

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DE LA TECNOLOGÍA DE PRODUCCIÓN DE  
FRUTILLA (*FRAGARIA X ANANASSA* DUCH.) EN LA ZONA DE SALTO Y SU  
EFECTO SOBRE LOS RESULTADOS FÍSICOS Y ECONÓMICOS**

**por**

**Franco Gabriel BORDENAVE CAVANNA**

**TESIS presentada como uno de  
los requisitos para obtener el  
título de Ingeniero Agrónomo**

**MONTEVIDEO  
URUGUAY  
2013**

Tesis aprobada por:

Director: -----

Ing. Agr. PhD. Esteban Vicente

-----

Ing. Agr. PhD. Santiago Dogliotti

-----

Ing. Agr. Carlos Barros

Fecha: 7 de febrero de 2013

Autor: -----

Franco Gabriel Bordenave Cavanna

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a mí familia por el apoyo brindado en mí carrera y por la colaboración en el presente trabajo.

A los Ingenieros Agrónomos Esteban Vicente, Carlos Barros, Santiago Dogliotti y Alejandro Klisich.

A los colaboradores de la Cátedra de Horticultura de la Estación Experimental Facultad de Agronomía Salto. A los productores por permitir realizar este trabajo en su predio.

A todos aquellos que de una forma u otra colaboraron en la obtención y presentación del presente trabajo.

## TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....	VIII
1. <u>INTRODUCCIÓN</u> .....	1
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u> .....	7
2.1 INTRODUCCIÓN.....	7
2.2 DESCRIPCIÓN BOTÁNICA.....	7
2.3 FORMACIÓN DEL RENDIMIENTO.....	10
2.4 FACTORES AMBIENTALES QUE INCIDEN EN EL RENDIMIENTO.....	11
2.4.1 <u>Desarrollo y crecimiento vegetativo</u> .....	12
2.4.1.1 Temperatura.....	12
2.4.1.2 Radiación incidente.....	14
2.4.2 <u>Desarrollo reproductivo</u> .....	15
2.4.2.1 Floración.....	15
2.4.2.2 Cuajado de frutos.....	17
2.4.2.3 Crecimiento y desarrollo del fruto.....	17
2.4.2.4 Maduración del fruto.....	18
2.5 FACTORES AGRONÓMICOS QUE INCIDEN EN EL RENDIMIENTO.....	19
2.5.1 <u>Material de plantación, vivero</u> .....	19
2.5.2 <u>Fecha de plantación</u> .....	20

2.5.3	<u>Materiales genéticos</u> .....	24
2.5.4	<u>Sistema de protección o forzado de cultivo</u> .....	27
2.5.5	<u>Densidad de plantación</u> .....	31
2.5.6	<u>Propiedades físicas y preparación del suelo</u> .....	31
2.5.7	<u>Nutrición mineral</u> .....	32
2.5.8	<u>Irrigación</u> .....	36
2.6	FACTORES DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN QUE INCIDEN EN EL RENDIMIENTO.....	37
2.7	COMPONENTES DEL RENDIMIENTO.....	38
2.7.1	<u>Número de frutos</u> .....	38
2.7.2	<u>Tamaño promedio de frutos</u> .....	40
2.8	ENFOQUE METODOLOGICO.....	41
2.8.1	<u>Método Diagnóstico Agronómico</u> <u>Regional (RAD)</u> .....	43
3.	<u>MATERIALES Y MÉTODOS</u> .....	44
3.1	IDENTIFICACIÓN DE LA VARIABILIDAD DE LOS SISTEMAS PRODUCTIVOS Y AMBIENTALES EN EL ÁREA DE ESTUDIO.....	44
3.2	SELECCIÓN DE LA MUESTRA.....	44
3.3	DEFINICIÓN DE LAS VARIABLES A RELEVAR.....	45
3.3.1	<u>Variables agroclimáticas</u> .....	46
3.3.2	<u>Variables referidas a las características del</u> <u>sistema de producción a nivel predial</u> .....	46
3.3.3	<u>Variables del sistema de manejo del</u> <u>cultivo y tecnologías empleadas</u> .....	46
3.3.4	<u>Variables edáficas</u> .....	47
3.3.5	<u>Variables referidas directamente al cultivo</u> .....	48

3.4 ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	50
4. <u>RESULTADOS</u> .....	52
4.1 COMPONENTES AMBIENTALES DE LA TEMPORADA EN ESTUDIO.....	52
4.2 RESULTADOS PRODUCTIVOS .....	52
4.3 FACTORES DE PRODUCCIÓN ANALIZADOS.....	54
4.4 RENDIMIENTO COMERCIAL EN TONELADAS POR HECTÁREA.....	55
4.5 NÚMERO DE FRUTA COMERCIAL POR HECTÁREA.....	58
4.6 PESO PROMEDIO DE FRUTOS COMERCIALES.....	61
4.7 RENDIMIENTO DE FRUTA TOTAL.....	64
4.8 BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN..	67
4.9 BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS DE MANEJO.....	68
4.9.1 <u>Vivero</u> .....	68
4.9.2 <u>Fertilización</u> .....	68
4.9.3 <u>Manejo del suelo</u> .....	69
4.9.4 <u>Manejo fitosanitario</u> .....	70
5. <u>DISCUSIÓN</u> .....	71
6. <u>CONCLUSIONES</u> .....	76
7. <u>RESUMEN</u> .....	78
8. <u>SUMMARY</u> .....	79

9. <u>BIBLIOGRAFÍA</u> .....	80
10. <u>ANEXOS</u> .....	87

## LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

<b>Cuadro No.</b>	<b>Página</b>
1. Evolución del número de productores, superficie plantada y rendimiento para la zona noroeste del país.....	4
2. Variables en cada sitio muestreado.....	50
3. Rendimiento comercial en toneladas por hectárea y gramos por planta precoz y semiprecoz en la zafra 2011.....	53
4. Resultados de producción promedio de las diferentes variedades para los dos periodos.....	54
5. Valores de probabilidad obtenidos en el análisis de varianza según rendimiento comercial.....	55
6. Ranking de viveros según rendimiento comercial.....	56
7. Ranking de trasplante según rendimiento comercial.....	56
8. Ranking de suelo según rendimiento comercial.....	57
9. Resumen del análisis de varianza del modelo mixto para rendimiento comercial.....	57
10. Valores de probabilidad obtenidos en el análisis de varianza para número de frutos.....	58
11. Ranking de variedad según numero de frutos en el periodo semiprecoz.....	59
12. Ranking de vivero según número de frutos.....	59
13. Ranking de trasplante según número de frutos.....	60
14. Resumen del análisis de varianza del modelo mixto para número de frutos.....	60
15. Valores máximos, mínimos y media para peso de los frutos comerciales.....	61
16. Valores de probabilidad obtenidos en el análisis de varianza para peso de frutos.....	61



17. Ranking de variedad según peso de frutos en gramos en el periodo semiprecoz.....	62
18. Ranking de vivero según peso de frutos en gramos en el periodo semiprecoz.....	62
19. Ranking de suelo según peso de frutos en gramos en el periodo semiprecoz.....	62
20. Ranking de trasplante según peso de frutos en gramos en el periodo semiprecoz.....	63
21. Resumen del análisis de varianza de un modelo mixto para peso de los frutos.....	63
22. Valores de probabilidad obtenidos en el análisis de varianza para rendimiento de fruta total.....	64
23. Ranking de vivero según rendimiento total.....	65
24. Ranking de trasplante según rendimiento total.....	65
25. Ranking de suelo según rendimiento total precoz.....	66
26. Resumen del análisis de varianza del modelo mixto para rendimiento total.....	66
27. Descripción de los sistemas de producción para la zafra 2011.....	67
28. Aporte de nutrientes totales.....	69
29. Manejo de suelo.....	70

**Figura No.**

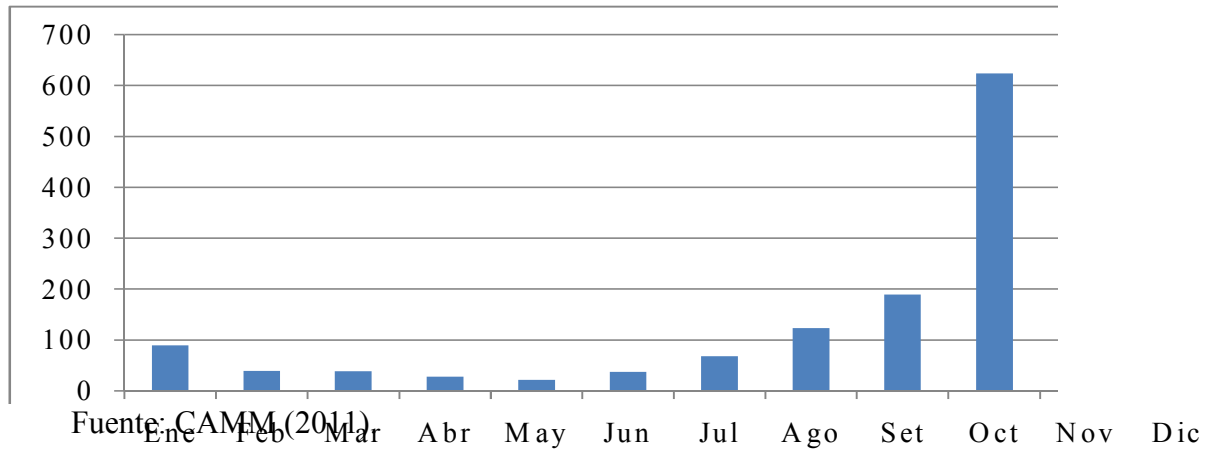
1. Ingreso promedio mensuales de frutilla al Mercado Modelo en toneladas...	2
2. Ingreso en toneladas al Mercado Modelo por año para el periodo 2003-2010 y promedio para dicho periodo.....	2
3. Evolución de precios por kg de frutilla a lo largo del año.....	5
4. Modelo Cualitativo de la formación del rendimiento de un cultivo anual.....	10
5. Factores de producción y sus diferentes niveles.....	54

## 1. INTRODUCCIÓN

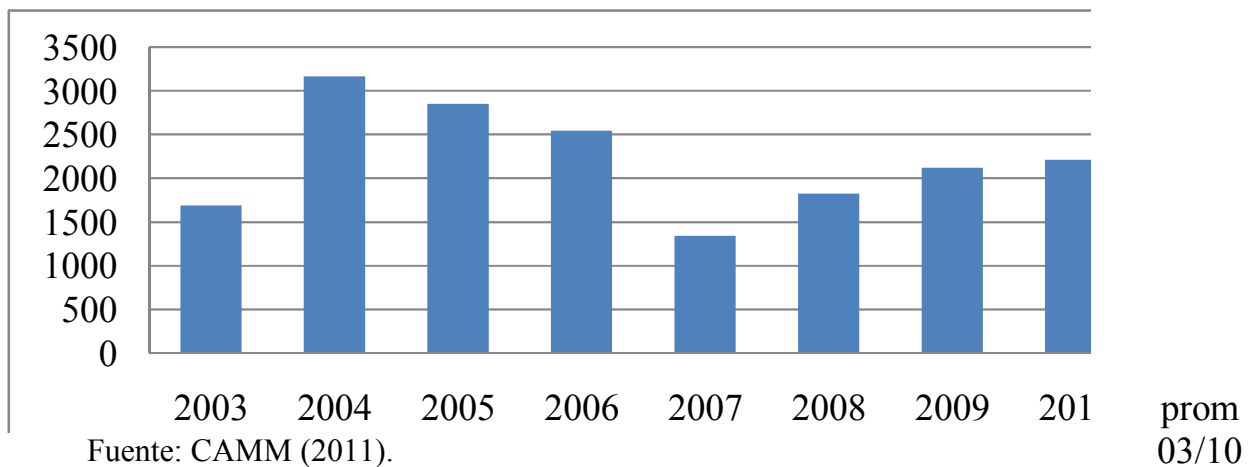
La frutilla es considerada como cultivo hortícola o frutal, dependiendo el país. Según FAO, el país con mayor producción es Estados Unidos con 1.292.780 toneladas, seguido por Turquía 299.940 ton., España 275.300 ton., Egipto 238.432 ton., República de Corea 231.803 ton. y México 226.657 ton. (FAO, 2010).

El cultivo de frutilla en Uruguay se realiza en las dos principales zonas hortícolas, en el noroeste del país; Salto y Bella Unión y en la zona sur, principalmente en los departamentos de Canelones y San José. De acuerdo a los datos obtenidos por la Encuesta hortícola (URUGUAY. MGAP. DIEA, 2010) la superficie sembrada es de 130 ha. correspondiente a 235 productores. El cultivo se destaca por su alta demanda de mano de obra en el periodo de cosecha, entre 8 a 10 personas por ha.

La producción es destinada principalmente a mercado interno, la mayor oferta va desde junio hasta diciembre-enero, mientras que se reduce en los meses de verano y otoño, como se observa en la figura 1. El principal mercado que recepciona la producción es el Mercado Modelo (Montevideo), para el periodo 2003-2010 el ingreso promedio fue de unas 2000 toneladas por temporada, observándose en la figura 2 el ingreso anual para tal periodo (CAMM, 2011).



**Figura 1:** Ingreso promedio mensuales de frutilla al Mercado Modelo en toneladas.



**Figura 2:** Ingreso en toneladas al Mercado Modelo por año para el periodo 2003-2010 y promedio para dicho periodo.

El sistema de producción en la zona sur se caracteriza por realizar cultivos a campo principalmente, existiendo también cultivos protegidos, dirigido a la oferta de fruta desde la primavera hasta principios del verano. Se utilizan cultivares de día neutro y de día corto y la obtención del material vegetal es a través de la importación de plantas frigo, procedentes del hemisferio norte o plantas frescas de Chile y Argentina.

Según datos de la Encuesta hortícola (URUGUAY. MGAP. DIEA, 2010) en la zona sur la superficie de cultivo es de 70 ha de las cuales 65 son a campo y 5 bajo sistema protegido.

La zona noroeste se caracteriza por realizar cultivos protegidos en túneles bajos y macrotúneles, utilizar variedades precoces de día corto de origen nacional principalmente y extranjero. Los plantines son obtenidos de viveros realizados por los propios productores o por multiplicadores locales, en maceta (raíz cubierta).

Con la combinación de las técnicas antes mencionadas se busca maximizar la producción de fruta precoz (junio-setiembre) y de alta calidad (color, firmeza, sabor, tamaño etc.). La cosecha comienza en junio hasta diciembre, logrando con esto una oferta a lo largo de siete meses.

La zona noroeste fue donde históricamente se desarrolló este cultivo. A principios de la década de los 90` estuvo en su auge comprendido por 100 hectáreas y 112 productores (Núñez y Leal, citados por Vicente et al., 2007a). En éste momento la frutilla estaba asociada a predios familiares y principalmente se ubicaba en suelos de textura liviana, característicos de la zona.

A fines del siglo pasado el cultivo sufrió un descenso en la superficie, rendimientos y número de productores. Esto, principalmente debido a la tecnología utilizada. Los problemas principales se asociaron a la mortandad de plantas después de instalado el cultivo (40-80%) causado por hongos de corona, y los trasplantes tempranos con plantas a raíz desnuda. También, la incidencia de otras enfermedades que afectaban a la fruta influyó en el decaimiento del cultivo. Como consecuencia de esto y con el objetivo de levantar estas restricciones se plantean propuestas técnicas impulsadas por distintos ámbitos, como INIA, FAGRO, JUNAGRA, asesores privados y productores. A partir de 2001 INIA Salto Grande impulsa el uso de un conjunto de tecnologías

enfocadas principalmente a la obtención de plantines de buena calidad genética, sanitaria (libre de enfermedades de corona y menor susceptibilidad a enfermedades de follaje y fruta) y fisiológica vinculadas a la propagación principalmente, utilizando cultivares nacionales.

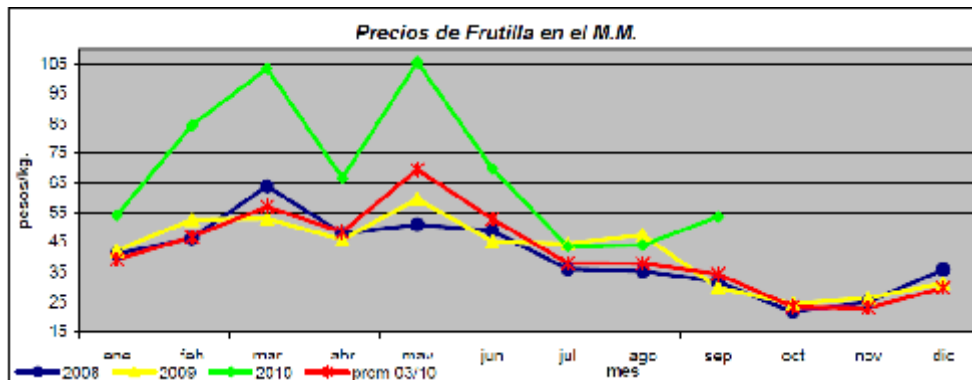
La evolución del número de productores, en los últimos diez años, para la zona noroeste llegó a su mínimo en el año 2004 llegando a 63 productores y 30 ha. En los siguientes años aumenta el número de productores y el área hasta llegar en el 2010 a 133 y 60, respectivamente (Cuadro 1).

