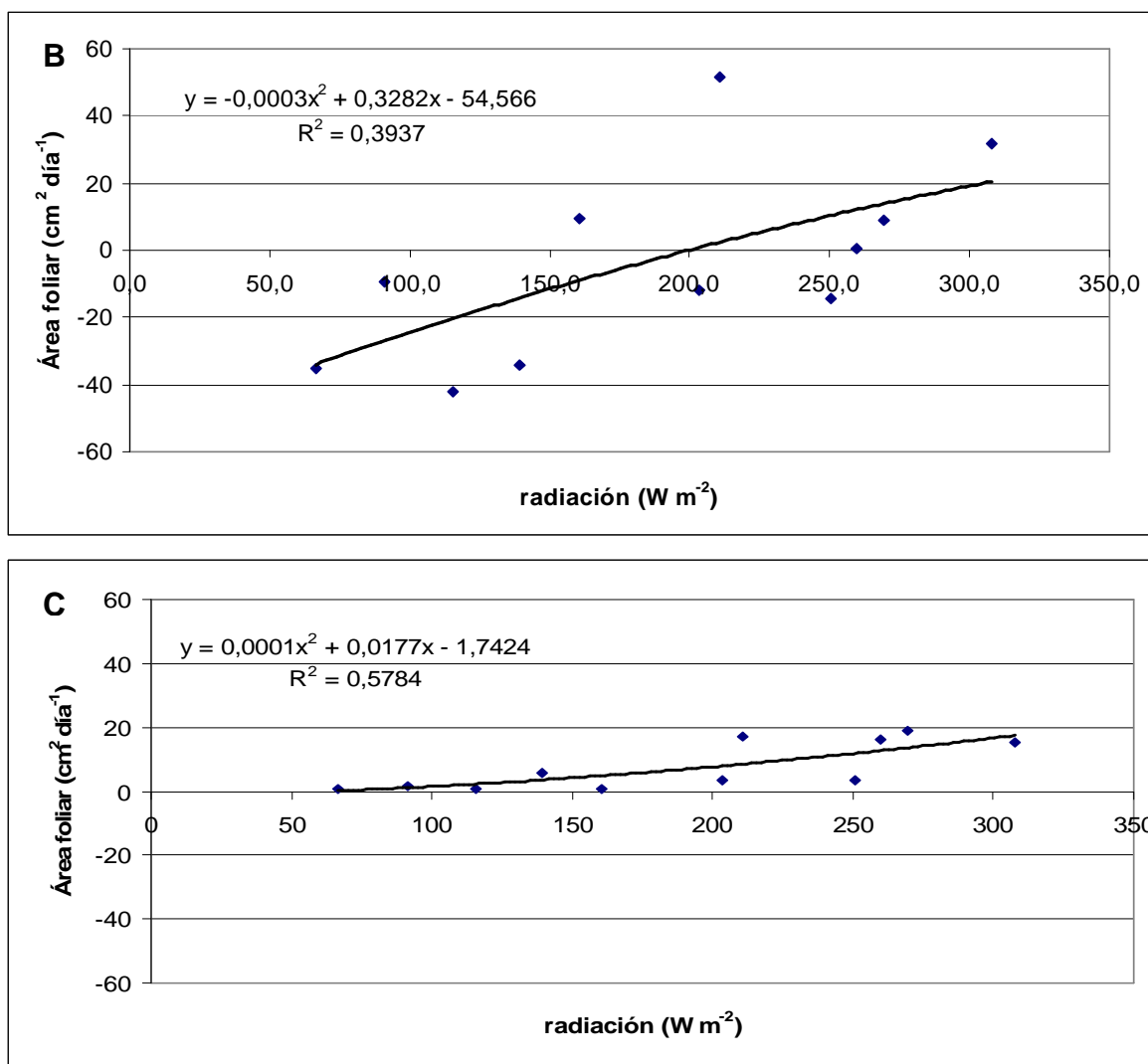
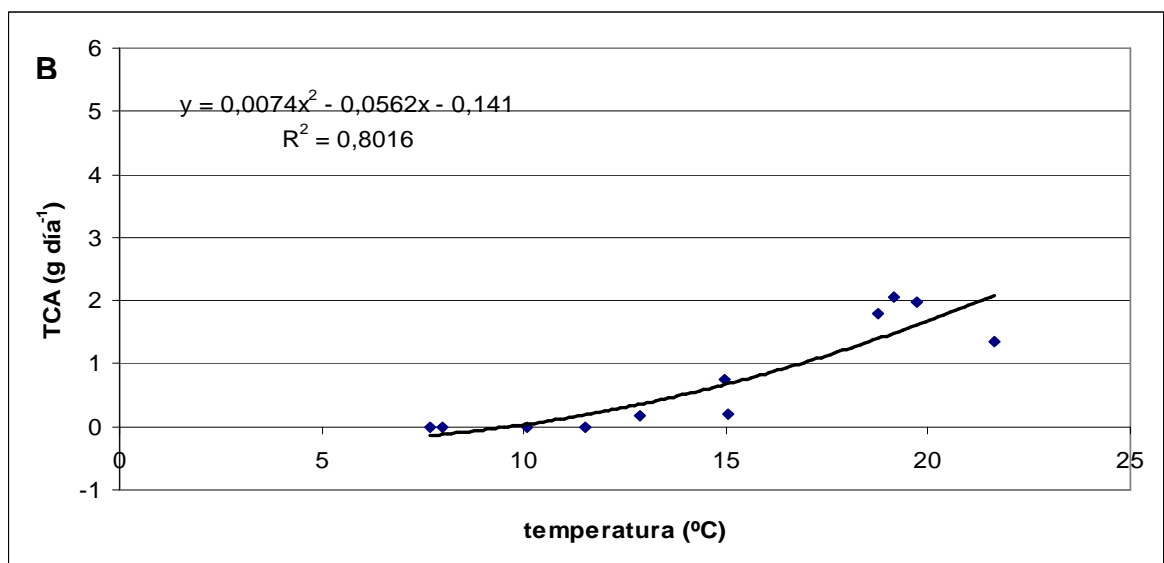
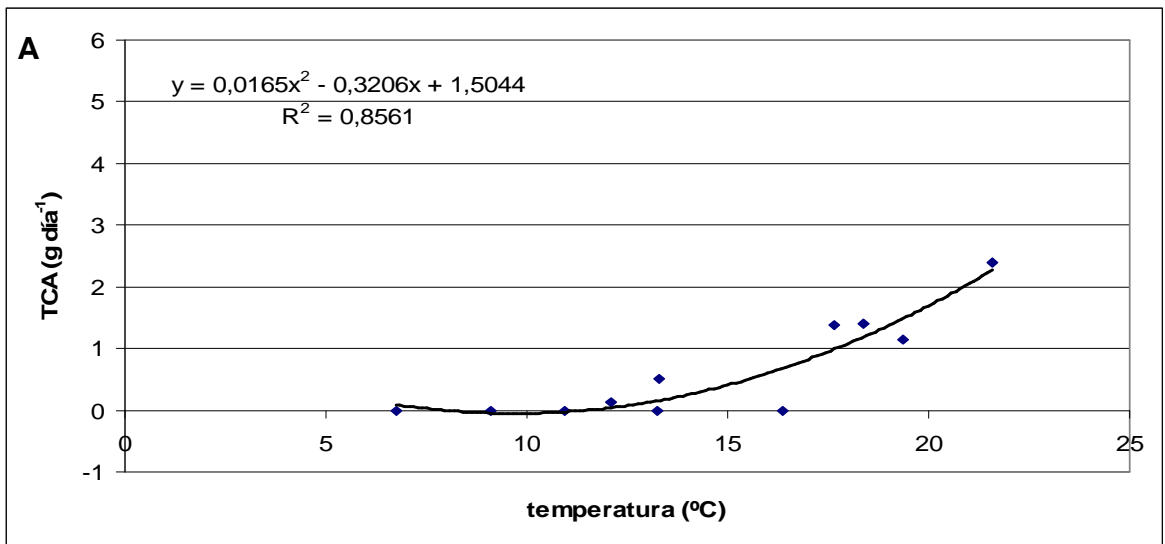