**Cuadro No. 1:** Evolución del número de productores, superficie plantada y rendimiento para la zona noroeste del país.

	2001	2002- 2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Productores (No)	118	96	63	71	144	124	143	161	133
Superficie (ha)	40	45	30	40	36	42	47	54	60
Rendimiento (Mg.ha <sup>-1</sup> )	27	22	29	37	46	35	38	37	40

Fuente: Encuesta hortícola (URUGUAY. MGAP. DIEA, 2010)

Los precios altos que se obtienen normalmente en el mercado en el periodo marzo-agosto (Figura 1), hacen que los productores focalicen la producción para dicho período. Luego de este periodo los rendimientos son más elevados y comienza la producción en la zona sur, repercutiendo directamente en la disminución de los precios, y obligando a buscar alternativas a la producción como la industria o el mercado regional.



Fuente: CAMM (2011).

**Figura 3:** Evolución de precios por kg. de frutilla a lo largo del año.

Se ha observado una mejora tecnológica del cultivo en los últimos años, reflejada por un aumento de los rendimientos desde el 2002. También una recuperación del número de unidades productivas que realizan el cultivo, y un aumento de la oferta de frutilla en los meses de invierno. Pero no se ha estudiado que brecha tecnológica existe entre productores con respecto a los resultados experimentales, ni tampoco las causas de las variaciones en rendimiento entre productores.

Para abordar este problema es imprescindible estudiar la variabilidad en los factores de producción más relevantes para el cultivo y su impacto en explicar las diferencias de rendimiento entre productores. Se estima que los factores más relevantes serían: el material de propagación (calidad genética, fisiológica y sanitaria), la forma de protección del cultivo, y ajustes de algunas prácticas de manejo como las fechas de plantación, manejo de suelos, riego y nutrición, sanidad, etc.

La forma de aplicar y de combinar las distintas técnicas de manejo, así como el resultado económico y ambiental obtenido como consecuencia de este proceso de cambio tienen diferencias importantes entre unidades de producción.

Identificar cómo contribuyen las diferentes variables a explicar las diferencias de rendimiento entre unidades de producción es de suma importancia. Esto ayudaría a comprender mejor al sistema productivo y serviría para ajustar las recomendaciones técnicas, planificar mejor las actividades e identificar áreas en las que es necesario realizar investigación para continuar mejorando los resultados productivos, económicos y ambientales del cultivo de frutilla.

Este trabajo se propone identificar la incidencia de la variedad, el tipo de vivero, el sistema de protección, el tipo de suelo y la fecha de trasplante, así como también otros manejos culturales, en el rendimiento físico precoz y semi-precoz del cultivo de frutilla en la zona noroeste.

## 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 INTRODUCCIÓN

La frutilla pertenece a la familia de las Rosaceae, al género *Fragaria*. A partir del siglo XIV en Europa se cultiva *F. vesca* (2n=14), *F. moschata* (2n=42) y *F. viridis* (2n=14). Llevada desde América *F. virginiana* (2n=56), extendió el cultivo a partir del siglo XVII. Los indios Mapuches en Chile, cultivaban *F. chiloensis* (2n=56), especie de frutos grandes. Con la llegada de los españoles a América fue introducida en Europa (Maroto Borrego, 1995).

Las variedades de frutillas que se comercializan pertenecen a la especie botánica denominada *Fragaria x ananassa* Duch. o simplemente *Fragaria ananassa* Duch., designado por Duchesne, originada en Europa a través del cruzamientos entre *F. chiloensis* y *F. virginiana* (Folquer, 1986).

Al descender de dos híbridos octoploides le confiere a la planta de frutilla adaptarse altamente a una amplia variedad de condiciones climáticas (Mcelroy, citado por Aldabe, 1978).

### 2.2 DESCRIPCIÓN BOTÁNICA

La frutilla es una planta herbácea de bajo porte, perenne pero que se la cultiva anualmente o por dos años. Está constituida por una corona, un sistema radicular, hojas, flores, frutos y estolones. Los factores ambientales y el manejo inciden directamente en la orientación del desarrollo. Por medio de los estolones se reproduce vegetativamente formando plantas hijas y sexuada por semillas denominada aquenios. La propagación que se usa comercialmente es la vegetativa, mientras que la sexuada tiene fines para el mejoramiento genético.



El tallo es muy corto, cilíndrico y se denomina “corona”. El color de una corona sana es blanco y si presenta decoloración, necrosis de tejido o podredumbre es síntoma de una corona con problemas fisiológicos o por patógenos o insectos. Ésta se desarrolla lentamente produciendo entrenudos muy cortos, en los nudos se insertan las hojas, cuyas axilas contienen yemas que dan origen a las nuevas coronas, estolones o inflorescencias, de acuerdo a las condiciones climáticas y nutricionales. La temperatura mínima para el crecimiento y desarrollo de la corona es de 10° C (Folquer 1986, Giménez et al. 2003).

La corona produce estolones y coronas hijas que cumplen una función fundamental en la propagación del cultivar, que en el género *Fragaria* es casi exclusivamente vegetativa (Aldabe, 1978).

Las hojas se insertan en los nudos, como fue mencionado anteriormente, su disposición es en espiral para maximizar la exposición a la luz. Son trifoliadas, con estípulas en su base. El color verde, más o menos oscuro y brillante, y grosor depende del cultivar, borde aserrado y con la cara superior pubescente. Los pecíolos son generalmente largos y pubescentes. Las hojas presentan gran cantidad de estomas (300-400/mm<sup>2</sup>), provocando una alta pérdida de agua por la transpiración (Zerecero 1965, Folquer 1986).

La vida útil de las hojas es de 2 meses en promedio (si no son afectadas por algún patógeno), debiéndose retirarse las hojas muertas o que ya no son funcionales para la planta. Según Giménez et al. (2003) existe una alta correlación entre número de hojas y rendimiento, ya que las inflorescencias se forman a partir de yemas ubicadas en la axila de las hojas.

El sistema radical es fasciculado y está compuesto de raíces primarias gruesas y fibrosas que se desarrollan de yemas de la corona, funcionando como sostén y fuente de

reserva, en la cual se almacenó nutrientes y productos de la fotosíntesis en forma de almidón. Las raíces secundarias que a su vez se proveen de pelos radicales, originarias de las primeras cumplen con la función de absorción de agua y nutrientes desde el suelo. Éstas últimas se van renovando continuamente durante todo el ciclo del cultivo. La temperatura en la cual la formación y crecimiento de las raíces es máximo es de 14 °C y la mínima de 7-8 °C (Giménez et al., 2003).

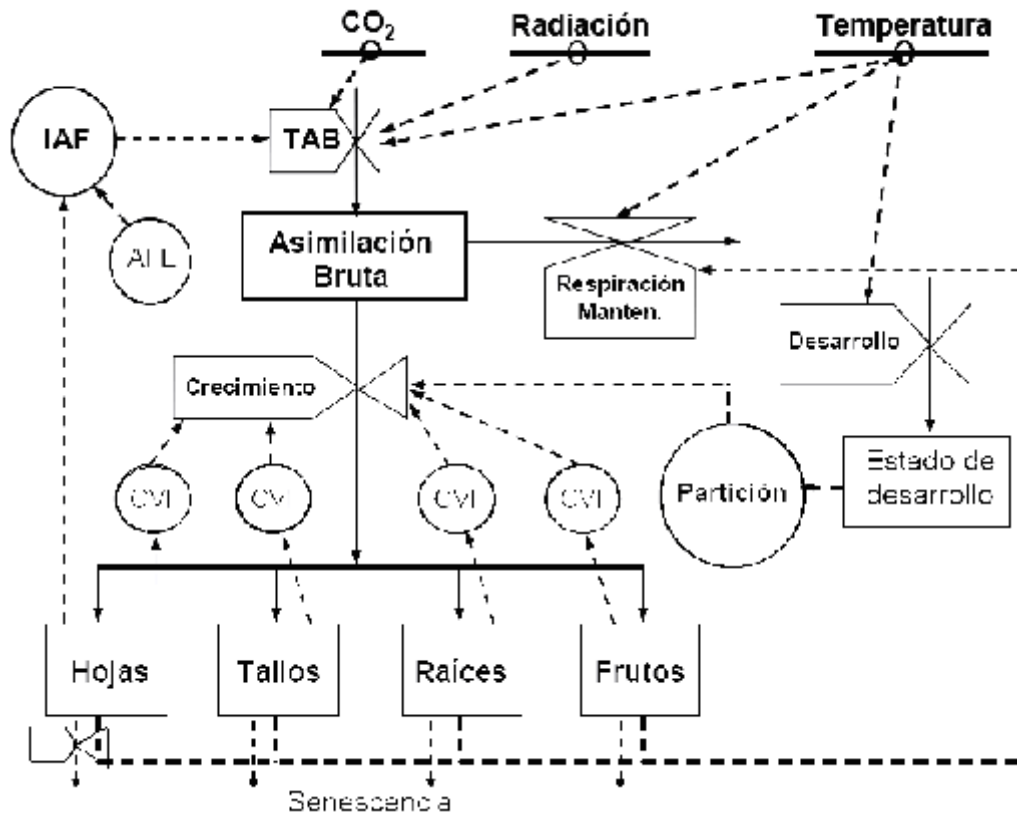
La planta madre como los estolones emiten raíces adventicias cuando se encuentran en contacto con suelo húmedo, éstas son blancas cuando son jóvenes y al envejecer se vuelven marrones o pardas (Folquer, 1986).

La mayor parte del sistema radicular se encuentra en los primeros 15-20 cm de suelo, en condiciones ideales la profundidad de exploración puede alcanzar el metro de profundidad (Aldabe, 1978).

Las inflorescencias se forman a partir de meristema terminal de la corona. De una corona se pueden formar varias inflorescencias, el número y cantidad de flores está influenciada por el cultivar (Giménez et al., 2003). Las inflorescencias tienen un pedúnculo largo con brácteas de cuyas axilas aparecen nuevas ramificaciones, según el orden de aparición se denominan primarias, secundarias, terciarias, etc., disminuyendo el tamaño y vigor en el mismo orden (Folquer, 1986).

Las flores de los cultivares más difundidos comercialmente son hermafroditas, habiendo protoginia y como consecuencia fecundación cruzada favorecida por el viento e insectos (Branzanti, 1985).

## 2.3 FORMACIÓN DEL RENDIMIENTO



Fuente: Dogliotti (2011)

**Figura 4:** Modelo Cualitativo de la formación del rendimiento de un cultivo anual.

De acuerdo con lo que establece el modelo, la fijación total de  $CO_2$  del aire en un día determinado (Asimilación bruta,  $kg\ CO_2 \cdot ha^{-1}$ ) depende de la tasa fotosintética (TAB,  $kg\ CO_2 \cdot ha^{-1} \cdot día^{-1}$ ), la cual a su vez depende de la cantidad de radiación interceptada por el cultivo y de la eficiencia con que se usa esa radiación en el proceso de fotosíntesis. La cantidad de radiación interceptada depende del índice de área foliar y la arquitectura del follaje del cultivo, así como también de la cantidad de radiación incidente. La eficiencia con que se usa esa radiación depende de la temperatura,

disponibilidad de agua y CO<sub>2</sub>, estado nutricional del cultivo y edad promedio del follaje. El CO<sub>2</sub> fijado es transformado en azúcares simples y estas son utilizadas por las plantas, en parte, para el mantenimiento de las funciones metabólicas y de las estructuras celulares. Este gasto de energía o pérdida de CO<sub>2</sub> se denomina respiración de mantenimiento (RM). La asimilación neta (kg CH<sub>2</sub>O.ha<sup>-1</sup>) es la cantidad de azúcares simples remanente luego de las pérdidas en respiración de mantenimiento, es lo que el cultivo puede usar para la producción de nuevas estructuras vegetales o para el almacenamiento de reservas, es decir, para el crecimiento.

El modelo antes propuesto plantea varias alternativas para incrementar los rendimientos logrados. En primer lugar, podemos tomar medidas de manejo para incrementar la tasa de asimilación bruta (TAB), disminuir la respiración de mantenimiento y por lo tanto aumentar la tasa de asimilación neta (TAN), o sea la cantidad de asimilados disponibles para el crecimiento de todo el cultivo. En segundo lugar, podemos tomar medidas para maximizar la partición de esos asimilados hacia los frutos y así incrementar el índice de cosecha (IC). Sin embargo, si la partición de asimilados se orienta principalmente a los frutos y se descuida la reposición del aparato foliar se tenderá a reducir la tasa de asimilación bruta (Dogliotti, 2011).

## 2.4 FACTORES AMBIENTALES QUE INCIDEN EN EL RENDIMIENTO

Los factores que inciden directa o indirectamente en el rendimiento de los cultivos se pueden clasificar de dos maneras. Los factores ambientales o climáticos y los que refieren al manejo del cultivo. Temperatura, Luminosidad y Humedad son los factores climáticos que mayor incidencia tienen dentro de la formación del rendimiento del cultivo (Nuez, 1995). En este punto trataremos los factores ambientales.

Entre fructificación y desarrollo vegetativo hay una relación antagónica que es afectada en su manifestación por factores climáticos, varietales y condiciones del

cultivo. Muchos estudios se han efectuados en determinar la influencia de la temperatura y la luz, para el desarrollo de las plantas de frutilla donde se distinguen claramente dos estadios, uno vegetativo y otro reproductivo (Aldabe, 1978).

#### 2.4.1 Desarrollo y crecimiento vegetativo

El crecimiento vegetativo es determinante para la obtención de buenos rendimientos, por lo tanto todo factor que lo limite irá en contra de la producción. Esta etapa del ciclo es el punto de partida para un cultivo de duración anual, es primordial obtener un buen desarrollo de raíces y hojas previamente a la etapa reproductiva, manejando la temperatura y luz a través del trasplante.

La obtención de una producción temprana depende directamente del desarrollo de la planta a su entrada en el periodo reproductivo y ello es consecuencia de la época de instalación del cultivo con condiciones de temperatura y fotoperiodo óptimas a la iniciación vegetativa (Aldabe, 1978).

##### 2.4.1.1 Temperatura

En nueve cultivares pertenecientes a diferentes áreas geográficas tenían alta tasa de crecimiento con temperaturas comprendidas entre 20 y 26 °C, y la máxima tasa de crecimiento se produjo a 23 °C. Del mismo modo, la hoja y el peso seco de la planta total de Robinson fueron mayores en 23,9 °C. Según Went, citado por Larson (1994) el desarrollo de la hoja en Marshall fue mayor entre los 14 y los 17 °C. En estudios realizados en cámaras de crecimiento, el pecíolo y la tasa de elongación de la hoja para el cultivar Olympus aumentó de forma exponencial al aumentar la temperatura de 10 a 28 °C y posteriores estudios obtuvieron que la temperatura óptima era de 22 °C. En el cultivar Royal Sovereing, la tasa de producción de hojas fue mínima a 5 °C y

temperaturas superiores a 35 °C inhibió el crecimiento de estolones y disminuyó el peso fresco de la fruta, al igual que el contenido de sólidos solubles (Larson, 1994).

El cultivar es uno de los factores que incide en el efecto de la temperatura en el cuajado de los frutos. La temperatura de producción de frutos para el cultivar Deutsch Evern es entre 10 y 26 °C, mientras que el cuajado de los frutos no se produce por debajo de 17 °C para Jucunda, posiblemente como resultado de la baja temperatura que indujo el aborte de los estambres (Larson, 1994).

La temperatura del suelo óptima para el crecimiento de raíces de la fresa parece ser menor que la de muchos cultivos. Hay una tendencia hacia un mayor crecimiento de las raíces con la disminución de la temperatura del suelo, aunque no se encontraron diferencias significativas en el crecimiento de raíces en el cultivar Robinson a temperaturas de suelo de 7.2, 12.8, 18.3 o 23.9 °C. La temperatura del suelo para que el crecimiento vegetativo de la frutilla sea máximo varía de acuerdo al cultivar, para los cultivares Shasta y Lassen, el peso seco de las raíces fue mayor con temperaturas de suelo de 12,8 y 7,2 °C, respectivamente (Larson, 1994). Como ya se mencionó, Giménez et al. (2003) determinaron que la temperatura óptima está en los 14 °C y la mínima es de 7-8 °C.

El uso de cobertura de polietileno negro, aumenta las temperaturas diurnas del suelo a una profundidad de 10 cm de 21 a 23 °C por la noche, y de 27 a 30 °C durante el día. Voth et al., citados por Larson (1994) observaron un aumento de 4 °C en la temperatura del suelo en enero en el sur de California como resultado de la cobertura clara de polietileno. Para las plantas con cobertura vegetal, el aumento de las temperaturas del suelo de invierno promovió el crecimiento de la planta (Larson, 1994).

#### 2.4.1.2 Radiación incidente

La luz es un factor ambiental importante en la regulación del crecimiento y el desarrollo de plantas de las especies de *Fragaria*. El aumento del nivel de la radiación resulta un mayor peso seco en las hojas, la raíz y la corona, también favorece el desarrollo de estambre, de frutos, tamaño de la fruta, la formación de estolones, y el peso seco de los estolones (Larson, 1994).

El sombreado constante en un 40% de la luz solar reduce el rendimiento de las frutas, el peso seco de la hoja y la corona. En cambio la producción de frutos y el peso seco de las raíces aumentó cuando el sombreado se aplicó durante el período de la formación de estolones. El sombreado constante durante la formación de estolones no tuvo efecto o se redujo la producción de éstos, como consecuencia del sombreado el tamaño del peciolo y de las hojas aumentó y se redujo el peso seco de las hojas. El efecto de la baja radiación lumínica alarga el periodo de maduración de la fruta de 5 a 7 días más (Larson, 1994).

Ferree y Stang, citados por Larson (1994) reconocieron la dificultad de definir las respuestas del sombreado debido a la estrecha relación entre la luz y la temperatura. Sin embargo, los efectos de la radiación sobre la formación de estolones eran principalmente cuantitativos y el fotoperíodo fue el factor más importante en efectuar la respuesta de la planta (Dennis et al., citados por Larson, 1994).

Los días de corta duración de radiación incidente, favorece la formación de las yemas florales y bajo éstas condiciones se forman las flores. En verano, con alta intensidad de luz y días largos, se interrumpe la floración y fructificación, iniciando la planta la emisión de estolones en sus correspondientes yemas (Zerecero 1965, Rodríguez 1988).

Los cultivares de frutilla se clasifican a partir de las respuestas al fotoperíodo, en particular en lo que se refiere a la inducción floral y la iniciación del capullo de la flor. Tamaño de la hoja, longitud del pecíolo, y el desarrollo de estolones son también muy sensibles al fotoperíodo y a la temperatura. En muchas variedades existen fuertes interacciones entre fotoperíodo y la temperatura, en la que la temperatura modifica la respuesta del fotoperíodo.

#### 2.4.2 Desarrollo reproductivo

##### 2.4.2.1 Floración

El proceso de floración se puede dividir en tres fases principales de desarrollo: la inducción floral, la iniciación y diferenciación (Durner y Poling, citados por Taylor, 2002). La inducción corresponde al proceso por el cual la planta capta a través de las hojas los estímulos que provocan el cambio de crecimiento vegetativo al reproductivo. La iniciación corresponde a los cambios que ocurren a nivel de meristema, fisiológico y morfológico. La diferenciación corresponde al desarrollo de las inflorescencias y estructuras florales. Esta última etapa se desarrolla hasta la antesis.

En nuestras condiciones, la diferenciación floral en cultivares de día corto se da a partir de fines de verano y en el otoño, cuando el largo del día es menor a 13-14 horas y disminuyen las temperaturas. Los cultivares de día neutro diferencian flores en cualquier momento del año, siendo limitante las altas temperaturas (Giménez et al., 2003).

En cultivares de día corto la floración se encuentra regulado por el fotoperíodo y la temperatura. Entre estos factores existe una correlación negativa con la floración, es decir, que a medida que disminuye la temperatura de 20 a 10 °C y el fotoperíodo de 16 a 8 horas aumenta el número de inflorescencias (Went, citado por Folquer, 1986).



Went, citado por Aldabe (1978) determinó las condiciones óptimas para la floración: 20 °C y 8 horas de fotoperiodo o 6 °C y 16 horas de fotoperiodo, también dice que con temperaturas menores a 10 °C e independientemente del fotoperiodo, siempre hay floración y con temperaturas mayores a 14 °C y fotoperiodo menor a 16 horas hay fructificación. Según Folquer (1986) los cultivares de día corto necesitan 6 a 14 días con 6 a 12 horas-luz, para la iniciación de las yemas florales, lo cual ocurre también cuando hay menos de 10°C. Por su parte, las variedades de día neutro son reguladas por las temperaturas, siendo indiferentes al fotoperiodo.

Las altas temperaturas superiores a 23 °C, en muchas variedades inhibe la inducción floral. Los días cortos parecen favorecer la formación de determinadas hormonas vegetales que detiene el vigor vegetativo y promueven la inducción floral (Branzanti, 1985).

El fotoperíodo y la temperatura son los principales factores que influyen en la diferenciación floral pero también hay otros factores como la nutrición mineral, características del cultivar y el suministro de agua, que afectan el proceso de floración (Guttridge, citado por Buenahora 1997, Taylor 2002).

Estudios realizados en Salto por Baldassini y Ferreira (1996) determinaron que para la zona noroeste de nuestro país, la diferenciación de las yemas florales comenzó a fines de marzo principios de abril (con temperaturas promedio de 21-22 °C y un fotoperíodo de 12 horas) y finalizó los primeros días de noviembre. En cuanto a los seguimientos de aquellas plantas que recibieron diferentes manejos a nivel de productores, fue notorio el efecto en la precocidad, en la diferenciación floral, floración, cuajado y entrada en producción de aquellos productores que trasplantaron más temprano.

#### 2.4.2.2 Cuajado de frutos

Las flores de los cultivares comerciales son hermafroditas, es decir poseen pistilos y estambres. La polinización es principalmente efectuada por el viento e insectos y es afectada negativamente por factores como baja temperatura, alta humedad o daños ocasionados por enfermedades y plagas (Giménez et al., 2003). Branzanti (1985) dice que temperaturas de 20 °C y humedad relativa inferior al 60 % son condiciones favorables para la polinización y en cambio la lluvia actúa negativamente por el lavado de los estigmas y sobre el vuelo de los insectos. Éste último, afirma que las bajas temperaturas afectan la polinización, temperaturas de -2 °C impiden el vuelo de insectos y puede producir daños en los pistilos. Las flores que abren con temperaturas bajas y baja luminosidad tienen frecuentemente estambres abortados.

Las flores son receptivas hasta los 7 días después de la antesis, pero la polinización mejora si ocurre durante los primeros 4 días, observándose que en las 48 horas siguientes los pétalos caen y los pistilos se secan (Darrow, citado por Rodríguez, 1988).

Como se mencionó anteriormente, la temperatura adecuada para el cuajado de los frutos debe ser superior a 17 °C (Giménez et al., 2003).

#### 2.4.2.3 Crecimiento y desarrollo del fruto

Una vez que ocurre la polinización comienza la etapa de desarrollo del fruto. Los pistilos de la flor se encuentran sobre un tejido llamado receptáculo, el cual al crecer forma la parte comestible de la frutilla. Los frutos secos superficiales que se encuentran en el receptáculo se denominan aquenios, y son la semilla botánica de la frutilla (Giménez et al., 2003).

Los aquenios producen hormonas que estimulan el crecimiento del receptáculo en el área de inserción de estos. Cuando en una zona, la fecundación no se da y no se desarrollan los aquenios, provoca una deformación del fruto en dicha zona. Por lo tanto, para que un fruto adquiriera su forma y tamaño normal, es necesario la formación de un número importante de aquenios (Folquer, 1986).

#### 2.4.2.4 Maduración del fruto

De la floración a la maduración del fruto transcurre un lapso que oscila entre 18 y 40 días y en cultivares tempranos como Cambridge Favourite y Fresno ese periodo es más corto que en los cultivares tardíos (Rodríguez, 1988).

El fruto madura en 4 – 5 semanas dependiendo de la temperatura, si ésta es menor a 15 °C es muy lenta y si es elevada el fruto madura precozmente provocando un menor desarrollo de la fruta, con menor tamaño (Branzanti, 1985).

El peso del fruto oscila de unos pocos gramos a más de 100 gr, el cual está influenciado por el cultivar y también por la posición en la inflorescencia.

Branzanti (1985) considera que el contenido de azúcar es independiente del fotoperiodo y es función de la intensidad lumínica durante el día y el aroma se correlaciona con días soleados y noches frescas.

La maduración del fruto es una característica fundamental en la calidad de la fruta y a través del programa de Mejoramiento Genético de Frutilla que lleva a cabo INIA se busca que la fruta sea de máxima calidad. Los cultivares liberados por INIA presentan una fruta con baja incidencia de albinismo, color rojo intenso, baja acidez y sabor de la fruta dulce (Vicente et al., 2004).

## 2.5 FACTORES AGRONOMICOS QUE INCIDEN EN EL RENDIMIENTO

Dentro de las practicas de manejo que el productor puede modificar a favor de obtener el máximo potencial productivo del cultivo están, la elección del cultivar, el tipo de vivero y de plantín, y la fecha de trasplante. La fecha de trasplante modifica el ambiente en el cual el cultivo crece y está influenciando el crecimiento y desarrollo de la planta en su etapa inicial, lo cual determinaría el potencial de producción, principalmente afectando la producción precoz. La respuesta del cultivo a este factor estaría determinada por el cultivar.

### 2.5.1 Material de plantación, vivero

La zona noroeste del Uruguay obtiene los plantines de viveros locales. La técnica de obtención de plantines cumple con las impulsadas por INIA con la finalidad de obtener plantines de calidad, libres de enfermedades y la cantidad necesaria por los productores.

Las plantas madres son plantadas en suelos desinfectados por solarización. Se disponen en filas simples, a 1 m de distancia entre plantas y a 1,6 m entre hileras utilizando riego por goteo con 2 a 3 cintas por cantero. La plantación es realizada en noviembre (Vicente et al., 2007a). Los viveros se realizan bajo invernadero, el cual son cubiertos con malla de sombreado negra plástica.

El material madres de los viveros, se obtienen a partir de plantas micropropagadas en laboratorio de INIA, el cual es comercializada a los productores y viveristas (Vicente, 2009).

### 2.5.2 Fecha de plantación

Baldassini y Ferreira (1996) obtuvieron que plantas trasplantadas más temprano (25/3) comenzaron la cosecha en la primera quincena de junio, mientras que la intermedia (10/4) en la segunda quincena de julio y las tardías (19/5) en la primera quincena de setiembre.

Martínez et al. (2007) evaluaron el efecto de tres fecha de trasplante (22/9, 14/10 y 4/11 hemisferio norte) en la producción comercial en el cultivar Camarosa, donde observaron que a lo largo de todo el ciclo productivo fue significativo ( $p < 0,05$ ) para las tres fechas de trasplante, a medida que se retrasa la fecha disminuía el rendimiento comercial.

Vicente (2009) utilizando cultivares con plantas de bandeja evaluó la fecha de plantación (20/3, 27/3 y 3/4) sobre el comportamiento agronómico y obtuvo efecto la fecha de trasplante sobre el rendimiento precoz y sobre el rendimiento semiprecoz en interacción con el cultivar y el año. A su vez encontró influencia sobre el peso medio de los frutos y el número de frutos comerciales para ambos periodos.

Los resultados obtenidos por Castillo y Arjona (2004) trabajando con cuatro fechas de plantación (1 y 15/9 y 1-15/10 HN) en la cultivar Camarosa trasplantada con cepellón, indican que cuanto más se retrasa el trasplante menor es el rendimiento comercial acumulado, mientras que en las fechas más tempranas no se obtuvieron diferencias. Vaquero (2004) llega a una conclusión similar, encontrando una disminución de la producción al retrasar la fecha de trasplante.

Anna et al. (2003) estudiando el efecto de tres fechas de trasplante (5/9, 25/9, 15/10 HN) y dos cultivares (Camarosa, Tudla y la línea 91.214.2), obtuvo que hay efecto

de la fecha de trasplante para el rendimiento en todo el periodo de cosecha, siendo la primera fecha la de mayor rendimiento.

En cambio para Albregts y Chandler (1994) utilizando tres fechas de trasplante (2/8, 3 y 28/9) y dos variedades (Seascape y Sweet charlie), el mayor rendimiento en todo el periodo de cosecha se obtiene en la última fecha de trasplante, mientras las fechas más tempranas no se diferenciaron entre sí.

Mitidieri et al. (2000b) evaluaron el efecto del atraso de la fecha de plantación (30/4 y 6/6 HS) en dos cultivares (Camarosa y Milsei Tundla), donde el atraso en la fecha de trasplante produjo una reducción en la producción total, esta diferencia se obtuvieron con un 10 % de error, no habiendo diferencias al 5 %.

Según Martínez et al. (2007) en el hemisferio norte, los frutos de mayor calibre correspondieron a la fecha 4/11, seguidas de la 14/10 y las de menor calibre con la fecha 22/9, el mayor peso medio de los frutos comerciales obtenidos con la fecha 4/11 se debe al menor número de frutos totales y a la menor competencia entre ellos, lo que explicaría su mayor peso.

En cuanto al efecto de la fecha de trasplante sobre el tamaño de fruta, los investigadores Albregts y Chandler (1994), Martínez et al. (2007) encontraron diferencias estadísticas entre las fechas de trasplante para el tamaño de fruta en todo el periodo de cosecha, la fruta de mayor tamaño correspondió a la última fecha de trasplante, seguida de la segunda y primera fecha respectivamente.

En el caso de Anna et al. (2003) para tres fechas de trasplante (12/8, 22/8 y 10/9) el mayor peso promedio de los frutos durante todo el periodo de cosecha fueron en la primera y segunda fecha de trasplante con diferencia respecto a la última fecha de

trasplante. Para Mitidieri et al. (2000b) el mayor peso promedio de los frutos precoz estuvo en la primera fecha respecto a la segunda.

Rosas (2010) realizó una investigación con cuatro cultivares (Arazá, Gaviota, Earlibrite y Yvahé) y tres fechas de trasplante (14/3, 27/3 y 10/4), obteniendo que para un rendimiento precoz el 10 de abril es la fecha de mayor tamaño de fruta diferenciándose de las demás fechas de trasplante.

Con respecto al rendimiento precoz, distintos autores obtienen resultados diferentes al investigar el efecto de la fecha de trasplante. Para Albregts y Chandler (1994), al igual que Mitidieri et al. (2000b), Anna et al. (2003), Martínez et al. (2007), el mayor rendimiento precoz se obtiene con la primer fecha de trasplante, disminuyendo el rendimiento en la medida en que se atrasa la fecha de trasplante. Para Castillo y Arjona (2004) las fechas de trasplante intermedias (15/9 y 1/10) obtuvieron la mayor producción precoz con diferencias estadísticas respecto a las otras dos fechas, muy temprana o tardía. En cambio Martínez et al. (2007) no encontraron efecto de la fecha de trasplante en el rendimiento precoz.

Según Rosas (2010) obtuvo que el rendimiento comercial precoz indica que las variedades tienen un comportamiento diferente según las fechas de trasplante, por lo tanto el comportamiento de cada cultivar depende de la fecha en que se trasplanta y la mejor fecha para trasplantar dependerá del cultivar utilizado.

En cuanto al número de frutos Castillos y Arjona (2004), Martínez et al. (2007) encontraron efecto significativo de la fecha de trasplante, siendo mayor el número de frutos precoz en la primera y segunda fecha con respecto a la tercera. Por su parte Mitidieri et al. (2000b) obtuvieron que el mayor número de frutos se corresponde con la primera fecha de trasplante, respecto a la segunda fecha.

Estudios realizados por Rosas (2010) obtuvo que la fecha de trasplante tuvo efecto sobre el número de frutos comerciales. En el cultivar Arazá existen diferencias significativas entre las fechas de trasplante, donde el 27/3 es la de mayor número de frutos producidos, seguida del 14/3 y por último 10/4. Yvahé y Gaviota presentan comportamientos similares, donde las fechas 14/3 y 27/3 son las de mayor número de fruta no diferenciándose entre sí, con respecto a la del 10/4. Para Earlibrite, 14/3 se diferencia del 10/4 y la fecha 27/3 presenta un comportamiento intermedio.

Analizando del sistema de trasplante utilizado en Salto en la década del 90, se encuentra que el más utilizado en ese momento era trasplantar plantines a raíz desnuda desde fines de marzo hasta mediados de abril, iniciando la cosecha en agosto. Para obtener mayor precocidad había que adelantar la fecha de trasplante con la consecuente dificultad para instalar el cultivo, principalmente por el bajo porcentaje de arraigue. Con el objetivo de levantar estas restricciones se empezaron a cosechar las plantas de vivero y enraizarlas en macetas en condiciones más controladas previo a llevarlas al campo, las mismas se trasplantaban en la misma fecha que los plantines a raíz desnuda pero con un mayor porcentaje de arraigue. Otra alternativa utilizada fue cosechar los plantines del vivero con terrón, los cuales se trasplantaban desde mediados de marzo hasta mediados de abril (Bernal y Buenahora, 1994).

Actualmente con el objetivo de maximizar la precocidad del cultivo se utiliza exclusivamente plantines a raíz cubierta (se inicia el enraizado los primeros días de febrero colocando las macetas junto a la planta madre), para luego iniciar el trasplante con las variedades menos vigorosas alrededor de los últimos 10 días de marzo para finalizar con las variedades más vigorosas en los primeros 10 días de abril (Vicente, citado por Rosas, 2010).

Para el caso de trasplantes más tardíos (abril), tanto a raíz cubierta como desnuda, se recomienda el uso de protección bajo invernadero o macrotúnel, buscando



una mayor temperatura que favorezca el desarrollo vegetativo previo a la floración (Giménez et al., 2003).

### 2.5.3 Materiales genéticos

Dentro de los materiales utilizados en Uruguay se distinguen dos grupos según su respuesta a la inducción floral: los de “día corto” y de “día neutro”. Los cultivares de día corto son los más difundidos, también llamados “estándares”; estos inducen la floración con fotoperiodos de 13-14 horas y temperaturas entre 8 y 24 °C, en este grupo se encuentran los cultivares: Yuri, INIA Guenoa, Earlibrite y Festival.

Los materiales evaluados fueron cuatro cultivares, de las cuales Yuri (SGK3.2) y INIA Guenoa (SGH140.3) son materiales obtenidos y desarrollados por INIA Las Brujas (Canelones) e INIA Salto Grande (Salto). Earlibrite y Festival fueron obtenidas por la Universidad de Florida; EEUU, en el 2000.