Figura 22. Correlación entre la tasa de aumento del área foliar y la radiación para plantas de frutilla de primer año, plantación 2009 (T1) (A); cultivo de segundo año, plantación 2009 (T2) (B); cultivo de primer año, plantación 2010 (T3) (C).

Al analizar las correlaciones entre los parámetros de crecimiento y las variables climáticas para cada uno de los órganos de la planta, se observó en las plantas de un año (T1 y T3) una correlación significativa y positiva entre la TCA de los frutos y la temperatura (Figuras 23 A, B y C). En general se observa una baja TCA de los frutos por debajo de los 15 °C de temperatura media en todos los tratamientos.





**C**

Figura 23. Correlación entre la tasa de crecimiento absoluto (TCA) de los frutos y la temperatura media del período entre dos observaciones para plantas de un año y plantación 2009 (T1) (A) plantas de un año y plantación 2010 (T3) (B) y plantas de dos años y plantación 2009 (T2) (C).

También se observaron correlaciones significativas entre la TCR de los frutos y las temperaturas, pero sólo en las plantas de un año (T1 y T3) (Figuras 1 y 9 del Anexo).

## **5. Discusión**

En general, las plantas de segundo año (T2) presentaron más capacidad de producción de biomasa total, mayor rendimiento y mayor precocidad. Esta diferencia en la producción de biomasa se puede atribuir a la mayor área foliar (AF) que presentaron estas plantas, fundamentalmente desde octubre a enero, de la misma manera que fue observado en experiencias previas (Jahn y Dana, 1970). Durante octubre, las plantas de segundo año presentaron un AF que al menos triplica al resto de los tratamientos, y podría explicar la gran diferencia entre la tasa de crecimiento de las plantas de segundo año respecto a las de primer año, que se observó durante el mes de noviembre. En un estudio realizado con ocho genotipos de frutilla también otorgan al AF una influencia muy importante sobre la tasa de crecimiento y permitiendo explicar las diferencias de comportamiento entre variedades, sin embargo, en ese trabajo el rendimiento por planta no sólo se correlacionó con el AF sino también con el peso seco de la corona y el peso seco de la hoja en el momento de

diferenciación del botón floral (Strik y Proctor, 1988). Al respecto, cabe aclarar que la principal diferencia observada en el presente trabajo entre las plantas de segundo año y las de primer año fue el mayor peso de raíz y de corona registrado para las plantas de segundo año, principalmente al inicio de la estación de crecimiento (junio a septiembre). Apenas iniciada la estación de crecimiento las raíces y coronas de las plantas de dos años fueron 14 y 24 veces más pesadas respectivamente que las de las plantas de un año, siendo el número de coronas en número de 10 por planta superior en relación a las plantas de un año; dos meses después (agosto) el peso de las raíces y coronas de las plantas de dos años llegó a ser 32 y 49 veces superior a las de un año, respectivamente. Esta diferencia no sólo se observó en términos absolutos sino también relativos: en las plantas de segundo año el peso seco de la corona y la raíz representó el 16% del peso total, mientras que este valor descendió al 11% y 7% en la plantas de un año. Los dos últimos valores están de acuerdo con lo informado en el norte de Italia para plantas de frutilla de un año, donde las coronas y raíces representaron un 8% del peso seco total de la planta (Tagliavini et al., 2005).

En lo que se refiere a la importancia del peso de la raíz y su relación con el rendimiento, lo mismo que ocurrió en el presente trabajo se observó en estudios anteriores realizados también en frutilla, donde al estimular el crecimiento radicular a través de diferentes tratamientos de riego y 'mulching', se logró alcanzar un mayor rendimiento (Kumar, 2010); esto se debe en parte a que las raíces principales son responsables del anclaje, pero además en ellas ocurre el almacenamiento de las reservas (Kirschbaum, 2007). En los sistemas de producción con plantines a raíz desnuda, como lo es el de la zona de estudio de esta tesis, el éxito del establecimiento de las plantas, la fructificación temprana y la alta productividad en frutilla se han correlacionado con el contenido de las reservas de hidratos de carbono de la corona y de la raíz (Bringhurst et al., 1960; Larson, 1994; Kirschbaum, 1998, 2005). También en otros cultivos como maíz, los resultados sostuvieron la hipótesis que mayores sistemas radiculares conducen a un mayor rendimiento (Qi et al., 2012) y en trigo el rendimiento mostró una estrecha relación con el crecimiento y desarrollo del sistema de raíces (Wang et al., 2014). Sin embargo, no sólo debe analizarse el peso de las raíces sino también su morfología, la que cambia según el estado de desarrollo, influyendo directamente en la capacidad de absorber nutrientes minerales, y por lo tanto afectando el crecimiento de la planta de frutilla, su biomasa, y el rendimiento (Lynch, 1995). En nuestro caso, no se analizó la morfología de las raíces de las plantas de segundo año en relación a las de primer año.