INIA Guenoa se obtuvo de la selección recurrente, a partir del año 2003, de un cruzamiento que se evaluaba bajo condiciones de invernadero y con mínimo control de oídio y ácaros. El objetivo es obtener un material que se adapte a las condiciones de cultivo bajo plástico, resistencia a enfermedades y obteniendo fruta de calidad (color, firmeza y forma uniforme). Produce fruta de color externo e interno rojo oscuro, firme, de tamaño grande y uniforme a lo largo del ciclo de cosecha. La forma es cónica o en cuña larga, bien conformada bajo distintas condiciones de cuajado. Los aquenios son algo hundidos durante el período de cosecha invernal y a nivel de la piel en primavera. La fruta es de sabor dulce, con muy poca acidez y baja incidencia de problemas de coloración como el albinismo. Tiene un alto potencial de rendimiento total y alta productividad precoz. La planta tiene un hábito de crecimiento erecto, el pedúnculo floral es largo, quedando las flores por fuera del follaje. Tiene un buen desempeño en los viveros donde produce varios plantines de buen vigor. El cultivar presenta una buena

adaptación al sistema de cultivo bajo plástico, destacándose en estructuras como macrotúnel e invernaderos (Vicente et al., 2007b).

Yurí es un cultivar obtenido en las mismas condiciones de selección que INIA Guenoa, a partir del año 2005. También con el objetivo de la producción de fruta de calidad (color, firmeza y forma uniforme) y precoz en los meses de invierno, uniformidad de cosecha y mayor estabilidad productiva entre años. Sus frutos de color rojo intenso por fuera y algo más claro por dentro son firmes y de tamaño grande. Se destacan por su homogeneidad en tamaño y forma, esta última cónica larga o cuña larga. Los frutos presentan un sabor dulce y baja acidez. También han mostrado tolerancia al albinismo y a la deformación de frutos por problemas de polinización y cuajado. Presenta una muy alta producción precoz acumulada hasta julio y alta producción acumulada hasta setiembre. Esto último se logra con trasplante temprano, fines de marzo a principios de abril, con plantines a raíz cubiertas. La planta presenta una buena arquitectura con un hábito semi erecto y pedúnculo floral largo. Presenta buen desarrollo vegetativo a lo largo del ciclo, incluso en inviernos fríos. Es buena a alta productora de plantines, en su desempeño como planta madre en vivero. Ha mostrado alta tolerancia a oídio en fruto pero en hoja es intermedia, por este motivo el desarrollo del cultivo en sistemas bajo plástico y en estructuras como macrotúneles e invernaderos tiene que seguirse con un monitoreo y control más exhaustivo (Vicente et al., 2010).

Strawberry Earlibrite se destaca por su precocidad en la cosecha y por el tamaño de fruta, en estructuras como microtúneles se obtiene mejor calidad de la misma. Los frutos presentan una coloración anaranjado rojo. La planta es semi erecta de buen vigor. Produce un alto número de plantines de buena calidad en vivero. Su comportamiento sanitario es bueno, presentando buena tolerancia a oído, botrytis y sensible a *Phytophthora cactorum* que provoca la muerte de plantas. Es muy sensible al ataque de ácaros (Vicente et al., 2004).

Festival cuenta con una planta vigorosa. La fruta se une a pedúnculos largos. La forma del fruto en su mayoría es de forma cónica, el color externo de ésta completamente madura es rojo oscuro y brillante, el color interior es de un rojo brillante. El cáliz es grande y llamativo. Los frutos tienen una textura muy firme y excelente sabor. Sanitariamente Festival es susceptible a la antracnosis en fruta, a la podredumbre de corona causada por *Colletotrichum*, y la mancha angular (causado por *Xanthomonas fragariae*). Por esto último es recomendable partir de un plantín sano desde vivero y realizar medidas de monitoreo y control durante el desarrollo del ciclo del cultivo (Crocker y Chandler, 2000).

Trabajos realizados por Vicente et al. (2007b) utilizando como sistema de protección túneles bajos y trasplante temprano a raíz cubierta, obtuvieron rendimientos comerciales acumulados hasta agosto para el cultivar INIA Guenoa de 500 gr.pl<sup>-1</sup> y para Earlibrite de 400 gr.pl<sup>-1</sup>, promedio de tres años 2004-2006.

Vicente et al. (2010) evaluaron la producción precoz en gramos por planta acumulados hasta julio, para 3 cultivares bajo microtúnel y trasplante con maceta directa. En 2007 Yuri fue la que reportó mayor rendimiento aproximadamente 200 gr.pl<sup>-1</sup>, seguida por Guenoa y Earlibrite con 150 y 100 gr.pl<sup>-1</sup> respectivamente. En cambio, al siguiente año la producción aumentó para los tres cultivares ubicándose en orden decreciente Earlibrite, Yuri y Guenoa con un promedio de 233 gr.pl<sup>-1</sup>.

La producción semi precoz en el año 2007 y 2008 en gramos por planta acumulados hasta setiembre por cultivar, bajo microtúnel y trasplante con maceta directa, obtuvieron que para el primer año Guenoa fue la que obtuvo mayor rendimiento aproximadamente 700 gr.pl<sup>-1</sup>, seguida por Yuri y Earlibrite con 600 y 350 gr.pl<sup>-1</sup> respectivamente. En el segundo año de evaluación no se encontraron diferencias significativas entre cultivares obteniéndose 700 gr.pl<sup>-1</sup> aproximadamente (Vicente et al., 2010).

En trabajos más recientes realizados en INIA Salto Grande se evaluó el rendimiento de fruta comercial (fruta mayor a 18 milímetros) para un periodo precoz de cosecha correspondiendo a la producción acumulada de mayo a julio inclusive, en diferentes cultivares de frutilla en dos años, 2011, y trasplante con maceta directa y cultivo bajo invernáculo. Reportándose que el cultivar Earlibrite tiene un rendimiento mayor con 277 gr.pl<sup>-1</sup>, seguida por Festival 258 gr.pl<sup>-1</sup>, Yuri con 207 gr.pl<sup>-1</sup> y Guenoa con 154 gr.pl<sup>-1</sup>. Para la producción acumulada de mayo a setiembre se obtuvo que Festival fue la de mejor comportamiento con 790 gr.pl<sup>-1</sup>, Earlibrite con 785 gr.pl<sup>-1</sup>, Yuri con 742 gr.pl<sup>-1</sup> y Guenoa con 671 gr.pl<sup>-1</sup>, Vicente<sup>1</sup>.

En 2011 se llevaron a cabo trabajos por Vicente<sup>1</sup> en el predio de un productor. Se evaluaron comportamientos productivos de diferentes variedades en macrotúneles, obteniéndose que los rendimientos para Yuri fueron de 14,2 y 54,4 Mg.ha<sup>-1</sup>, Guenoa 13 y 59 Mg.ha<sup>-1</sup> y Festival 13 y 42,5 Mg.ha<sup>-1</sup> para periodo precoz (mayo - julio) y semiprecoz (mayo – setiembre) respectivamente.

#### 2.5.4 Sistema de protección o forzado de cultivo

Los sistemas de protección contribuyen a la realización del cultivo en periodos donde las condiciones ambientales no son las apropiadas. La situación de realizar un cultivo protegido es para otorgar temperaturas más altas a las plantas y también para protegerlas de los daños que pueden ocasionar las heladas.

Las estructura de protección que más se utilizan en la zona son microtúneles, macrotúneles e invernáculos o invernaderos, las dos primeras estructuras se utilizan para la protección del cultivo después de instalado y los invernaderos son utilizados principalmente para desarrollar la etapa de vivero.

<sup>1</sup>Vicente, E. 2010. Rendimientos de frutilla (sin publicar)

El tipo de film de polietileno utilizado juega un rol principal en el almacenamiento de calor. Estos deben ser con tratamientos térmicos para evitar las pérdidas de calor (radiación de onda larga) y con tratamientos que impidan el pasaje de rayos ultravioletas (polietilenos UV) dándole más durabilidad al polietileno.

La cubierta plástica utilizada en sistemas protegidos reduce la intensidad de radiación solar que penetra, el nivel de reducción depende del tipo de cubierta, edad y limpieza del mismo. La cubierta del invernadero altera la cantidad y calidad de la radiación solar, por lo tanto, influye en el microclima en el interior y con ello en la respuesta del cultivo (Muñoz, citado por Ramírez, 2011)

Los microtúneles son estructuras individuales que se forman sobre un cantero, son bajos de entre 0,45 y 0,60 metros de altura y su ancho varía según el cantero oscilando entre 0,70 y 1 metro. La estructura que se utiliza para mantener la forma de semicírculo son aros de acero principalmente de 4 mm de espesor. El film que se utiliza puede ser de 1,5 a 2,2 metros de ancho, cuanto mayor es el ancho mejor cubre los bordes del cantero, evitando posibles pérdidas de calor.

En este sistema de túnel el manejo de la ventilación requiere mucha mano de obra y atención, ya que son estructuras que almacenan bajo volumen de aire y en días muy calurosos las temperaturas pueden aumentar hasta provocar daños en fruta principalmente. Se debe tener en cuenta la humedad para prevenir enfermedades. La apertura de estos puede ser totalmente, dejando al descubierto las plantas o ser abiertos hasta la mitad.

Los macrotúneles, estructuras de mayor tamaño que los anteriores son construidos después de haber instalado el cultivo, en lo general abarcan tres canteros. Tienen un ancho de 3,5 a 5 metros y un alto de 1,8 a 2 metros. Las estructuras que se utilizan para su construcción son caños de PVC principalmente o de aceros. Estos tienen

como ventaja que su masa de aire es mayor que los microtúneles y por esto su temperatura es menos dinámica, son sistemas de fácil ventilación y requieren menor mano de obra. La desventaja de estos es que tienen baja resistencia a los vientos, debiendo situarlos en zonas de reparo y no ser muy largos.

Ambas estructuras antes descriptas son construidas y desarmadas todos los años lo cual implica un requerimiento alto de mano de obra y su construcción debe ser realizada lo más cercano al trasplante para así poder cubrir las plantas y establecer las condiciones necesarias para un rápido desarrollo vegetativo.

Los invernáculos cubren una superficie amplia y su estructura puede durar varios años. Las dimensiones que se encuentran son muy amplias. Al ser más altos almacenan un volumen de aire mayor y disminuir las variaciones de temperaturas y los riesgos de heladas. Estos tienen menor variación de humedad y de CO<sub>2</sub> manteniendo una fotosíntesis activa (Aldabe, 2000).

En su gran mayoría su estructura es de madera, la cual puede tener tratamientos para mayor durabilidad. Los diseños que se encuentran son particularmente a dos aguas y la orientación de los mismos varía de norte-sur y este-oeste.

La realización del cultivo de frutilla bajo estas condiciones de forzado o protegido requiere de cultivares adaptados a tales condiciones, debido a que se ve afectado el desarrollo de flores, la polinización, y la sanidad del cultivo (Galletta y Himelrick, 1990)

Vicente (2009) utilizando dos técnicas de cultivo protegido, invernáculo y microtúneles obtuvo que la influencia del tipo de planta, la fecha de plantación y los cultivares fue similar, aunque es preferible el microtúnel por mayor producción precoz, total y peso medio del fruto.

Las diferencias productivas entre técnicas de forzado pueden ser menores en cultivos de mayor escala por las facilidades para llevar a cabo un adecuado manejo del ambiente de los invernaderos. Además, brindan más oportunidades para las labores de cosecha y manejo de las plantas gracias a un mayor control climático. La mejor genética puede ser una vía para encontrar una mayor adaptación a estas condiciones, como parece manifestarse al comparar Guenoa con las dos primeras obtenciones nacionales Yvahé y Arazá (Vicente, 2009).

Medina, citado por Vicente (2009) obtuvo que el cultivo en microtúneles incrementó la producción precoz y total, el inicio de la floración y fructificación, comparándolo con un cultivo al aire libre. En el sistema de forzado se mostró mayor firmeza de fruto, en cambio, en el peso medio de fruto no hubo diferencias entre ambos sistemas de cultivo.

En los cultivos protegidos se ven afectadas las características de calidad de los frutos, D'Antuono et al. (2000) evaluando diez genotipos bajo cultivo protegido con suelo, sin suelo y al aire libre, les resultó que la fruta del cultivo protegido presentaba mayor calidad estética pero peor calidad gustativa, por menor dulzor y acidez.

El mejor método de protección del cultivo puede depender del cultivar que se utilice, conclusión que llegaron los investigadores Phillips y Reid (2008) en Australia evaluando microtúneles, macrotúneles y dos cultivares, Camarosa y Camino Real.

Estudios realizados por Mitidieri et al. (2000a) en el cual evaluaron dos cultivares manejando plantas frigo en un sistema protegido, túneles bajo, obtuvieron que el cultivar Milsei Tundla obtuvo una producción mayor, en un 37 %, que Sweet Charlie, mientras que ésta entregó el doble del volumen de producción comercial temprana que Milsei.

### 2.5.5 Densidad de plantación

La manipulación de la densidad de plantación es una herramienta utilizada para optimizar la producción en el cultivo de la fresa. Sin embargo, tanto el crecimiento vegetativo como el reproductivo pueden ser afectados por dicha práctica. Así mismo, el efecto de la densidad va a depender del cultivar, técnicas culturales y de las condiciones ambientales.

En plantaciones donde se utiliza planta fresca proveniente de plantas madres, el marco de plantación suele hacerse estrechamente siendo densidades normales 80, 100 y 120 mil plantas por hectárea. Con esta modalidad de cultivo se obtiene una producción más precoz (Maroto y López Galarza, 1988). Según los mismos investigadores, las técnicas empleadas se refieren a filas dobles o triples por cantero, ya que se considera que se obtiene con una mayor densidad un mayor rendimiento. Ensayos efectuados por Cavicchi et al., citados por Maroto y López Galarza (1988) en Romagna, Italia, aumentaron la densidad de plantas por hectáreas desde 40 a 50, 55 y 60 mil plantas por hectáreas comprobaron que el mayor rendimiento unitario se obtuvo con la mayor densidad, para el cultivar Gorella.

### 2.5.6 Propiedades físicas y preparación del suelo

El suelo y su preparación son determinantes en el desempeño del cultivo. La correcta nivelación del terreno y realizar los desagües correspondientes son necesarios para evitar la acumulación de agua en el cuadro, siendo la frutilla muy sensible a éste problema el cual disminuye el rendimiento (Aldabe, 1978).

Cuando se hace mención a las propiedades físicas del suelo, tales como, textura, contenido de materia orgánica, profundidad para la exploración radical, las mismas influyen sobre la capacidad de retener agua del perfil de suelo, la aireación del sistema



radical así como en las propiedades químicas como la capacidad de intercambio catiónico. Son las que tienen mayor importancia a la hora de la elección del suelo debido a que éstas son difícilmente corregibles en el corto plazo o incluso incorregibles.

Aldabe (2000) sostiene que la frutilla necesita suelos livianos bien drenados, siendo los mejores los suelos francos a franco-arenosos, ya que permiten una maduración más temprana y mejores rendimientos. Este tipo de suelos se caracterizan por tener poca capacidad de retención de agua y calentarse rápidamente, igualmente que enfriarse. Las texturas ligeras además permiten un buen desarrollo radicular, lo que adquiere gran importancia en viveros, pues tiene relación con la habilidad de los estolones de arraigarse libremente y formar rápidamente nuevas plantas (Aldabe, 1978).

La preparación del suelo tiene como principal objetivo aumentar la aireación, la capacidad de retener agua y restablecer la estructura perdida por el cultivo antecesor. También para combatir las malezas, mezclar residuos orgánicos y evitar la compactación producida por la maquinaria y por los operarios al realizar las tareas que el cultivo requiere.

#### 2.5.7 Nutrición mineral

El estatus nutricional de las plantas esta dado, por el suministro del suelo y por el aporte de la fertilización. Por lo tanto para definir un programa de fertilización es necesario conocer la demanda del cultivo, la disponibilidad de nutrientes en el suelo, para obtener las necesidades de aportes adicionales (Arboleya, 1979).

Un programa de fertilización racional debe plantearse de forma que la obtención de rendimientos altos de frutos de buena calidad se logre con el coste mínimo en fertilizantes y un riesgo bajo de contaminación de agua. Para llevar a cabo dicho

programa hay que tener en cuenta la influencia del tipo de plantación, la variedad, el tipo de protección (microtúneles, macrotúneles), sistema de riego y marco de plantación.

Las cantidades de elementos nutritivos que la frutilla consume para su desarrollo vegetativo y fructificación varían enormemente según las condiciones de cultivo. De los cuatro elementos principales el potasio es el que más se extrae en mayor cantidad, seguido del nitrógeno, fósforo, calcio y magnesio.

Las necesidades de nitrógeno tienen lugar, prácticamente, durante todo el cultivo, variando según el estado fisiológico de la planta. Las necesidades son altas durante el periodo de crecimiento de la planta; la aportación de fertilizantes nitrogenados en esta fase es esencial para lograr un número alto de coronas y de botones florales, así como para conseguir unas reservas altas de nitrógeno en las raíces. Los aportes de éste nutriente tiene que disminuir durante el periodo de floración y producción para evitar una escasa floración o baja calidad de frutos.

Zurawicz y Stuschnoff , citados por Branzanti (1985) mencionan que un exceso de nitrógeno disponible a fines de verano puede causar una prolongación de la actividad vegetativa favoreciendo un desequilibrio, retrasando el periodo de diferenciación de yemas de flor, reduciendo su duración y disminuyendo la resistencia de las plantas al frío invernal.

Según Folquer (1986) el cultivo de frutilla responde principalmente a la fertilización nitrogenada, un exceso de este nutriente provoca la formación de fruta blanda y de poco sabor, y la planta es muy frondosa y con poca fruta.

Estudios realizados en Salto por Barros y Beneventano (2001) determinaron que no hay efecto de la aplicación de nitrógeno en el rendimiento hasta el 31 de agosto (rendimiento precoz). Para el total de la producción, obtuvieron una respuesta al

nitrógeno en rendimiento de fruta de la categoría comercial, primera y total. Este efecto se produce en octubre donde ocurre un pico de producción. También, observaron la relación a la interacción dosis de nitrógeno\*relación K:N, con 150 kg de N la relación 2:1 tiene mayor rendimiento, número y tamaño de frutos.

La incorporación de estiércol es una técnica muy realizada por los productores. El efecto de la incorporación de estiércol o cobertura verde son muy similares y superiores si se lo compara con el manejo de suelo con estiércol mas cobertura verde (Ilardia y Meirelles, 1998). Éstos, también estudiaron el efecto del agregado de nitrógeno y resulto que para un rendimiento de 30 Mg.ha<sup>-1</sup> en el cultivar Oso Grande, la dosis de nitrógeno.ha<sup>-1</sup> de 160 kg fue suficiente para alcanzar el mayor rendimiento. La interacción de la dosis de nitrógeno y la incorporación de estiércol fue significativa en los mese de máxima producción, octubre y noviembre.

La aplicación o no de enmienda orgánica al cultivo de tomate industria resulta significativo sobre el rendimiento comercial. A su vez no se encontraron diferencias entre agregados de 10 a 20 Mg.ha<sup>-1</sup> (Berrueta, 2008).

El fosforo es un nutriente que cumple un rol fundamental actuando favorablemente en la productividad, a la resistencia de las plantas a la necrosis y a las bajas temperaturas. También favorece la consistencia de los frutos, tamaño y precocidad de maduración. Una presencia equilibrada de nitrógeno y fósforo favorece la resistencia al frío invernal de las plantas (Branzanti, 1985). El desarrollo del sistema radical y la floración son los periodos de máximo requerimientos de fósforo. La planta absorbe el fósforo en forma de fosfatos inorgánicos, principalmente como aniones: H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup> y HPO<sub>4</sub><sup>2-</sup>.

El potasio es el elemento más consumido por la frutilla, el mayor consumo se produce durante el cuajado y desarrollo de los frutos (Branzanti, 1985). Tiene una alta importancia en el equilibrio hídrico de las plantas, también favorece el aumento de los

azúcares y la vitamina C, el color, sabor, aroma y la acidez de los frutos, favoreciendo la calidad de la fruta. Albrechts et al. (1991) realizaron estudios para determinar la relación óptima de potasio, indica que el potasio incrementa la producción floral y el rendimiento en fruta.

La fresa necesita un alto contenido en calcio para su desarrollo, ya que es un componente importante de las membranas, y sobre todo para la calidad de los frutos. Una correcta nutrición en calcio mejora la firmeza y resistencia al transporte de la fruta (Eaves y Leefe, citados por Hancock, 1999). Su deficiencia se manifiesta mediante una necrosis terminal de las hojas, en periodos de rápido crecimiento.

Las plantas cultivadas en condiciones de bajas temperaturas son susceptibles a la deficiencia de hierro, que se traduce en clorosis de las hojas. El rendimiento y el número de frutos por planta y el cuajado se ven afectados por la deficiencia de hierro (Ramírez, 2011).

El boro y el zinc tienen un efecto directo en la calidad del fruto, la carencia de ambos elementos produce una disminución en la fertilidad del polen, en la fructificación y una deficiencia de zinc provoca frutos pequeños (Hancock, 1999). Mientras el boro, junto con el molibdeno, es importante para el correcto contenido de vitamina C y azúcares de los frutos.

Trabajos realizados en tomate industria por Berrueta (2008) no encontró diferencias significativas en rendimiento comercial entre distintos niveles de aporte de nutrientes, sin embargo se observó una tendencia a aumentar los rendimientos al incrementar el aporte de nutrientes.

### 2.5.8 Irrigación

La demanda de agua por la planta de frutilla es alta, exigiendo un constante suministro de la misma, afectándose rápidamente el rendimiento cuando la humedad del suelo desciende del 80% de la capacidad de campo (Davies y Albrigo 1983, Folquer 1986).

Berrueta (2008) reportó que un déficit hídrico de 200 mm afecta directamente al rendimiento comercial para el cultivo de tomate industria. En cambio si no hay restricciones hídricas o fueran bajas es posible que otros factores sean más limitantes y no se observe una clara respuesta al grado de satisfacción de las demanda de agua.

Aunque hay datos que indican el consumo de agua de un ciclo completo anual, que oscila entre 4000 a 9000 m<sup>3</sup> por hectárea, no es posible cuantificar el volumen necesario utilizado en cada fase del cultivo. El consumo de cada fase es dependiente del tipo de suelo, clima, técnicas culturales, sistemas de protección y cultivar. La planta de frutilla, por su distribución radical necesita riegos frecuentes, con limitados aportes de agua en cada uno de ellos, sea por la escasa profundidad de sus raíces o por la sensibilidad a los marchitamientos (Branzanti, 1985).

En el ciclo anual hay diferentes momentos de necesidad de agua. El primer periodo sensible es en el momento de trasplante y en la siguiente etapa donde el desarrollo de las plántulas es alto. Una reducción del estatus hídrico reduce el desarrollo foliar, que debe alcanzar su máximo previo a la inducción floral. Un segundo periodo de alto consumo se produce en primavera cuando la planta retoma su activo crecimiento. Durante la floración y fructificación aun más durante la maduración y recolección se da un consumo elevado de agua que influye directamente en la cantidad y calidad de la producción.

La mayor producción obtenida por cultivos con riego en comparación a un cultivo en secano es debido a que permite aumentar la densidad, un desarrollo uniforme de las plantas, un bajo replante y un mayor desarrollo inicial (Aldabe, 1978).

La influencia del riego puede ser menos evidente en las regiones húmedas. Según Rom y Dana, citados por Larson (1994) el suministro de agua dio lugar a mayor número de hojas, área foliar y mayor acumulación de biomasa en un año seco, pero tuvo poco efecto en un año húmedo. En otra parte, Renquist et al., citados por Larson (1994) en un año caracterizado por un entorno fresco y nublado, el crecimiento del área foliar y peso seco de la hoja no se vieron afectados por el régimen de riego, aunque el riego resultó en aumento de la corona y el número de hojas.

## 2.6 FACTORES DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN QUE INCIDEN EN EL RENDIMIENTO

Existen numerosos factores que afectan al rendimiento físico de los cultivos que se relacionan con aspectos del sistema de producción, el cual es propio de cada predio. Algunos de los aspectos son el nivel de capital de cada establecimiento que influye sobre las tecnologías empleadas y en la eficiencia de las tareas como puede ser el laboreo de suelo, tareas realizadas al cultivo, aplicación de productos fitosanitarios, cosecha, comercialización, etc. Según González, citado por Berrueta (2008) analizando los productores remitentes a la planta industrializadora de tomate Valentín Martínez y Cía. S.A. existe una tendencia a que cuanto mayor es el nivel de capital de los predios mayor es el rendimiento.

Otro aspecto del sistema productivo que afecta el interés de los productores por el rubro y que afecta la productividad de los cultivos es la importancia del rubro según ingreso. En este sentido hay una tendencia a que los mayores rendimientos se obtienen

en aquellos predios en donde el rubro tiene una mayor importancia en los ingresos anuales de las familias (González, 2005).

Berrueta (2008) obtuvo para tomate industria que la importancia del rubro según ingreso o según superficie no se relaciona con el rendimiento obtenido. Tampoco encontró diferencias significativas en el rendimiento cuando tuvo en cuenta el grado de diversificación de los predios. Sin embargo evidenció una relación directa entre grado de mecanización y rendimiento comercial, sin obtener diferencia significativas en el análisis estadístico.

Berrueta (2008) verificó en la muestra de estudio una gran variabilidad de rendimiento existente entre los productores del Plan Tomate Industria siendo el rendimiento comercial mínimo de 21 Mg.ha<sup>-1</sup> y el máximo de 93 Mg.ha<sup>-1</sup>.

## 2.7 COMPONENTES DEL RENDIMIENTO

Los componentes del rendimiento en su más simple expresión pueden definirse en dos partes, por un lado el número de fruta (N) y por el otro el tamaño promedio de fruta (S).

$$Y = N * S$$

### 2.7.1 Número de frutas

El número de fruta (N) depende del número de frutos cuajados (Fs), de cada inflorescencia (Infl), por el número de inflorescencia ( $\Sigma$ Infl) y el tamaño de las inflorescencias (Infl.Sz), o por el número total de flores ( $\Sigma$ F1), dando (Galletta y Himelrick ,1990):

$$N = Fs * (\Sigma Infl * Infl.Sz)$$

Pero  $\Sigma F_l = \Sigma \text{Infl} * \text{Infl. Sz}$ ; por lo tanto

$$N = F_s * \Sigma F_l \quad (2)$$

Los sitios potenciales de iniciación de flor (FIS) son los meristemas apicales de cada corona. Así las coronas (C) las hojas expandidas en cada corona (L) menos los estolones (R), que son estructuras vegetativas extendidas (ya no son más sitios potenciales de formación de coronas), debería igualar a los sitios potenciales de iniciación de flor. Solamente las hojas sin expandirse no serán incluidas (Galletta y Himelrick, 1990).

$$\text{FIS} = (C * L) - R$$

Probablemente cuanto más coronas y hojas y menos estolones presentes en una planta al final de la estación de crecimiento, más flores e inflorescencia estarán presentes en la planta la próxima primavera. Sin embargo, los únicos meristemas que producirán flores son aquellos que están en posición apical en cada corona y en el cual dicho meristema se diferencie en un meristema floral (proceso de iniciación del meristema floral = FBI). Además, solamente esas inflorescencias iniciadas que se desarrollan (Desarrollo de la flor = FBD) la próxima primavera siguiente se cuentan como el número de flores ( $\Sigma F_l$ ) en la expresión (2) (Galletta y Himelrick, 1990).

La expresión (2) se puede ahora ampliar

$$N = F_s * (\text{FBD} * \text{FBI} * \text{FIS})$$

Algunos autores han estudiado los factores que afectan a este componente del rendimiento, tal es el caso de, Sonstebly (1997) quien encontró que el número de inflorescencia aumentó con el incremento en el número de ciclos inductivos. En trabajos posteriores Sonstebly y Nes (1998) encontraron que el número de flores era el mayor a



24 ciclos de días cortos y 15 °C disminuyendo a mayor o menor temperatura y/o número de ciclos de día cortos. El número de flores por planta era mayoritariamente determinado por el número de inflorescencia y solamente una pequeña parte por el número de flores por inflorescencia.

Galletta y Nicoll (1987) estudiaron el crecimiento vegetativo y productivo en frutilla., en cámara de crecimiento e invernáculo y encontraron que el número de frutas tiene una correlación positiva con el número de inflorescencias, de hojas, de coronas, y una correlación negativa con el peso seco de la raíz y de los estolones, el área foliar, la longitud del pecíolo y el tamaño de la planta.

#### 2.7.2 Tamaño promedio de frutos

El tamaño de fruta (S) es afectado por el número de aquenios, que depende de la posición de la flor en la inflorescencia (Pos), variable según el patrón de ramificación de la inflorescencia (Br) por el nivel de la polinización y fertilización (Fert). Una expresión sustituta para el tamaño de la fruta sería (Galletta y Himelrick ,1990):

$$S = \text{Pos} * \text{Br} * \text{Fert}$$

Le Miere et al., citados por Taylor (2002) determinaron que existe una clara relación inversa entre el aumento de la temperatura y el número de aquenios, siendo esto verdadero para todos los puestos de flores en las inflorescencias (primaria-quinario). El mayor efecto, es decir el mayor número de aquenios, se registró cuando las flores fueron sometidas a temperaturas de frío (16/11 °C) durante todo el periodo de diferenciación del óvulo. Por lo tanto una expresión más completa para la producción de fruta sería sustituyendo (Galletta y Himelrick ,1990):

$$Y = (\text{Fs} * \Sigma \text{Fl}) (\text{posición} * \text{Br} * \text{Fert})$$

Observar que, el número total de flores se relaciona negativamente con el tamaño y número de frutos cuajados (cuando uno aumenta, el otro disminuye). Así como la polinización de los aqueños (Fert) y el número de frutos cuajados no son procesos completamente independientes.

Swartz et al., citados por Galletta y Himelrick (1990) determinaron que el porcentaje de frutos cuajados y el tamaño de fruta disminuyen mientras que el número de flores, de inflorescencias y de coronas/unidad de área aumenta.

Popenoe y Swartz, citados por Galletta y Himelrick (1990), estudiaron como responde los componentes del rendimiento de dos cultivares en 4 o 5 sistemas por un periodo de dos años. Encontraron que el tipo de fumigación del suelo, largo de la cama, y tipo de irrigación no influyen en el rendimiento, pero el tipo de suelo sí. Más profundos (61cm), más pesados (más de 30% arcilla) superaron suelos superficiales (15cm), suelos más ligeros (menos del 20% de arcilla) por 50%.

## 2.8 ENFOQUE METODOLÓGICO

El desarrollo de sistemas de cultivos sostenibles es una prioridad clave para los agrónomos. Un primer paso consiste en comprender la relación entre el cultivo y el rendimiento del sistema productivo. Para completar este paso, una metodología titulada Diagnóstico Agronómica Regional (RAD) ha sido desarrollado. Durante los últimos 10 años, el ámbito del diagnóstico agronómico regional se ha ampliado para incluir varios factores que describen calidad de los cultivos y el impacto medioambiental del cultivo a los sistemas. El diagnóstico agronómico regional ha llevado a varios avances importantes. Las mejoras también se han obtenido en la metodología, en particular por la selección de indicadores para evaluar los efectos del manejo de cultivos, del suelo y las condiciones climáticas, y el análisis de datos. Finalmente, diagnóstico agronómico

regional se ha integrado en enfoques más generales del desarrollo agrícola (Doré et al., 2007b).

Este tipo de estudios no son sobre la base de pruebas experimentales. En su lugar, se basan en el seguimiento y la serie de mediciones en una red de predios que utilizan cultivos y prácticas actuales. Estos estudios a nivel de finca se utilizan para el diagnóstico y sus resultados se utilizan para definir sistemas de cultivo innovadores (Doré et al., 2007a).

Esta metodología plantea una forma diferente de analizar los resultados obtenidos en los sistemas productivos y así poder darle un orden de preferencia a los problemas a resolver (Doré et al., 1997).

Como lo señalado por Lobell y Ortiz Monasterio (2006) para rendimiento de los cultivos, *"la determinación de estrategias para reducir la brecha de rendimiento requiere una comprensión de sus causas"*, de ahí la necesidad de un diagnóstico. Doré et al. (1997) propusieron una metodología para llevar a cabo dicho diagnóstico agronómico: Diagnóstico Agronómico Regional (RAD). Estos estudios de caso demuestran la relevancia de RAD para la identificación y clasificación de los factores limitantes para rendimiento de los cultivos en la escala regional.

En varios estudios recientes, este método fue aplicado a otras variables relacionadas con la calidad del cultivo e impacto ambiental. Los nuevos métodos también se han propuesto y utilizado para analizar las relaciones causales entre los productores, sistemas de cultivo y su actuaciones agronómicas o ambientales. Por último, RAD ha sido integrador en acciones orientadas a proyectos agrícolas para la difusión de nuevos conocimientos a los productores.

Según Zandstra et al. (1987) los productores tienen una baja adopción de nuevas técnicas de producción viéndose reflejado en una debilidad en la capacidad de los investigadores para formular métodos de producción que compitan con la tecnología empleada por los productores.

### 2.8.1 Método Diagnóstico Agronómico Regional (RAD)

El RAD se aplica a pequeñas regiones agrícolas homogéneas, definida sobre la base común de las características climáticas y del suelo y características socioeconómicas, incluyendo agroalimentaria (Doré et al., 2007b).

Este enfoque implica un análisis funcional (ver Doré et al., 1997), basado en (1) un análisis de las relaciones entre la variabilidad de la producción y de los cultivos y / o en ambiente características durante el período de crecimiento, y (2) un análisis de las relaciones entre las características del sistema suelo-planta y las prácticas de los agricultores.

El rendimiento de RAD depende de la calidad de la red de predios seleccionados (Boiffin et al. 1981, Doré et al. 1997). La red de predios debe representar la diversidad de los sistemas existentes y ambientes (tipos de suelo y climáticas) en el área de estudio (Doré et al., 2007b).

Los datos se analizan en dos pasos, en una escala de campo, con el objetivo de explicar el rendimiento del cultivo en función de factores edáficos, climáticos y agronómicos y en la escala de toda la red de predios para clasificar los diversos factores limitantes de acuerdo con su impacto y la frecuencia en una región, y para validar las hipótesis basado en el análisis de campos individuales (Doré et al., 2007b).

### 3. MATERIALES Y METODOS

#### 3.1 IDENTIFICACIÓN DE LA VARIABILIDAD DE LOS SISTEMAS PRODUCTIVOS Y AMBIENTALES EN EL ÁREA DE ESTUDIO

En primer lugar se realizó un relevamiento de la información disponible y de los antecedentes sobre el estudio del cultivo. De esta información se tuvo en cuenta las variables que influyen en el proceso de formación del rendimiento y la respuesta del cultivo a diferentes condiciones de manejo como ambientales. Como segundo paso, se definieron que elementos del sistema de producción son determinantes de las diferencias y saber que variabilidad respecto a cada uno existe en la zona de estudio. El primer paso se desarrolla en el capítulo de revisión bibliográfica, mientras que el segundo se presenta a continuación.

Los predios se seleccionaron de modo que representaran situaciones contrastantes respecto al cultivo que queremos estudiar, donde estuvieran presentes las principales variables que son relevantes para la producción del cultivo. De la información obtenida acerca de las técnicas llevadas a cabo por los productores de la zona se utilizó para construir una base de datos, la cual constituyó una herramienta para la selección de la muestra de productores.