En cuanto a la importancia del tamaño de la corona sobre el crecimiento y la partición de asimilados, las coronas representan sitios potenciales de nuevas inflorescencias, por lo que normalmente hay una estrecha correlación entre el número de coronas por unidad de superficie y el rendimiento (Abbott, 1968). Esto concuerda con el presente trabajo donde las plantas de dos años lograron en promedio 10 coronas más por planta que las plantas de un

año, diferencia que en general se mantuvo durante todo el período de crecimiento. A pesar de ello, varios autores coinciden en que no siempre el número de coronas por planta contribuye en forma directa con la producción (Lacey, 1973; Webb et al., 1974; Baumann et al., 1993; Shokaeva, 2005).

En plantaciones anuales de frutilla, el rendimiento está fuertemente afectado por el momento de plantación debido a la marcada influencia de esta variable sobre el crecimiento radicular y vegetativo inicial de la planta (Chandler et al., 1991). En general, las plantaciones otoñales de frutilla presentan un rendimiento significativamente menor durante el primer año en comparación con las plantaciones de verano, ya que no tienen tiempo suficiente para alcanzar un adecuado desarrollo radicular y vegetativo antes de la llegada del invierno (Chercuitte et al., 1991). Por el contrario, las plantaciones tempranas alcanzan un adecuado desarrollo radicular durante el otoño (Scaglia et al., 1995), lo que normalmente se traduce en un mayor rendimiento anual (Maurer y Umeda, 1999; Lewis, 2003; Singh et al., 2007; Rahman et al., 2014). En Mar del Plata, el efecto de la fecha de plantación sobre el rendimiento de cultivos anuales de frutilla ya fue estudiado y es muy significativo. Las plantaciones de verano con plantines frigoconservados lograron un rendimiento final 55% superior al de las plantaciones otoñales con plantines frescos y 145% superior al de las plantadas en primavera (Adlercreutz, 2013a). Respaldando lo anterior, un ensayo en Italia concluyó que las plantaciones tempranas con el uso de plantas frigoconservadas presentaron los mayores rendimientos al primer año (Conti y Villari, 2014). Para facilitar la visualización de la influencia de la fecha de plantación sobre el desarrollo vegetativo inicial de la planta de frutilla se presentan fotografías realizadas en el mes de julio en la finca donde se llevaron a cabo las experiencias de la presente tesis (Figura 24).

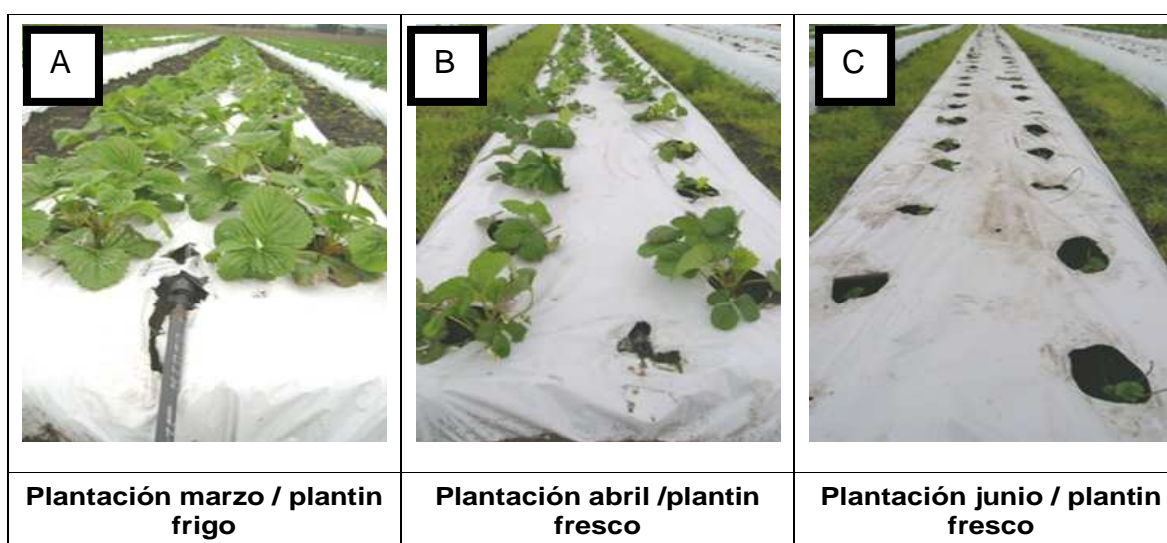


Figura 24. Desarrollo vegetativo alcanzado al mes de julio por plantas provenientes de una plantación estival y plantines “frigo” (A), plantación de otoño tempranas y plantines de “frescos” (B), y plantación de otoño tardía y plantines de “frescos” (C). (Fuente propia).

El mayor desarrollo radicular y vegetativo alcanzado por la plantación temprana sería equiparable, en el caso del presente estudio, al mayor tamaño inicial que presentaron las plantas de dos años en comparación con las de primer año. Esto está en sintonía con investigaciones realizadas con las variedades 'Camarosa' y 'Sweet Charlie' en Tucumán, donde se determinó que el tamaño inicial de la planta, basado en el diámetro de la corona y la longitud radicular, afecta el rendimiento final. Las plantas de mayor calibre produjeron de 30 a 50% más que las de menor calibre (Kirschbaum, 2000).

En síntesis, tanto las plantas provenientes de plantaciones estivales con plantas frigoconservadas como las plantas de segundo año se caracterizarían por iniciar el período productivo en primavera con un sistema radicular muy desarrollado, con un elevado peso y número de coronas por planta en comparación con las plantas de primer año de plantación otoñal. Esto les posibilita alcanzar un crecimiento inicial y un desarrollo foliar más rápido que les permite aprovechar de mejor manera las condiciones óptimas de temperatura, radiación y amplitud térmica que ocurren en la primavera, logrando finalmente una mayor producción de materia seca y un mayor rendimiento de fruta. Este efecto favorable no pudo ser compensado por las plantas de primer año de plantación otoñal a pesar de la decadencia que comenzaron a manifestar las plantas de segundo año a partir de febrero en el presente estudio. Esta producción más anticipada lograda por las plantas de dos años también fue observada para un cultivo bianual de la variedad Camarosa en Italia (Conti y Villari, 2014) y también en otras situaciones, donde sólo ocasionalmente se registraron menores rendimientos en el segundo año de cultivo (Hondelmann, 1965; Baumann et al., 1993; Shokaeva, 2005).

A pesar que en la presente tesis se observó un mayor rendimiento de las plantas de segundo año en relación a las de primer año, debe tenerse en cuenta que se inició la experiencia con una plantación otoñal. En la zona de estudio las plantas de primer año de cultivo provenientes de plantines frigoconservados y plantación estival, suelen tener parámetros de rendimiento similares a los alcanzados por las plantas del segundo año en el presente ensayo (Adlercreutz, 2010). En base a lo expuesto, el hecho que las plantas de segundo año obtuvieran mayores rendimientos que las de un año en los experimentos de la presente tesis, es consecuencia de haber comenzado el ensayo con una plantación de otoño, mientras que la situación podría ser diferente en el caso de iniciarse con una plantación de verano utilizando plantas frigo-conservadas. En este caso, los rendimientos comparativos entre plantas de primer y segundo año podrían llegar a ser variable entre años, de manera similar a lo observado por Dale y Pritts (1989), en Canadá. Estos autores han concluido que el rendimiento relativo de las plantas de diferente edad depende más de las condiciones climáticas del verano que de la edad de la plantación. Así, la ocurrencia de

veranos con temperaturas más altas de lo normal resulta perjudicial para las plantaciones de segundo año haciendo que su rendimiento decaiga (Dale y Pritts, 1989).

Cabe aclarar que si bien las plantaciones de frutilla en la zona de Mar del Plata se comportan como bianuales, una proporción variable de 20 a 40% de los lotes no tienen un adecuado comportamiento durante el segundo año, lo cual se atribuye en gran medida al estado sanitario de las plantas (Adlercreutz, 2010). En el presente estudio, las plantas de segundo año mostraron a partir de febrero una caída de la biomasa total, un marcado descenso del área foliar (AF), y valores negativos en las tasas de crecimiento absoluta (TCA), tasa de crecimiento relativa (TCR) y tasa de asimilación neta (TAN). También se manifestó una caída de los rendimientos y de los valores de la tasa de crecimiento absoluta y relativa de los frutos. A pesar de esta caída en los parámetros de crecimiento de las plantas de dos años (T2) al final del ciclo, las plantas de un año (T1 y T3) no lograron compensar la mayor producción de biomasa y de frutos que estas plantas produjeron durante la primera etapa de la estación de crecimiento. Por otro lado, no se dispone de información respecto a si existe un comportamiento diferente durante el segundo año de producción entre las plantaciones de verano provenientes de plantas frigo-conservadas y las plantaciones de otoño con plantas de fresco. Esta información permitiría establecer la mejor estrategia para planificar el manejo de los lotes de segundo año.

La decadencia de las plantas de segundo año fue atribuida a enfermedades que afectan la raíz y corona de las plantas de frutilla como la Podredumbre de la corona (*Phytophthora cactorum*), *Fusarium* spp., *Phytophthora* spp., *Rhizoctonia* spp., *Verticillium* spp. y *Pythium* spp. (Adlercreutz y Clemente, 2012) lo cual fue corroborado enviando muestras al laboratorio de fitopatología del INTA-Balcarce, donde se determinó como agente causal *Phytophthora cactorum*. La enfermedad inhibe el crecimiento y desarrollo de nuevas raíces, y las plantas mueren después de varias semanas (Sowik et al., 2000), originándose pérdidas de rendimiento que pueden alcanzar al menos el 50% bajo condiciones favorables para la enfermedad (Ellis y Grove, 1983). Esta enfermedad como las causadas por los otros patógenos mencionados, y en menor medida el control de malezas y de insectos de suelo, son la causa por la cual la desinfección de suelos es una práctica generalizada en el cultivo de frutilla en la zona de estudio (Adlercreutz y Szczesny, 2008, 2010), en otros sitios de producción del país (Adlercreutz, 2009) y del mundo (López-Aranda et al., 2013).

Los lotes sin desinfección de suelo normalmente obtienen rendimientos inferiores a los tratamientos con desinfección de suelo, para lo cual se suelen utilizar métodos físicos y químicos, entre otros (Adlercreutz, 2009). En tres años de ensayo en la zona de estudio se determinaron mermas de entre 16.000 y 6.200 kilos por hectárea en suelos sin desinfección en comparación con tratamientos químicos de diferente naturaleza (Adlercreutz y Szczesny, 2010). En un ensayo realizado al final del período productivo el porcentaje de plantas muertas o afectadas por enfermedades de raíz y corona resultó del 50% en el testigo sin

desinfección de suelo versus el 13% en promedio en el caso de los tratamientos químicos. Por otro lado, en el testigo sin desinfección de suelo se obtuvo la mayor proporción de descarte de frutos (Adlercreutz y Szczesny, 2008). Estos resultados plantean la necesidad de un adecuado control de enfermedades de raíz y corona para lograr adecuados rendimientos en las plantas de segundo año de cultivo y abren la posibilidad de futuras investigaciones, como la evaluación de su extracción y nueva plantación en suelos desinfectados, o la evaluación de nuevas prácticas agronómicas que disminuyan su incidencia.

Junto con el análisis de los parámetros de crecimiento en plantas de uno y dos años, en el presente estudio se analizó también la influencia del ambiente en los parámetros de crecimiento. Se observó que la temperatura es un factor de gran influencia el cual se correlacionó con la tasa de crecimiento absoluta (TCA) de las plantas y de los frutos, tanto para las plantas de dos años como para las de un año, aunque las correlaciones fueron significativas sólo para estas últimas. La radiación es el otro factor ambiental importante ya que está correlacionado con la tasa de crecimiento absoluta (TCA) y la tasa de incremento del área foliar. Al analizar los componentes de rendimiento y crecimiento de frutilla en Estados Unidos también se encontró que la acumulación de materia seca, el área foliar y la tasa de crecimiento relativa, se redujeron en otoño con la disminución de la temperatura, la radiación, y el largo de los días (Olsen, 1983). El hecho que la temperatura y la radiación sean factores de mucha influencia en los parámetros de crecimiento del cultivo explica el mayor crecimiento inicial de las plantaciones tempranas de verano con respecto a las plantaciones tardías de mediados a fines de otoño.