#### 3.2 SELECCIÓN DE LA MUESTRA

Se tomó una muestra de productores correspondiente a la zona de interés, dicha área no es muy amplia, permitiendo de esta manera desprestigiar diferencias ambientales. Estas impedirían medir el efecto de los distintos manejos, que son el objetivo del trabajo. El área de interés se centra en los productores de frutilla ubicados al noroeste del país, en las inmediaciones de la ciudad de Salto.

Se seleccionaron productores que presentaran variaciones de manejos, los cuales combinaran los factores de mayor incidencia sobre el cultivo. En la elección se tuvo en cuenta la disponibilidad y confiabilidad de los productores a llevar a cabo el trabajo.

La muestra quedó compuesta por 8 productores, ubicados en un radio de dos kilómetros aproximadamente.

### 3.3 DEFINICIÓN DE LAS VARIABLES A RELEVAR

Las variables a relevar y medir en los predios se definieron teniendo en cuenta los antecedentes estudios realizados en la zona sobre el cultivo de frutilla y la bibliografía donde se describen los factores que afectan al rendimiento.

Las variables a relevar se agruparon en:

- Variables agroclimáticas
- Variables referidas a las características principales del sistema de producción a nivel predial.
- Variables del sistema de manejo del cultivo y tecnologías empleadas.
- Variables edáficas
- Variables referidas directamente al cultivo

En cada predio se seleccionaron los cuadros y en ellos se instalaron cuatro parcelas al azar. Sobre dichas parcelas se trabajó durante el período de estudio y se realizaron las medidas que se detallan más adelante.

### 3.3.1 Variables agroclimáticas

Los datos climáticos se obtuvieron de la estación agrometeorológica de INIA Salto Grande y Estación Experimental de la Facultad de Agronomía Salto, utilizándose la temperatura máxima (°C), mínima y media, precipitaciones y radiación solar. Los datos se encuentran en el anexo no. 1.

### 3.3.2 Variables referidas a las características del sistema de producción a nivel predial

Mediante la realización de entrevistas a productores se recabaron datos generales del predio y de su actividad productiva (anexo no. 2). Se registró información correspondiente a la organización de la producción, superficie predial y del cultivo, principales cultivos, principal fuente de ingreso, mano de obra contratada y familiar, maquinaria, infraestructura presente entre otros.

### 3.3.3 Variables del sistema de manejo del cultivo y tecnologías empleadas

El relevamiento de datos referentes al manejo de los cultivos se extrajo por medio de entrevista con el productor y del cuaderno de campo en predios que contaban con él, y también se realizaron mediciones a campo.

Los datos obtenidos fueron los siguientes.

- Manejo fitosanitario: Se extrajo el calendario de aplicaciones de productos fitosanitarios.
- Fertilización: Se registró fertilización de base y refertilizaciones por fertirriego.
- Uso y manejo anterior del suelo: Metodología de preparación de suelo, cultivo anterior, implantación de abonos verdes y desinfección de suelo.

- Tecnología de los viveros: Registro de método de producción de plantas, origen de la planta madre, fecha de instalación, protegido, distancia y arreglo espacial de las plantas y sistema de riego.
- Instalación del cultivo: Variedades empleadas, fecha de trasplante, tipo de planta sistema de protección y calidad del plantín.

En el cuadro de cultivo seleccionado se midió el marco de plantación y la densidad de plantas por superficie. Para ello, se relevó la distancia entre canteros y la distancia entre plantas. Para determinar la distancia entre plantas y entre filas se promediaron las medidas obtenidas en las cuatro parcelas, con 12 plantas de los cuadros en estudio. Para la distancia entre canteros se promediaron los valores de diez medidas realizadas al azar.

#### 3.3.4 Variables edáficas

Esta variable se dividió en tres niveles que comprendían suelos arenosos, medios pesados y pesados.

Los suelos de textura arenosa corresponden a Argisoles, estos son suelos texturalmente bien diferenciados, con una secuencia de horizontes A-Bt-C, en la que generalmente el horizonte argilúvico es un argipan, de textura fina y estructura gruesa y compacta. La profundidad de los horizontes es variable. El horizonte superficial (A), es melánico u ócrito, y solo excepcionalmente úmbrico. Este se caracteriza por presentar textura limoso franco o franco arenoso, fertilidad baja y bajo contenido en materia orgánica. Pueden existir cantos rodados integrando la masa del suelo y a veces conformando una línea de cantos de más de 20 cm. de espesor, considerándose entonces al suelo como pseudolítico.



Los suelos de textura pesada corresponden a Brunosoles Subéutricos Típicos. Estos suelos presentan horizontes superiores de color pardo muy oscuro a negro, textura franco arcillo arenosa, fertilidad media y drenaje moderadamente bueno a imperfecto. Pueden existir cantos rodados integrando la masa del suelo.

Los suelos de textura medio pesado se corresponden a Argisoles Subéutricos Melánicos Típicos. Estos presentan horizontes superiores de color pardo muy oscuro a negro, de textura franco arenosa a franco arenoso arcillosa. En la mayoría de los perfiles existe un cambio textural abrupto entre los horizontes A y B, la transición en color y estructura es asimismo abrupta o al menos clara. Pueden existir cantos rodados integrando la masa del suelo.

#### 3.3.5 Variables referidas directamente al cultivo

- Variedad: INIA Guenoa, INIA Yuri, Festival y Earlibrite.
- Tipo de vivero: a campo o bajo invernadero.
- Sistema de protección: macro o microtúnel.
- Tipo de suelo: pesado, medio pesado y arenoso.
- Fecha de trasplante: temprana hasta 7 de abril, media del 7 al 15 de abril y tarde a partir del 15 de abril.

Para determinar el rendimiento físico por planta se cosecharon las 12 plantas de la parcela delimitada al inicio del cultivo.

Se dividió la producción en dos etapas, producción precoz para el periodo junio - julio y producción semiprecoz para el periodo junio - setiembre.

En cada parcela se tomaron los siguientes datos.

- Número de plantas
- Peso de frutas de calidad comercial, definida como fruta sin daños o lesión grave, heridas, podredumbre, sobre maduración, deformación (cara de gato) y diámetro ecuatorial mayor a 15 milímetros.
- Número de frutas de calidad comercial.
- Peso comercial, estimado promediando los pesos acumulados registrados por parcela.
- Peso promedio de los frutos utilizando el peso de los frutos y el número de los mismos.
- Número de fruta chica y descarte.
- Porcentaje de fruta comercial, chica y descarte.
- Peso y número de fruta comercial, chica y descarte para todo el periodo en estudio (producción precoz + producción total).
- Peso total acumulado, correspondiente a la suma de peso comercial + chica, sin el descarte

**Cuadro No. 2:** Variables en cada sitio muestreado.

Sitios	Productor	Variedad	Tipo de vivero	Protección	Tipo de suelo	Fecha de trasplante
1	1	Earlibrite	Campo	Microtúnel	Pesado	Tarde
2	1	Earlibrite	Invernáculo	Microtúnel	Pesado	Media
3	1	Festival	Invernáculo	Microtúnel	Pesado	Tarde
4	2	Yurí	Invernáculo	Microtúnel	Arenoso	Temprana
5	2	Earlibrite	Invernáculo	Microtúnel	Arenoso	Temprana
6	2	Festival	Invernáculo	Microtúnel	Arenoso	Temprana
7	2	Yurí	Invernáculo	Microtúnel	Arenoso	Temprana
8	3	Yurí	Invernáculo	Microtúnel	Arenoso	Temprana
9	3	Guenoa	Invernáculo	Macrotunel	Arenoso	Temprana
10	4	Yurí	Invernáculo	Macrotunel	Arenoso	Temprana
11	5	Earlibrite	Campo	Microtúnel	Arenoso	Tarde
12	6	Festival	Invernáculo	Microtúnel	Arenoso	Media
13	7	Yurí	Invernáculo	Microtúnel	Pesado	Temprana
14	7	Festival	Invernáculo	Microtúnel	Pesado	Media
15	8	Earlibrite	Invernáculo	Microtúnel	Medio pesado	Temprana
16	8	Festival	Invernáculo	Microtúnel	Medio pesado	Temprana

### 3.4 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

En primera instancia fueron analizadas las variables de respuesta: rendimiento comercial, número de fruta comercial, peso promedio de fruta comercial, peso total precoz (fruta comercial más chica), en el período precoz, repitiendo lo mismo para el periodo semiprecoz.

Una vez realizada esta etapa se realizaron otros análisis estadísticos donde se agruparon los factores que tuvieron efectos significativas en la primera etapa.

Se utilizó un modelo mixto y los datos fueron analizados con una significancia de 0.05. El software usado fue R console.

En los primeros análisis, debido a la falta de homogeneidad de las varianzas se transformaron los datos, utilizando raíz cuadrada, el inverso, exponencial y logaritmo. Las variables transformadas fueron rendimiento comercial, número de frutos precoz y rendimiento total precoz.

Para hacer las comparaciones múltiples se utilizó la prueba de Tukey manteniendo la misma significancia.

## 4. RESULTADOS

### 4.1 CONDICIONES AMBIENTALES DE LA TEMPORADA EN ESTUDIO

La temperatura promedio del año de estudio tuvo un comportamiento similar al promedio histórico en los meses más cálidos, registrándose temperaturas medias inferiores a los históricos en los meses de junio, julio y agosto (anexo 1).

Si comparamos el régimen hídrico de esta temporada con promedios históricos de precipitaciones mensuales se puede detectar niveles de lluvias inferiores en el período estival y superiores en el periodo invernal. Las diferencias detectadas no superan los 40 milímetros mensuales (anexo 1). La mayor incidencia de las lluvias favorece las condiciones ambientales para el desarrollo de las enfermedades fúngicas, principalmente botrytis.

### 4.2 RESULTADOS PRODUCTIVOS

El rendimiento de fruta comercial precoz varió de 5 a 17 Mg.ha<sup>-1</sup>, mientras que para el periodo semiprecoz la producción estuvo entre 18 y 50 Mg.ha<sup>-1</sup> (cuadro no. 2). Se observa una gran variabilidad de rendimientos entre sitios y también se ve como varía el ranking de los productores con respecto a los rendimientos al observar los diferentes períodos. El rendimiento comercial promedio de la muestra fue de 10 y 33 Mg.ha<sup>-1</sup> para el período precoz y semiprecoz respectivamente.

Los rendimientos obtenidos por planta variaron entre 70 - 308 y 284 - 881 gr.pl<sup>-1</sup> para periodo precoz y semiprecoz respectivamente. En promedio, los rendimientos de fruta comercial por planta estuvieron en el entorno de 190 y 620 gr.pl<sup>-1</sup> para los dos períodos respectivamente (cuadro no. 3).

**Cuadro No. 3:** Rendimiento comercial en toneladas por hectárea y gramos por planta precoz y semiprecoz en la zafra 2011.

<b>Sitios</b>	Rmto jun - jul (Mg.ha <sup>-1</sup> )	Rmto jun - set (Mg.ha <sup>-1</sup> )	Rmto jun - jul (Gr.pl <sup>-1</sup> )	Rmto jun - set (Gr.pl <sup>-1</sup> )
1.1	7,7	30,9	135	543
1.2	7,4	31,8	130	558
1.3	5,0	29,4	87	516
2.1	14,2	40,1	248	702
2.2	12,2	30,1	214	527
2.3	13,4	35,9	235	628
2.4	12,1	35,4	283	827
3.1	5,4	22,5	162	670
3.2	6,6	34,1	140	715
4.1	8,0	SD	177	SD
5.1	4,3	17,5	70	284
6.1	11,4	27,6	163	395
7.1	11,5	33,5	216	626
7.2	11,3	37,0	211	692
8.1	16,1	45,9	308	881
8.2	10,8	32,4	207	622
<b>Promedio</b>	10,0	32,4	190,1	617,0

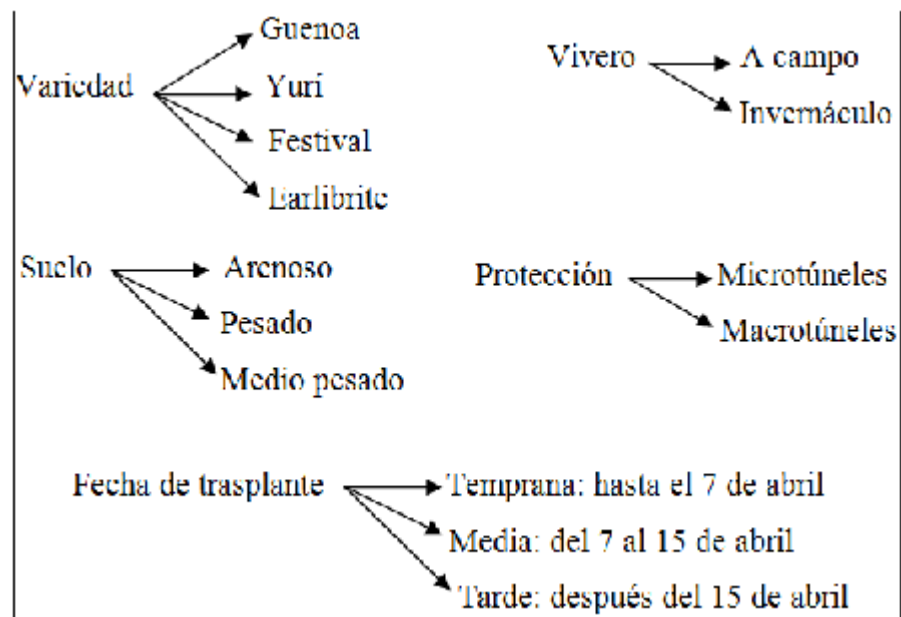
En el cuadro no. 4 se observa el comportamiento productivo de las distintas variedades, la cual no se evidenciaron diferencias significativas para el rendimiento comercial. En el periodo precoz existe una tendencia de Yuri y Festival a obtener mayor rendimiento, en cambio para el periodo semiprecoz no existen diferencias entre variedades. Estos resultados no permitieron detectar diferencias estadísticas.

**Cuadro No. 4:** Resultados de producción promedio de las diferentes variedades para los dos periodos.

Variedades	Medias periodo precoz (Mg.ha <sup>-1</sup> )	Medias periodo semiprecoz (Mg.ha <sup>-1</sup> )
Guenoa	6,65	34,06
Earlibrite	9,54	31,22
Yurí	10,25	32,89
Festival	10,37	32,45

#### 4.3 FACTORES DE PRODUCCIÓN ANALIZADOS

En la figura no. 5 se presentan los factores de producción y sus diferentes niveles que se consideraron más relevantes para el desempeño del cultivo.



**Figura 5:** Factores de producción y sus diferentes niveles.

#### 4.4 RENDIMIENTO COMERCIAL EN TONELADAS POR HECTÁREA

Los datos de esta variable se utilizaron transformados para el análisis estadístico, para facilitar la interpretación agronómica en la última columna de los cuadros aparecen los valores originales.

El resultado del análisis de varianza para rendimiento precoz evidenció que las variables significativas fueron vivero, suelo y fecha de trasplante. En el periodo semiprecoz las diferencias en rendimiento comercial se explican por el tipo de vivero y la fecha de trasplante (cuadro no. 5).

**Cuadro No. 5:** Valores de probabilidad obtenidos en el análisis de varianza según rendimiento comercial.

<b>Variable</b>	<b>P valor - precoz</b>	<b>P valor - semiprecoz</b>
Variedad	--	--
Protección	0.5729721	0.2838820
Vivero	0.001163080**	0.000913356**
Suelo	0.03391488**	--
Trasplante	5.235343e-05**	0.003171349**

Debido a la significancia del presente trabajo, se puede afirmar con un 95% de confianza que las variables vivero, suelo y trasplante presentan diferencias significativas cuando son analizadas de manera aislada.



**Cuadro No. 6:** Ranking de vivero según rendimiento comercial.

<b>Vivero</b>	<b>Periodo precoz</b>			<b>Periodo semiprecoz</b>		
	<b>E. E.</b>	<b>Medias tran.</b>	<b>Medias (Mg.ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>E. E.</b>	<b>Medias tran.</b>	<b>Medias (Mg.ha<sup>-1</sup>)</b>
Campo	0,17	1,79 A	6,10	0,82	3,19 A	24,23
Invernáculo	-0,79	2,34 B	10,41	-0,11	3,51 B	33,45

Como se observa en el cuadro no. 6 la prueba de comparación deja en evidencia que las plantas provenientes del vivero a campo fueron significativamente menos productivas que aquellas producidas bajo invernáculo. Obteniéndose en plantas procedentes de viveros a campo rendimientos en el entorno de 6 toneladas por hectárea y en viveros bajo invernáculo de 10 toneladas. Las plantas procedentes de viveros en invernáculos en la producción semiprecoz fueron superiores con 35 Mg.ha<sup>-1</sup>, frente a las de campo con 24 Mg.ha<sup>-1</sup>.