Como se mencionara precedentemente, en primavera y principalmente en el mes de noviembre, las plantas experimentaron un gran crecimiento en general, reflejado en una alta tasa de crecimiento absoluta (TCA) y relativa (TCR), y en una alta tasa de crecimiento de los frutos. Resultados similares a los del presente estudio fueron también observados por Olsen (1983), donde la tasa de crecimiento absoluta (TCA) la tasa de crecimiento relativa (TCR), y la tasa de asimilación neta (TAN) descendieron hacia el otoño con la disminución en la duración del día, la temperatura y la radiación. La presencia de los frutos normalmente aumenta la tasa de asimilación neta de la planta (Choma et al, 1982) lo cual no fue claramente observado en el presente estudio al analizar la evolución de la tasa asimilatoria neta (TAN) de los diferentes tratamientos y tampoco se observó un efecto significativo de la tasa de crecimiento de los frutos con la del resto de los órganos de la planta. Esto último se comprobó analizando las correlaciones existentes entre el TCA de los frutos con el de las hojas, raíz y corona (datos no presentados). La variación registrada en la tasa asimilatoria neta (TAN) para las plantas de dos años (T2) entre los meses de julio y agosto se debe a que estas fueron podadas, eliminándose la totalidad de sus hojas, práctica que también se realiza habitualmente en la zona de Mar del Plata (Adlercreutz, 2013b).

El mayor crecimiento y rendimiento de las plantas de dos años (T2) no estaría explicado por aspectos relacionados a la fertilidad del suelo ni con sus parámetros como materia orgánica, pH y conductividad eléctrica, ya que los momentos en que se registraron los mayores picos de producción del ensayo coincidieron con los momentos en los cuales la mayoría de los nutrientes disminuyeron o en algunos casos sólo mantuvieron sus existencias en el suelo (a excepción algunos micronutrientes) y la conductividad eléctrica y pH se encontraban en valores medio/altos para el cultivo (tablas 31 a 32 en anexo).

La producción primavera-estivo-otoñal que caracteriza a las plantas de día neutro no es uniforme presentando, en la región en que se realizó la tesis, curvas de rendimiento con altibajos. Es habitual observar ciclos de producción con al menos una disminución muy marcada de la cosecha durante el período estival, tanto en la región sudeste de Buenos Aires (Adlercreutz, 2013a), como en otras zonas de producción que utilizan variedades de día neutro como la Patagonia (Miserendino, 2013). Estos cambios de producción también se dan independientemente de los cambios estacionales (Mackenzie y Chandler, 2009), y aparentemente son consecuencia de las características del proceso de iniciación floral de la frutilla, donde la inflorescencia termina en flor principal, seguida de flores secundarias y terciarias (Wu et al., 2015). La fruta de orden primario madura primero y después lo hacen las de las flores de orden superior (secundarias y terciarias), aumentando exponencialmente la cantidad de fruta en cada orden. Al finalizar la cosecha de una inflorescencia y comenzar la de otra, la cantidad de fruta disminuye entre cuatro y ocho veces. A pesar que existe una compensación del momento de cosecha entre plantas los ciclos de producción se manifiestan claramente en los lotes experimentales y comerciales. Por otra parte, este fenómeno se hace más pronunciado en la medida que las plantas de frutilla producen un mayor número de coronas e inflorescencias durante la temporada de crecimiento (Wu et al., 2015), lo cual podría explicar el fenómeno de la manifestación de ondas de rendimiento más pronunciadas en la plantación de dos años en relación a las plantas de un año. La frecuencia de estas ondas parece estar influenciada por la temperatura a tal punto que Legard et al. (2000) observaron tres ondas de producción en una temporada con mayor temperatura, mientras que en otra temporada con menor temperatura la curva de rendimiento sólo presentó dos ondas.

Por otro lado, las elevadas temperaturas estivales que habitualmente se registran en el momento de producción podrían afectar la producción de frutos y en algunos casos provocar abortos de flores. Está comprobado que las temperaturas elevadas entre 24 a 32 °C reducen la formación de flores de frutilla (Heide, 1977; Klamkowski y Treder, 2008), e incluso con temperaturas de 30 °C las plantas no logran formar botones florales (Ito y Saito, 1962; Heide, 1977). Este efecto de la temperatura en la floración fue también estudiado en otros berries como la frambuesa, donde se observó una disminución de la floración con temperaturas superiores a 25 °C (Carew et al., 2003; Sønsteby et al., 2009). Además, las



altas temperaturas afectan el crecimiento general de la planta (Hellman y Travis, 1988). En el caso de este ensayo, entre principios de diciembre y fines de febrero ocurrieron al menos 20 días con temperaturas que superaron los 26 °C de media, y 10 días con temperaturas que superaron los 30 °C (Tabla 33 en anexo). Sin embargo en el ensayo no se observó un efecto marcado de las altas temperatura sobre el rendimiento, ya que las plantas de un año de cultivo (T1 y T3) lograron sus picos de producción en pleno período estival; la correlación entre la temperatura y la tasa de crecimiento de los frutos no mostró una declinación de su valor con la temperatura (Ver Figura 23); y si bien los ciclos de baja producción ocurrieron en períodos de altas temperaturas, la constante fue que en los tres tratamientos estos ciclos ocurrieron luego de picos de alta producción. Por lo tanto, la disminución del crecimiento en verano estarían más explicadas por el fenómeno de las ondas de producción consecuencia del proceso de iniciación floral de la frutilla (Wu et al., 2015) que por las altas temperaturas estivales.

Con respecto al tamaño de los frutos y la temperatura, se comprobó en el presente trabajo el efecto de las temperaturas sobre el tamaño de los frutos ya que se observó una baja tasa de crecimiento de los frutos para todos los tratamientos por debajo de los 15 °C de temperatura media. Con respecto a las altas temperaturas está documentado en numerosas publicaciones que el peso y tamaño de los frutos se reduce (Nestby y Takeda, 2015; Wang y Camp, 2000) lo cual se debe a un acortamiento del período de crecimiento del fruto y a una reducción de su tasa de crecimiento (Gariglio, 1995). Este efecto fue corroborado en el presente estudio ya que las plantas de un año (T1 y T3) registraron los valores más bajos en el peso de sus frutos durante el período estival. En cambio, este efecto de reducción estival en el peso de los frutos en las plantas de dos años de cultivo (T2) se observó a partir de febrero y estaría más asociado a la incidencia de la podredumbre de la Corona (*Phytophthora cactorum*) que a un efecto de la temperatura.

También es de destacar que el tamaño de los frutos de las plantas de dos años fue más constante en el tiempo, aunque más bajo, en comparación con las plantas de primer año. Estos resultados coinciden con otros obtenidos en Italia (Conti y Villari, 2014). Una de las explicaciones de lo anterior sería que a medida que la planta envejece, aumenta la relación destino:fuente (peso de frutos:peso de hojas) y los fotosintatos no alcanzan para sustentar el crecimiento de un mayor número de frutos (Kirschbaum, comunicación personal). Con respecto a esta relación Peso frutos/peso hojas, las plantas de dos años (T2) lograron los mayores valores en este parámetro pero sin registrarse diferencias significativas entre las plantas de uno o dos años; aunque la excesiva carga de frutos en T2 al inicio de la estación de crecimiento (Figura 18), podría explicar en gran parte el menor tamaño de los frutos de T2 en la primera parte de la estación de crecimiento.

Los resultados de la presente tesis evidencian las ventajas técnicas de un cultivo bianual de frutilla. La planta de segundo año presenta características morfológicas y

fisiológicas que le permiten aprovechar de una manera más eficiente los recursos ambientales (radiación y temperatura) de la región de Mar del Plata, mostrando un gran potencial de rendimiento. La principal desventaja de estas plantas fue su decaimiento a partir de febrero, atribuido a cuestiones sanitarias. Los parámetros obtenidos permitirán planificar nuevas estrategias de manejo del cultivo de modo de mejorar su cultivo bianual en la zona de Mar del Plata.

## **6. Conclusiones**

- Las plantas de segundo año alcanzaron una mayor producción de biomasa total, un adelantamiento de acumulación de materia seca y una mayor partición de asimilados hacia los frutos comparadas con las plantas de primer año, siendo más amplia la diferencia entre estas dos plantas al inicio de la estación de crecimiento.
- Las principales diferencias observadas entre las plantas de primero y segundo año fueron el tamaño de la raíz y la corona, el número de coronas por planta y la producción de frutos, atribuyéndose esto último a la mayor precocidad de las plantas de segundo año, que no logró ser compensada posteriormente por las plantas de primer año.
- La tasa de crecimiento del cultivo y la tasa de crecimiento de los frutos se correlacionaron significativamente con la temperatura media del ambiente especialmente en las plantas de primer año de cultivo. Por debajo de los 15 °C la tasa de crecimiento de los frutos fue muy baja en todos los tratamientos y las altas temperaturas disminuyeron la tasa de crecimiento de los frutos de las plantas de un año (T1 y T3).

- La tasa de evolución del índice de área foliar estuvo más correlacionada con la radiación recibida.
- El menor tamaño de los frutos de las plantas de dos años en comparación con las de primer año puede ser explicado por la mayor relación destino fuente de las primeras, principalmente en el primer período de la estación de crecimiento las variaciones de la producción observadas durante el período productivo primavera-estivo-otoño de las plantas de día neutro en la zona de estudio parecen estar más relacionados con factores endógenos que a la influencia de la temperatura.
- La implementación de medidas de manejo agronómico que tiendan a aumentar el tamaño de frutos, mejorar el estado sanitario en el segundo año de producción y a lograr una curva de cosecha más estable y sin altibajos, tendrían un gran impacto productivo y económico en la región.

## **Bibliografía:**

- Abbott, A.J. 1968. Growth of the strawberry plant in relation to nitrogen and phosphorus nutrition. *Scientia Horticulturae*, 43, 491-504.
- Adlercreutz, E. 2007. El cultivo de Frutilla. *Rev Visión Rural*, 69, 48-50.
- Adlercreutz, E. 2008. Análisis económico del cultivo de frutilla en el Cinturón Hortícola de Mar del Plata. *Rev. Visión Rural*, 73, 38-39.
- Adlercreutz, E. 2009. Alternativas Químicas al Bromuro de Metilo. Publicaciones Tierra Sana-INTA. 116 p.
- Adlercreutz, E. 2010. Manual del cultivo de frutilla en el sudeste Bonaerense. Hoja Técnica INTA.
- Adlercreutz, E. 2011. Frutillas Bonaerenses. *Revista Súper Campo*, 198, 45-47.
- Adlercreutz, E. 2012. Evaluación de variedades de frutilla de día neutro en el Cinturón Hortícola de Mar del Plata 2011/2012. Hoja Técnica INTA.
- Adlercreutz, E. 2013a. Producción e ingreso bruto de frutilla según fecha de plantación Hoja técnica INTA.
- Adlercreutz, E. 2013b. Poda invernal de la frutilla. Hoja Técnica INTA.
- Adlercreutz, E.; Clemente G. 2012. Prevalencia de Enfermedades de frutilla en el Cinturón Hortícola de Mar del Plata. Hoja Técnica INTA.
- Adlercreutz, E.; Szczesny, A. 2008. Tratamientos de suelo alternativos al bromuro de metilo en el cultivo de frutilla (*Fragaria x ananassa* Duch.) realizadas por el Proyecto Tierra

Sana en el Cinturón Hortícola de Mar del Plata. Libro de resúmenes del XXXI Congreso Argentino de Horticultura en Mar del Plata - Buenos Aires, p. 411.

- Adlercreutz, E.; Szczesny, A. 2010. Evaluación de tratamientos alternativos al Bromuro de metilo realizados en el mismo período productivo en el cultivo de frutilla (*Fragaria x ananassa* Duch.) por el Proyecto Tierra Sana en el Cinturón Hortícola de Mar del Plata. Libro de resúmenes del XXXIII Congreso Argentino de Horticultura en Rosario - Santa Fe, HSV022, p. 400.
- Adlercreutz, E.; Szczesny, A. 2014. Descripción de la producción en el Cinturón Hortícola de Mar del Plata. Hoja técnica INTA Mar del Plata.
- Ariza, M.; Soria, C.; Medina, J.; Martínez-Ferri, E. 2011. Fruit misshapen in strawberry cultivars (*Fragaria x ananassa*) is related to achenes functionality. *Annals of Applied Biology*, 158, 130-138.
- Baumann, T.; Eaton, G.; Spaner, D. 1993. Yield components of day-neutral and short-day strawberry varieties on raised beds in British Columbia. *Scientia Horticulturae*, 28, 891-894.
- Bringhurst, R.S.; Voth, V.; van Hook, D. 1960. Relationship of root starch content and chilling history to performance of California strawberries. *Journal Proceedings. American Society for Horticultural Science*, 75, 373-381.
- Carew, J. G. Mahmood, K. Darby, J. Hadley, P. Battey, N. H. 2003. The effect of temperature, photosynthetic photon flux density, and photoperiod on the vegetative growth and flowering of Autumn Bliss' strawberry. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 128, 291-296.
- Chandler, C.K.; Albregts, E.E.; Howard, C.M. 1991. Planting date affects early season strawberry production in west central Florida. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society*, 104, 227-228.
- Chercuitte, L.; Sullivan, J.A.; Desjardins, Y.D.; Bedard, R. 1991. Yield potential and vegetative growth of summer-planted strawberry. *Scientia Horticulturae*, 116, 930-936.
- Choma, M. E., J. L. Garner, R. P. Marini and J. A. Barden. 1982. Effects of fruiting on net photosynthesis and dark respiration of 'Hecker' strawberries. *Scientia Horticulturae* 17:212-213.
- Connor, L. J. 1972. Components of strawberry pollination. Ph.D. Thesis. Michigan State University, East Lansing, Michigan, 84 p.
- Conti, S.; Villari, G. 2014. Effects of organic vs. conventional farming system on yield and quality of strawberry grown as an annual or biennial crop in southern Italy, *Scientia Horticulturae*, 180, 63-71.
- Dale, A.; Pritts, M. 1989. Dayneutral Strawberries. Link Ministry of Agriculture, food an rural affaire, Ontario Canadá. <http://www.omafra.gov.on.ca/english/crops/facts/89-099.htm>.
- Darnell, R.L.; Hancock, J.F. 1996. Balancing vegetative and reproductive growth in strawberry. In: *Proceedings of the IV North American Strawberry Conference*. Pritts, M.V.; Chandler, C.K.; Crocker, T.E. (Eds.). Horticultural Science Departament, University of Florida. Gainesville, FL. Pp. 144-150.
- De Oliveira, D.; Pion, S.; Paradis, R.O. 1983. Entomogamie et production du fraisier "Redcoat", *Fragaria x ananassa* Duch., au Québec. *Bulletin Societe Entomologique de France*, 88, 356-359.
- Durner, E.F.; Poling, E.B. 1987. Flower bud induction, initiation, differentiation, and development in the 'Earliglow' strawberry. *Scientia Horticulturae*, 31, 61-69.
- Durner, E.F.; Poling, E.B. 1988. Strawberry developmental responses to photoperiod and temperature: A review. *Adv. Strawberry Production*, 7, 6-14.
- Ellis, M.; Grove, G. 1983. Leather rot in Ohio strawberries. *Plant Dis.*, 67 549.