**Cuadro No. 7:** Ranking de trasplante según rendimiento comercial.

<b>Trasplante</b>	<b>Periodo precoz</b>			<b>Periodo semiprecoz</b>		
	<b>E. E.</b>	<b>Medias tran.</b>	<b>Medias (Mg.ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>E. E.</b>	<b>Medias tran.</b>	<b>Medias (Mg.ha<sup>-1</sup>)</b>
Tarde	-0,14	1,73 A	5,64	0,63	3,25 A	25,79
Medio	-0,14	2,30 B	9,97	0,63	3,46 B	31,82
Temprano	-0,73	2,40 B	11,04	0,08	3,54 B	34,47

La fecha de trasplante temprano y media favorecieron el mayor rendimiento comercial, sin diferenciarse entre sí, obteniéndose entre 10 y 11 Mg.ha<sup>-1</sup> para precoz y 32 y 34,5 Mg.ha<sup>-1</sup> para semiprecoz. Para la fecha de trasplante más tarde el rendimiento fue de 5,5 y 26 Mg.ha<sup>-1</sup> para periodo precoz y semiprecoz respectivamente.

**Cuadro No. 8:** Ranking de suelo según rendimiento comercial.

Suelo	Periodo precoz			Periodo semiprecoz		
	E. E.	Medias tran.	Medias (Mg.ha <sup>-1</sup> )	E. E.	Medias tran.	Medias (Mg.ha <sup>-1</sup> )
Pesado	-0,29	2,15 A	8,58	1,18	3,48	32,49
Arenoso	-0,58	2,28 A	9,18	1,50	3,41	30,41
Medio pesado	0,17	2,60 B	13,46	2,37	3,67	39,13

Cuando fue analizado de manera comparativa el factor suelo, la textura media pesada fue superior respecto a arenoso y pesado. A su vez entre pesado y arenoso no se reportaron diferencias significativas. La producción precoz obtenida en los suelos de textura media pesado fue de 14 Mg.ha<sup>-1</sup> aproximadamente y en lo de textura pesada y arenosa estuvieron en el entorno de 9 Mg.ha<sup>-1</sup>. No se observó efecto significativo del tipo de suelo en el rendimiento semiprecoz.

**Cuadro No. 9:** Resumen del análisis de varianza del modelo mixto para rendimiento comercial.

Variable	Periodo precoz			Periodo semiprecoz		
	S. Cuad.	P valor	%	S. Cuad.	P valor	%
<b>vivero</b>	0.1113	0.288443	1.4	72.1	0.1922258	2.9
<b>suelo</b>	0.6750	0.0373108	8.2	---	---	---
<b>trasplante</b>	1.8857	0.0002275	22.7	121.72	0.2384964	4.8
<b>residual</b>	5.6216		67.8	2317.40		92.3

A partir del análisis de varianza colocando rendimiento comercial como variable dependiente y analizando los factores significativos, en un modelo mixto, se obtuvo que el factor de mayor incidencia es la fecha de trasplante con un 23 %. A su vez el tipo de

suelo se coloca en segundo orden de importancia con un 8 % y el tipo de vivero un 1,5 % para el rendimiento precoz. Para el rendimiento semiprecoz se desprende que la fecha de trasplante explica en mayor medida las variaciones del rendimiento en un 5 %, seguida por el tipo de vivero en un 3 % (cuadro no. 9).

#### 4.5 NÚMERO DE FRUTA COMERCIAL POR HECTÁREA

Se debe recordar que todos los datos de esta variable de respuesta se utilizan transformados, para el periodo precoz, para el análisis estadístico, para facilitar la interpretación agronómica en la última columna de los cuadros aparecen los valores originales.

Cuando se analizó el número de frutas se evidenció que el tipo de vivero y fecha de trasplante fueron significativas cuando se analizaron de forma aislada y en el periodo semiprecoz también influenció la variedad.

**Cuadro No. 10:** Valores de probabilidad obtenidos en el análisis de varianza para número de frutos.

<b>Variable</b>	<b>P valor - precoz</b>	<b>P valor - semiprecoz</b>
Variedad	0.2758871	0.04768760**
Protección	--	0.3899589
Vivero	0.002736960**	1.419581e-05**
Suelo	--	--
Trasplante	6.346025e-05**	0.0001638721**

**Cuadro No. 11:** Ranking de variedad según número de frutos en el periodo semiprecoz.

<b>Variedad</b>	<b>E. E.</b>	<b>Medias (miles de frutas.ha<sup>-1</sup>)</b>
Earlibrite	78,30	1487,19 A
Yuri	87,54	1663,49 A B
Festival	78,30	1815,89 A B
Guenoa	175,09	1882,94 B

En el cuadro anterior se presentan los resultados de la prueba de comparación, donde se evidencia que Guenoa se diferenció significativamente de Earlibrite pero no de Yuri y Festival. Estas dos últimas no se diferencian tampoco de Earlibrite.

**Cuadro No. 12:** Ranking de vivero según número de frutos.

<b>Vivero</b>	<b>Periodo precoz</b>			<b>Periodo semiprecoz</b>	
	<b>E. E.</b>	<b>Medias tran.</b>	<b>Medias (miles de frutas.ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>E. E.</b>	<b>Medias (miles de frutas.ha<sup>-1</sup>)</b>
Campo	0,12	12,57 A	287,79	105,73	1104,23 A
Invernáculo	0,05	13,01 B	446,85	41,47	1757,22 B

El factor vivero en invernáculo para la cosecha precoz fue significativamente superior que vivero a campo, registrándose 450 mil frutas.ha<sup>-1</sup> aproximadamente. Las plantas obtenidas de viveros bajo invernáculo produjeron más número de frutos que aquellas provenientes de vivero a campo en el periodo de cosecha semiprecoz.

**Cuadro No. 13:** Ranking de trasplante según número de frutos.

Vivero	Periodo precoz			Periodo semiprecoz	
	E. E.	Medias tran.	Medias (miles de frutas.ha <sup>-1</sup> )	E. E.	Medias (miles de frutas.ha <sup>-1</sup> )
Tarde	0,09	12,49 A	265,67	88,48	1241,37 A
Medio	0,09	13,08 B	479,26	88,48	1733,54 B
Temprano	0,05	13,06 B	469,77	51,08	1791,95 B

El atraso en el trasplante resultó en un menor número de frutas por hectárea en ambos período de cosecha. No se registraron diferencias entre la plantación media y temprana. La cantidad de fruta por hectárea obtenida para la fecha de trasplante media y temprana fue de 480 y 470 mil respectivamente.

**Cuadro No. 14:** Resumen del análisis de varianza del modelo mixto para número de frutos.

Variable	Periodo precoz			Periodo semiprecoz		
	S. Cuad.	P valor	%	S. Cuad.	P valor	%
variedad	---	---	---	693913	0.04278	12.2
vivero	0.1351	0.2333	1.8	101277	0.263881	1.8
trasplante	1.9273	0.0001384	25.2	702266	0.016759	12.3
residual	5.5911		73.1	4209326		73.7

A partir de la integración de las variables significativas en el análisis de varianza en un modelo mixto (cuadro no. 14), se desprende que la fecha de trasplante es el factor que explica en mayor medida la variación del número de frutos precoces, en un 25 %. A su vez el tipo de vivero afecta en un 2 %. En el mismo sentido para el periodo semiprecoz la variedad y la fecha de trasplante son los factores de mayor influencia en un 12 %.

#### 4.6 PESO PROMEDIO DE FRUTOS COMERCIALES

En el cuadro no. 15 se presenta el peso promedio de los frutos que fue aproximadamente 22 gr. en el periodo precoz y el peso medio de los frutos semiprecoz fue de 20 gr. aproximadamente, cosechándose fruta de un máximo de 30 y 23 gr. para los diferentes periodos respectivamente.

**Cuadro No. 15:** Valores máximos, mínimos y media para peso de los frutos comerciales.

<b>Variable</b>	<b>Máximo</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Media</b>
Peso de frutos precoz	29.90	15.00	21.78
Peso de frutos semiprecoz	23.50	14.30	19.50

**Cuadro No. 16:** Valores de probabilidad obtenidos en el análisis de varianza para peso de frutos.

<b>Variable</b>	<b>P valor - precoz</b>	<b>P valor - semiprecoz</b>
Variedad	--	0.0002109749**
Protección	0.8210672	0.7665606
Vivero	0.07438426	0.001434766**
Suelo	--	0.01142197**
Trasplante	0.07752035	0.02249731**

Para esta variable de respuesta no se obtuvieron factores que resultaran significativos en el periodo precoz. En cambio el peso de los frutos semiprecoz fue afectado por la variedad, vivero, suelo y fecha de trasplante, evidenciado por el análisis de varianza. Este resultado fue obtenido cuando se analizaron los factores de forma aislada.

**Cuadro No. 17:** Ranking de variedad según peso de frutos en gramos en el periodo semiprecoz.

<b>Variedad</b>	<b>E. E.</b>	<b>Medias (Gr.)</b>
Festival	0,38	17,96 A
Guenoa	0,85	18,13 A B
Yurí	0,43	19,81 B C
Earlibrite	0,38	21,02 C

La variedad Earlibrite produjo frutas de mayor peso que Guenoa y Festival, pero no se diferenció de Yurí. El cultivar de menor peso medio de fruta fue Festival, sin diferenciarse de Guenoa. Los pesos de fruta para Earlibrite y Yurí oscilaron en el entorno de 19 y 21 gr. comprendido en el periodo semiprecoz.

**Cuadro No. 18:** Ranking de vivero según peso de frutos en gramos en el periodo semiprecoz.

<b>Vivero</b>	<b>E. E.</b>	<b>Medias (Gr.)</b>
Campo	0,68	21,80 B
Invernáculo	0,27	19,13 A

Según la prueba de comparación el vivero en invernáculo fue inferior al de campo, obteniéndose aproximadamente fruta de 20 y 22 gr. respectivamente.

**Cuadro No. 19:** Ranking de suelo según peso de frutos en gramos en el periodo semiprecoz.

<b>Suelo</b>	<b>E. E.</b>	<b>Medias (Gr.)</b>
Pesado	0,44	20,19 A B
Arenoso	0,35	18,70 A
Medio pesado	0,70	20,86 B

En los sitios de suelo pesado se obtuvieron frutas de mayor peso medio que en el arenoso no detectándose diferencias. A su vez si hay diferencias significativas entre medio pesado y arenoso. Para la textura arenosa el peso de los frutos fue de 19 gr y para medio pesado de 21 gr.

**Cuadro No. 20:** Ranking de trasplante según peso de frutos en gramos en el periodo semiprecoz.

<b>Trasplante</b>	<b>E. E.</b>	<b>Medias (Gr.)</b>
Tarde	0,58	21,00 B
Medio	0,58	18,67 A
Temprano	0,33	19,25 A

La fecha tardía obtuvo las frutas de mayor peso medio para la cosecha semiprecoz, obteniéndose fruta de aproximadamente 20 gr. No se diferenciaron en este parámetro las fechas tempranas y media, oscilando el peso de la fruta entre 18 y 19 gr.

**Cuadro No. 21:** Resumen del análisis de varianza de un modelo mixto para peso de los frutos.

<b>VARIABLES</b>	<b>Periodo semiprecoz</b>		
	<b>S. Cuad.</b>	<b>P valor</b>	<b>%</b>
<b>variedad</b>	78.661	1.491e-07	33.2
<b>vivero</b>	0.010	0.9360075	0.004
<b>suelo</b>	62.598	5.298e-07	26.3
<b>trasplante</b>	14.244	0.01692	6.0
<b>residual</b>	82.103		34.5



En el cuadro no. 21 se detallan los resultados de la integración de los factores en un modelo mixto. Donde se puede observar que para el peso de los frutos semiprecoz el factor de mayor influencia con un 33 % de la variación es la variedad, seguida por el tipo de suelo con un 26 %.

#### 4.7 RENDIMIENTO DE FRUTA TOTAL

El rendimiento total de fruta corresponde a la suma de peso de fruta comercial y el peso de fruta chica. Se debe recordar que los datos de esta variable respuesta en el periodo precoz se utilizaron los datos transformados, por este motivo se agrega en cada cuadro los datos sin transformar para facilitar la interpretación agronómica.

En el cuadro no. 22 se presentan los resultados del análisis de varianza resultando significativo los factores vivero, suelo y trasplante en el periodo precoz. En cambio los factores significativos para el periodo semiprecoz fueron vivero y trasplante cuando se analizaron de forma aislada.

**Cuadro No. 22:** Valores de probabilidad obtenidos en el análisis de varianza para rendimiento de fruta total.

Variable	P valor - precoz	P valor - semiprecoz
Variedad	--	--
Protección	0.4412392	0.3914806
Vivero	0.001807748**	0.000423358**
Suelo	0.03373475**	--
Trasplante	6.796488e-05**	0.000755212**

**Cuadro No. 23:** Ranking de vivero según rendimiento total.

Vivero	Periodo precoz			Periodo semiprecoz	
	E. E.	Medias tran.	Medias (Mg.ha <sup>-1</sup> )	E. E.	Medias (Mg.ha <sup>-1</sup> )
Campo	0,18	1,83 A	6,23	2,31	24,93 A
Invernáculo	-0,80	2,36 B	10,59	0,91	35,34 B

Para rendimiento de fruta total el origen del vivero fue significativo, resultando de la prueba de comparación que el vivero en invernáculo es superior al de campo. Obteniéndose en las plantas que provenían de los viveros bajo invernáculo 10,5 Mg.ha<sup>-1</sup> en la cosecha precoz y 35,4 Mg.ha<sup>-1</sup> en la semiprecoz. En cambio para plantas de viveros a campo los rendimientos fueron de 6 Mg.ha<sup>-1</sup> y 25 Mg.ha<sup>-1</sup> en cosecha precoz y semiprecoz respectivamente.

**Cuadro No. 24:** Ranking de trasplante según rendimiento total.

Trasplante	Periodo precoz			Periodo semiprecoz	
	E. E.	Medias tran.	Medias (Mg.ha <sup>-1</sup> )	E. E.	Medias (Mg.ha <sup>-1</sup> )
Tarde	-0,12	1,77 A	5,87	1,06	36,59 B
Medio	-0,12	2,42 B	11,25	1,84	26,62 A
Temprano	-0,71	2,43 B	11,36	1,84	33,36 B

Al compara las fechas de trasplante para el rendimiento total precoz, se obtuvo que la más temprana y media no se diferenciaron entre sí, produciendo 11 Mg.ha<sup>-1</sup>. A su vez la fecha de trasplante tarde fue inferior con un rendimiento de 6 Mg.ha<sup>-1</sup>. En cambio en el periodo semiprecoz la fecha de trasplante tardía y temprana pueden considerarse iguales con rendimiento entre 33 y 36,6 Mg.ha<sup>-1</sup>. A su vez los rendimientos son inferiores en la fecha media con 27 Mg.ha<sup>-1</sup>.

**Cuadro No. 25:** Ranking de suelo según rendimiento total precoz.

Suelo	E. E.	Medias tran.	Medias (Mg.ha <sup>-1</sup> )
Pesado	-0,26	2,17 A	8,76
Arenoso	-0,56	2,31 A	10,07
Medio pesado	0,19	2,60 B	13,46

En textura de suelo se obtuvo que la mejor es medio pesado que pesado y arenoso. No encontrándose diferencias entre textura pesado y arenoso. Registrándose para la cosecha precoz rendimientos de 13,5 Mg.ha<sup>-1</sup> en suelos de textura medio pesada y entre 8 y 10 Mg.ha<sup>-1</sup> para pesadas y arenosas.

**Cuadro No. 26:** Resumen del análisis de varianza del modelo mixto para rendimiento total.

Variable	Periodo precoz			Periodo semiprecoz		
	S. Cuad.	P valor	%	S. Cuad.	P valor	%
<b>vivero</b>	0.1365	0.237673	1.7	68.74	0.1971	2.7
<b>suelo</b>	0.5821	0.0557102	7.2	---	---	---
<b>trasplante</b>	1.8240	0.0002671	22.5	216.99	0.07664	8.5
<b>residual</b>	5.5601		68.6	2258.58		88.7

En el rendimiento total la variación explicada por el vivero es en el entorno del 2.5 % para ambos periodos (cuadro no. 26). Sin embargo la fecha de trasplante es la de mayor incidencia en un 22,5 % y 8,5 % para el periodo precoz y semiprecoz respectivamente. A su vez el tipo de suelo estuvo afectando en un 7 % el rendimiento total precoz.

#### 4.8 BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN

La población de productores estudiados presenta una gran diversidad en lo que refiere a la organización de los predios y a la disponibilidad de recursos para la producción. La mayor diferencia se observa en el porcentaje de la superficie total que ocupa la frutilla y en el grado de mecanización (cuadro no. 27). Sin embargo, el cultivo corresponde al ingreso principal del predio o se posiciona en segundo lugar.

**Cuadro No. 27:** Descripción de los sistemas de producción para la zafra 2011.

<b>Productor</b>	<b>% del predio ocupado con frutilla</b>	<b>Importancia de la frutilla según ingreso</b>	<b>grado de diversificación</b>	<b>grado de mecanización</b>
1	8,96	1	2	bajo
2	13,3	2	1	alto
3	31,3	1	1	medio
4	--	1	2	alto
5	5,0	1	1	bajo
6	--	1	1	medio
7	6,8	1	2	alto
8	16,7	1	2	medio

#### **Referencias**

**Importancia de la frutilla según ingreso:** 1 (rubro más importante), 2 (segundo rubro en importancia según ingreso), 3 (tercer rubro en importancia según ingreso).

**Grado de diversificación:** 1 (solo horticultura, no más de tres cultivos), 2 (solo horticultura, más de tres cultivos), 3 (horticultura y fruticultura o apicultura o ganadería).

La mitad de los productores realizan menos de tres cultivos, lo cual indica una baja diversificación.

## 4.9 BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS DE MANEJO

### 4.9.1 Vivero

El 87 % de los productores obtiene los plantines de viveros propios. Dos de los cultivos analizados provenían de viveros a campo. Uno obtuvo la totalidad de los plantines de viveros a campo y otro de viveros a campos y bajo invernadero. Los dos productores que realizaron vivero a campo utilizaron plantas madre del cultivo de la temporada anterior.