- FAO. 2015. FAOSTAT Agricultural Statistics Database. Disponible en: <http://faostat.fao.org>.
- Gariglio, N. 1995. Frutilla. En: Cultivos Bajo Invernaderos. Pilatti, R.A. (Ed.). Centro de Publicaciones, Universidad Nacional del Litoral y Editorial Hemisferio Sur S.A. Pp. 99-119.
- Gülen, H.; Çetinkaya, C.; Kadioglu, M.; Kesici, M.; Cansev, A. Eris, A. 2008. Peroxidase activity and lipid peroxidation in strawberry (*Fragaria X ananassa*) plants under low temperature. *Journal Biology Environmental Science* 2(6)95-100.
- Hancock, J.F. 2008. Temperate Fruit Crop Breeding (chapter Strawberry). Department of Horticulture, Michigan State University. P 393-437
- Heide, O.M. 1977. Photoperiod and temperature interactions in growth and flowering of strawberry. *Physiologia Plantarum*, 40, 21-26.
- Hellman, E.; Travis, J. 1988. Growth inhibition of strawberry at high temperatures. *Advances in Strawberry Production*, 7, 36-38.
- Hondelmann, W. 1965. Untersuchungen zur Ertragszu"chtung bei der Gartenerdbeere (*Fragaria ananassa* Duch.). *Pflanzenzu"chtung*, 54, 46-60.
- Hortynski, J.A.; Zebrowska, J. 1991. The effect of different air temperatures on in vitro pollen germination of selected strawberry cultivars (*Fragaria x ananassa*). *Folia Horticulturae*, III:107-113.
- Hunt, R. 1981. Plant growth analysis. En: *Studies in Biology* N° 96. Arnold, E. (Ed.). The institute of biology's. London, UK. Pp 67
- Ito, H.; Saito, T. 1962. Studies on the flower formation in the strawberry plant I. Effects of temperature on flower formation. *Tohoku Journal Agriculture Research.*, 13, 191-203.
- Jahn, O. L., and Dana, M. N. 1970. Growth relationships in the strawberry plant. *Journal Proceedings. American Society for Horticultural Science*, 6:745-749.
- Kirschbaum, D.S. 1998. Temperature and growth regulator effects on growth and development of strawberry. Master of Science Thesis. University of Florida.
- Kirschbaum, D. S. 2000. Significativo efecto del tamaño inicial de la planta sobre el rendimiento. *Horizonte Agroalimentario (INTA)* 1: 8-9.
- Kirschbaum, D. S. 2005. Assessing the relationships of chilling exposure, nonstructural carbohydrate content and foliar nitrogen applications with strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.) Transplant vigor and fruiting patterns in winter production systems. Tesis de doctorado. University of Davis, California. 258 p.
- Kirschbaum, D. S. 2007. Material de estudio del Curso de Postgrado sobre Producción de Frutilla. Maestría en Horticultura, Universidad Nacional de Cuyo-Mendoza. Pp 12.
- Kirschbaum, D. S. 2012. 2º Jornadas de producción de frutilla, Mar del Plata. Charla técnica.
- Kirschbaum, D.S, Larson, K.D., Weinbaum S.A., DeJong, T.M. 2010. Relationships of carbohydrate and nitrogen content with strawberry transplant vigor and fruiting pattern in annual production systems. *The Americas Journal of Plant Science and Biotechnology* 4: 98-103.
- Klamkowski, K.; Treder, W. 2008. Response to drought stress of three strawberry cultivars grown under greenhouse conditions. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research*, 16, 179-188.
- Kronenberg, H.G.; Wassenaar, L.M.; Van de Lindeloo, C.P.J. 1976. Effect of temperature on dormancy in strawberry. *Scientia Horticulturae*, 4, 361-366.
- Kumar, S. 2010. Effects of different mulches and irrigation methods on root growth, nutrient uptake, water-use efficiency and yield of strawberry. *Scientia Horticulturae*, 127(3), 318-324.

- Lacey, C. 1973. Phenotypic correlations between vegetative characters and yield components in strawberry. *Euphytica*, 22, 546-554.
- Lang, G.A. 1996. *Plant Dormancy: Physiology, Biochemistry and Molecular Biology*, CAB International, Wallingford, UK. 416 p.
- Larson, K.D. 1994. Strawberry In: *Handbook of environmental physiology of fruit crops*. Schaffer, B.; Andersen, P. (Eds.). CRC Press, Boca Raton, Florida. Pp. 271-297.
- Legard, D. Xiao, C. Mertely, J. Chandler, C. 2000. Effects of plant spacing and cultivar on incidence of Botrytis fruit rot in annual strawberry. *Plant Disease*, 84 (2000), pp. 531–538
- Lewis, J.C. 2003. A modified “plasticulture” system for strawberries in Nova Scoti. In: Childers, N.F. (Ed.). *The Strawberry, A Book for Growers, Others*. Childers Publications, Gainesville, FL, USA. Pp. 53–62.
- López-Aranda, J.M.; Miranda, L.; Domínguez, P.; Soria, C.; Medina-Mínguez, J.J. 2013. Panorama mundial de la producción de frutilla. XXXVI Congreso Argentino de Horticultura de la Asociación Argentina de Horticultura (ASAHO).
- Lynch, J. 1995. Root architecture and plant productivity. *Physiologia Plantarum*, 109, 7-13.
- MacKenzie, S. J. Chandler, C. K. 2009. A method to predict weekly strawberry fruit yields from extended season production systems. *Agronomy Journal*, 101 (2009), pp. 278–287
- Matos Pires, R.; Folegatti, M.; Passos, F.; Arruda, F.; Sakai, E. 2006 - Vegetative growth and yield of strawberry under irrigation and soil mulches for different cultivation environments *Scientia Horticulturae*, 63(5).
- Maurer, M.A.; Umeda, K. 1999. Influence of Cultivar and Planting Date on Strawberry Growth and Development in the Low Desert. The University of Arizona Campus Repository. Vegetable Report 1999. AZ1143; Series P-118.
- Miserendino, E. 2013. Situación actual y perspectivas de la producción de frutilla en la Patagonia. XXXVI Congreso Nacional de Horticultura Tucumán 2013. Conferencia.
- Mitidieri, A. 2004. El cultivo de la frutilla: una alternativa de exportación. *Revista InfoBerry*, 2, 33-36.
- Nestby, R. Takeda, F. 2015. Method to reduce low temperature stress (LTS) in red raspberry (*Rubus idaeus* L.) *Journal of Berry Research*, 5 (2015), pp. 219–230
- Nishizawa, T.; Shishido, Y. 1998. Changes in sugar and starch concentrations of forced June-bearing strawberry plants as influenced by fruiting. *Journal American Society for Horticultural Science*, 123, 52-55.
- Nishizawa, T. Shishido, Y. Kudo M. Kumakura H. Hamamoto, H. 1997. Petiole length, chlorophyll and carbohydrate levels, and photosynthetic rates of June-bearing strawberry plants as influenced by red-light irradiation during storage under cool conditions. *Scientia Horticulturae* 7225-33.
- Orsini, F.; Alnayef, M.; Bona, S.; Maggio, A.; Gianquinto, G. 2012. Low stomatal density and reduced transpiration facilitate strawberry adaptation to salinity. *Environmental and Experimental Botany*, 81, 1-10.
- Olsen, J. F. 1983. Yield component and growth analysis of strawberries. Master of Science thesis. University of Oregon. 75 p.
- Qi, W.; Liu, H.; Liu, P.; Zhao, S.; So, B.; Li, H.; Liu, G. 2012. Morphological and physiological characteristics of corn (*Zea mays* L.) roots from cultivars with different yield potentials *European Journal of Agronomy*, 38, 54–63.
- Rahman, M.; Hossain, M.; Khaliq, Q.; Moniruzzaman, M. 2014. Effect of planting time and genotypes growth, yield and quality of strawberry (*Fragaria ananassa* Duch.) *Scientia Horticulturae*, 167, 56-62.

- Robert, F.; Risser, G.; Pétel, G. 1999. Photoperiod and temperature effect on growth of strawberry plant (*Fragaria x ananassa* Duch.): development of a morphological test to assess the dormancy induction. *Scientia Horticulturae*, 82(3-4), 217-226.
- Scaglia, E.; Taborda, T. 2003. Frutilla: historia y evolución tecnológica en la zona de Coronda. Publicaciones INTA. 2 p.
- Scaglia, E.; Kirschbaum, D.; Martínez Novillo, J.; Rodríguez, J.; Mintzer, R. 1995. Manual de Producción de Hortalizas en Invernáculo. Módulo 4: Frutilla. INTA-PROCADIS. Buenos Aires. 106 p.
- Shaw, D.V. 1998. Strawberry plant named `Aromas` US PP10451 P. United States Patent (<http://patft.uspto.gov>).
- Shokaeva, D. 2005. The influence of plant development peculiarities and environmental conditions on fruiting and yield height of differing short-day strawberry genotypes. *Fruit Science*, 222, 117-123.
- Shokaeva, D. 2008. Relationships between yield components in first cropping year and average yield of short-day strawberries over two main seasons. *Scientia Horticulturae*, 118(1), 14-19.
- Singh, R.; Sharma, R.R.; Goyal, R.K. 2007. Interactive effects of planting time and mulching on 'Chandler' strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.). *Scientia Horticulturae*, 111, 344-351.
- Sowik, I.; Bielenin, A.; Michalczuk, L. 2000. In vitro testing of strawberry resistance to *Verticillium dahliae* and *Phytophthora cactorum*. *Scientia Horticulturae*, 88, 31-40.
- Sonsteby, A.; Heide, O. M. 2009: Effects of photoperiod and temperature on growth and flowering of the annual (primocane) fruiting raspberry (*Rubus idaeus* L.) cv. 'Polka'. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 84, 439-446.
- Strik, B.; Proctor, J. 1988. The importance of growth during flower bud differentiation to maximizing yield in strawberry genotypes. *Fruit Varieties. Journal*, 42, 45-48.
- Tagliavini, M.; Baldi, E.; Lucchi, P.; Antonelli, M.; Sorrenti, G.; Baruzzi, G.; Faedi, W. 2005. Dynamics of nutrients uptake by strawberry plants (*Fragaria x Ananassa* Dutch.) grown in soil and soilless culture. *European Journal of Agronomy*, 23(1), 15-25.
- Wang, S.; Camp, M. 1999. Temperatures after bloom affect plant growth and fruit quality of strawberry. *Scientia Horticulturae*, 85(3), 183-199.
- Wang, S.; Camp, M. 2000. Temperatures after bloom affect plant growth and fruit quality of strawberry. *Scientia Horticulturae*, 85, 183-199.
- Wang, W.; Liu, D.; Lu, M. 2014. Effects of different irrigation and nitrogen regimes on root growth and its correlation with above-ground plant parts in high-yielding wheat under field conditions. *Field Crops Research*, 165, 138-149.
- Webb, R.; Purves, J.; White, B.; Ellis, R. 1974. A critical path analysis of fruit production in strawberry. *Scientia Horticulturae*, 2, 175-184.
- Wu, F. Guan, Z. Whitaker, V. 2015. Optimizing yield distribution under biological and economic constraints: Florida strawberries as a model for perishable commodities. *Agricultural Systems*, Volume 141, Pages 113-120