Los plantines se enraízan en vasos de polietilenos individuales de 250 cm<sup>3</sup>, estos se llenan de un sustrato mezcla. El sustrato se compone de arena y abono orgánico previamente desinfectado por la técnica de solarización.

Los invernaderos utilizados para los viveros son los mismos que se utilizan para cultivos como morrón y tomate. Estos cultivos son antecesores del vivero de frutilla, por este motivo en la mayoría de los casos no se realiza fertilización de base.

### 4.9.2 Fertilización

El 87 % de los productores aplicó abono orgánico (estiércol de vacunos) en la temporada de estudio acompañado con fertilizantes químicos. Para el aporte de nutrientes al suelo ningún productor tuvo en cuenta un análisis de suelo.

En el cuadro no. 28 se puede observar la variabilidad de la fertilización de base entre productores. Las aplicaciones de abono orgánico variaron de 24 a 40 toneladas por hectárea. Las unidades por hectárea de fósforo aplicadas como fertilizante químico estuvieron entre 21 a 140 y las de potasio entre 35 y 160.

**Cuadro No. 28:** Aporte de nutrientes totales

Productor	Ab. Org. (Mg.ha <sup>-1</sup> )	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Otros
		Kg.ha <sup>-1</sup>			
1	23,9	60	140	158,5	
2	30,5	34,5	42	42	
3	32,5	35	89	35	
4	---	---	---	---	
5	0	66	21	66	
6	35,8	30	90	43	
7	40,1	56,5	70,5	70,5	Dolomita
8	30,5	47	58,5	58,5	

#### 4.9.3 Manejo del suelo

En el cuadro no. 29 se presenta el manejo de uso del suelo. El cultivo antecesor en el 75 % de los casos fue frutilla y el 25 % restante no realizó el cultivo por una temporada, lo que indica la baja rotación de cultivos. De los productores que no realiza rotaciones dos hacen desinfección de suelo con la técnica de solarización.

La implementación de abonos verdes es una tecnología poco extendida en la muestra bajo estudio. Es aplicada por solo dos productores los cuales no la realizan todos los años ni en toda la superficie destinada al cultivo. Utilizan al sorgo como material vegetal, especie estival implantada al finalizar el cultivo de frutilla.

**Cuadro No. 29:** Manejo de suelo

<b>Productor</b>	<b>Rotación</b>	<b>Solarización</b>	<b>Ab. Verdes</b>
1	si	no	no
2	no	si	no
3	si	no	si
4	no	no	no
5	no	no	no
6	no	no	no
7	no	no	no
8	no	si	si

#### 4.9.4 Manejo fitosanitario

La temporada en estudio no presentó grandes problemas fitosanitarios en general. En casos puntuales de productores donde la combinación de suelos pesados, mal manejo de la ventilación y plantas con excesivo follaje provocaron un mayor desarrollo de enfermedades causadas por hongos, como *Botrytis*. Las aplicaciones oscilaron entre 13 y 28 en la temporada de estudio (junio – setiembre). En muchos casos se combinaron más de un tipo de producto en la misma aplicación (insecticidas, fungicidas y fertilizante foliar), la cantidad de aplicaciones corresponde a las veces que se ingresó al cuadro a realizar algún control o prevención. En la mayoría de los casos los productos más utilizados fueron los fungicidas.

## 5. DISCUSIÓN

Se observó una gran variabilidad en los rendimientos obtenidos en los sitios de producción de frutilla en Salto, coincidiendo con Berrueta (2008) en su estudio para tomate industria. Los rindes obtenidos por planta fueron inferiores a los ensayos realizados por Vicente<sup>1</sup> en Salto, siendo la diferencia de 1,7 Mg.ha<sup>-1</sup> y 6,5 Mg.ha<sup>-1</sup> para el periodo precoz y semiprecoz respectivamente.

Los factores fecha de trasplante, tipo de vivero y tipo de suelo resultaron significativos para el rendimiento comercial y total precoz. A su vez los resultados obtenidos de la prueba de comparación múltiple fueron similares para ambas variables. No tuvieron efecto significativo el tipo de protección y la variedad.

El efecto de la textura del suelo sobre la producción comercial coincide con los citados por Galletta y Himelrick (1990). Ellos mencionan que se obtiene rendimientos superiores en suelos profundos y con alto porcentaje de arcilla. A su vez es similar a lo mencionado por Aldabe (2000) donde se obtiene mayores resultados en suelos de textura media. Esto puede deberse a que se trata de suelos con buena capacidad de retención de agua presentando a su vez buenas propiedades físicas. Los suelos de textura media contienen mayor contenido de materia orgánica que los de textura liviana y por ende mayor capacidad de intercambio catiónico y efecto buffer.

Del análisis de componentes de la varianza se concluyó que tipo de suelo fue uno de los factores que explica en mayor medida el peso de los frutos semiprecoz. Éste también tuvo efecto sobre el rendimiento comercial y total precoz.

La fecha de trasplante más temprana obtuvo el mayor rendimiento comercial precoz de forma similar a lo reportado por Albregts y Chandler (1994), Mitidieri et al.



(2000b), Anna et al. (2003), Martínez et al. (2007). Esto puede ser explicado por la mayor cantidad de frutos que se obtiene con trasplantes tempranos, debido a que las plantas tienen mayor desarrollo vegetativo y más puntos meristemáticos para diferenciarse en flor. También el rendimiento semiprecoz fue influenciado por la fecha de trasplante de similar manera que lo reportado por Anna et al. (2003), Castillo y Arjona (2004), Martínez et al. (2007) estos últimos en un cultivar diferente, Camarosa, evidenciándose que cuanto más se retrasa la fecha de trasplante menor es el rendimiento. Mitidieri et al. (2000b) obtuvieron similares resultados. En cambio para Albregts y Chandler (1994) al realizar el trasplante en fechas muy temprano en el hemisferio norte (2/8, 3/9 y 28/9) no se manifestó un aumento del rendimiento.

Vicente (2009) reportó efecto de la fecha de trasplante en interacción con el cultivar sobre el rendimiento precoz y sobre el rendimiento semiprecoz al comparar la influencia de la fecha de plantación y los cultivares bajo cultivo protegido en Salto.

Los resultados obtenidos coinciden con los de Martínez (2007) en el hemisferio norte, donde el tamaño de los frutos es mayor cuando más tarde se realiza el trasplante esto puede deberse al menor número de frutos totales y a la menor competencia entre ellos, lo que explicaría su mayor peso.

El mayor tamaño de frutos se obtuvo en la última fecha de trasplante coincidiendo con resultados similares obtenidos por Albregts y Chandler (1994), Martínez et al. (2007), seguida de la segunda y primera fecha respectivamente, existiendo una correlación negativa entre el número y peso de los frutos.

Las fechas de trasplante media y temprana produjeron mayor número de frutos en el período precoz y semiprecoz. Resultados similares reportan Castillos y Arjona (2004), Martínez et al. (2007), Volpi (2011) donde el mayor número de frutos se obtiene con la fecha más temprana. En el mismo sentido Rosas (2010) encontró efecto en la

fecha de trasplante sobre el número de frutos comerciales. Vicente (2009) obtuvo que la interacción fecha de trasplante por cultivar tuvo efecto sobre el número de frutos comerciales para ambos periodos y el peso medio de los frutos no fue influenciado por la interacción, posiblemente por ser un carácter fuertemente influenciado por el cultivar (Hassell et al., citados por Vicente, 2009).

Una posible explicación del efecto de las fechas más tempranas de trasplante podría vincularse al mayor desarrollo vegetativo de las plantas y mayores sitios potenciales de iniciación de flor según con Galletta y Nicoll (1987). Dichos autores estudiaron el crecimiento vegetativo y productivo en frutilla y encontraron que el número de frutas tiene una correlación positiva con el número de inflorescencias, de hojas y de coronas.

La fecha de trasplante resultó el factor con mayor incidencia sobre el rendimiento comercial y número de frutos, confirmándose la importancia de este factor sobre el cultivo. A su vez el mayor efecto se observó sobre la cosecha precoz. Esto estaría indicando que si el objetivo de producción es obtener alta producción temprana, hay que tener presente la mejor fecha de trasplante temprana para cada variedad.

Las variedades tuvieron efecto sobre el número de fruta comercial por hectárea. Guenoa obtuvo mayor número y Earlibrite fue la de menor número de frutos. Similares resultados obtuvo Rosas (2010), al comparar cuatro variedades en Tacuarembó en distintas fechas de trasplante. Esto entre otras cosas puede deberse al vigor que presenta Guenoa y a la combinación con el sistema de protección en macrotúnel lo cual favorece el desarrollo vegetativo. Quizás se deba a una mayor adaptación de Guenoa, producto de su selección bajo las condiciones ambientales de cultivo en Salto.

Dentro de las variedades el tamaño de los frutos concuerda con lo publicado por Vicente et al. (2004, 2010), Volpi (2011), destacándose Earlibrite por su precocidad en

la cosecha y por el tamaño de fruta grande y Yuri de producir fruta de tamaño grande. A su vez estas variedades fueron las que produjeron menor número de frutos, coincidiendo con lo obtenido por Galletta y Himelrick (1990). Esto hace pensar que puede existir una competencia entre frutos, que lleva a que cuando el número de frutos es mayor, el peso de los mismos es menor, lo cual fue reportado por Galletta y Himelrick (1990) pudiéndose afirmar por esto último que la variedad Earlibrite y Yuri tuvieron tal comportamiento. Como se mencionó anteriormente que Earlibrite fue la que produjo menor número de frutos.

La variedad fue el factor de mayor incidencia sobre el peso y número de los frutos semiprecoz, siendo más alto el efecto sobre el peso de los frutos. Lo que estaría indicando que el peso de los frutos es un componente varietal y su expresión está influenciada por el ambiente proporcionado al cultivo.

El sistema de protección macro y microtúnel no evidenció diferencias significativas para rendimiento comercial, a diferencia de Mitidieri et al. (2000a) que obtuvieron mayor rendimiento en microtúneles con las variedades Milsei Tulda y Sweet Charlie. También Medina, citado por Vicente (2009) obtuvo que el cultivo en microtúneles incrementó la producción precoz y total al compararlo con cultivos al aire libre. Las causas de ausencia de diferencias puede asociarse a que se trata de cultivares seleccionados en condiciones de cultivo protegido, teniendo una correcta combinación cultivar - sistema de protección.

El factor vivero resultó significativo para todas las variables estudiadas. Esto puede deberse a las mejores condiciones que presenta realizar el vivero bajo invernáculo y la tecnología utilizada en este sistema. En el mismo sentido se puede controlar de mejor forma enfermedades y plagas que puedan aparecer.

El vivero a campo estuvo asociado a fechas de trasplantes tardes y la variedad Earlibrite. Lo cual podría explicar los bajos rendimientos obtenidos por este factor, ya que esta variedad se favorece de trasplantes tempranos y plantines de buena calidad.

El vivero a campo tiene la incidencia de las lluvias y el sol directo lo cual impacta sobre las plantas madre, los plantines y el sustrato de las macetas. Este efecto afecta la etapa de enraizado haciéndolo más lento y el desarrollo final será menor que el de una planta proveniente de vivero en invernáculo.

El aporte del tipo de vivero a los distintos componentes analizados fue el menor en comparación con los demás factores. Aunque no se encontraros grandes aportes del tipo de vivero, la realización de éste bajo invernadero es de suma importancia.

## 6. CONCLUSIONES

La producción de frutilla en Salto muestra una variabilidad importante entre productores y sitios estudiados. Observándose mayores diferencias en rendimiento comercial precoz.

Se observa una producción similar entre los distintos sitios de un mismo predio, marcándose un efecto del productor en la cosecha precoz.

Dentro del año de estudio (2011), la protección del vivero, la fecha de trasplante, el tipo de suelo y la variedad, son factores que incidieron en la variabilidad de los resultados esperables entre sitios. En cambio no se obtuvieron diferencias asociadas al sistema de protección del cultivo.

La fecha de trasplante resultó la variable con mayor efecto sobre el rendimiento comercial precoz. A su vez fue de mayor incidencia sobre el número de frutos precoz, lo que explica en cierta medida el mayor rendimiento. La fecha de trasplante temprana favorece una mayor producción comercial precoz y semiprecoz y el peso medio de los mismos en el período de cosecha de junio a setiembre.

El tipo de suelo tuvo una alta incidencia sobre el peso de los frutos en el periodo semiprecoz. Los suelos de textura media favorecen la producción comercial precoz y un mayor tamaño de frutos entre junio y setiembre.

La variedad incidió fuertemente sobre el peso de los frutos en el periodo semiprecoz y en menor medida sobre el tamaño de los mismos en ese periodo. La variedad Earlibrite permite obtener los frutos de mayor peso pero no rendimientos superiores.

Las plantas producidas en viveros bajo invernáculo permitieron obtener el mayor rendimiento comercial 10,5 y 33,5 Mg.ha<sup>-1</sup>. También se obtuvo el mayor número de frutos 447 y 1758 miles de frutos.ha<sup>-1</sup> para la cosecha precoz y semiprecoz respectivamente.

La metodología de trabajo permitió identificar los factores que inciden sobre los resultados del cultivo entre diferentes sitios. En futuros estudios se debería continuar con este enfoque y así obtener más datos que ayuden a confirmar los resultados integrando varias temporadas.

Al continuar esta línea de estudio se podrían incluir variables que tienen alto impacto sobre la producción del cultivo. Como ejemplo la existencia de la planificación anual del sistema predial, la mano de obra, aumentar el número de productores y de diferentes categorías. Hacer énfasis en el efecto de la desinfección de suelo por la solarización, la aplicación de materia orgánica y la fertilización química. Parece necesario no incluir el tipo de vivero (bajo invernáculo o a campo) en futuros trabajos debido a que predominan claramente los viveros bajo invernadero.

## 7. RESUMEN

La tecnología de producción de frutilla en la zona de Salto presenta particularidades que la diferencian de los métodos de cultivo predominantes en otras zonas. En el lugar de estudio en los últimos años se ha adoptado un proceso de cambio técnico relevante que ha permitido aumentar y estabilizar la oferta de frutilla durante los meses de invierno y primavera. Son varios los factores que inciden en la eficiencia del proceso productivo. Con este trabajo se pretende identificar los factores de mayor incidencia sobre el rendimiento físico del cultivo y describir la tecnología utilizada en los sistemas de producción. La metodología se basó en el análisis de los resultados físicos a partir de una muestra de sitios de producción de la zona. Los parámetros relevados fueron rendimiento en dos períodos de cosecha, número y peso medio de los frutos. Los resultados obtenidos evidencian una brecha amplia entre productores dentro de un mismo período. La fecha de trasplante fue la que tuvo mayor incidencia sobre el resultado productivo precoz. La variedad y el tipo de suelo tuvieron alta incidencia sobre el resultado productivo semiprecoz. La fecha de trasplante temprana y media resultaron superiores a la tardía. La realización del vivero bajo invernadero resultó un factor importante en el desarrollo del cultivo. Las variedades estuvieron afectando el peso y número de los frutos no detectando diferencias en el rendimiento directamente. Los sistemas de protección del cultivo no resultaron estadísticamente diferentes.

Palabras clave: Variedad; Fecha de trasplante; Tipo de vivero; Sistema de protección;  
Tipo de suelo; Rendimiento; Rendimiento comercial.

## 8. SUMMARY

The production technology of strawberry in Salto has particularities that differentiate culture methods prevailing elsewhere. In the place of study in recent years taken a significant technical change process which has allowed increase and stabilize the supply of strawberries during the winter and spring. There are some factors that affect efficiency of the production process. This work aims to identify the factors most directly affect the physical yield of the crop and describe the technology used in production systems. The methodology is based on analysis of the physical results from a sample of production sites in the zone. The yield parameters were relieved in two harvest periods, number and average weight of the fruit. The results show a wide gap between producers within the same period. The transplant was the date that had the most impact on the early productive result. The variety and soil type had high impact on semiprecoz productive result. The dates of early and middle transplant were superior to the late. The realization of greenhouse nursery was an important factor in the development of the crop. The varieties were affecting the weight and number of fruits detected no differences in yield directly. The crop protection systems were not statistically different.

Keywords: Variety; Transplant date; Type of nursery; Protection system; Soil type; Yield; Business yield.



## 9. BIBLIOGRAFÍA

1. ALBREGTS, E.E.; CHANDLER, G.K.; HOWARD, C.M. 1991. Strawberry responses to K rate on a fine sand soil. Hortscience. 26: 135-138.
2. \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_. 1994. Effect of transplant chilling and planting date on fruiting response of 4 strawberry clones. Proceedings of the Florida State Horticultural Society. 107: 323-325.
3. ALDABE, R. 1978. Frutilla. Montevideo, DIAFI. 98 p.
4. ALDABE DINI, L. 2000. Producción de hortalizas en Uruguay. Montevideo, Epsilon. 269 p.
5. ANNA, F.D.; IAPICHINO, G.; INCALCATERRA, G. 2003. Influence of planting date and runner order on strawberry plug plants grown under plastic tunnels. Acta Horticulturae. no. 614: 123-130.
6. BALDASSINI MORI, M.A.; FERREIRA VOLPI, J.L. 1996. Efecto del frío y fotoperíodo en la producción y desarrollo morfológico de la frutilla variedad Chandler. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 76 p.
7. BARROS MAINARDI, C.N.; BENEVENTANO APA, M.C. 2001. Efecto de la dosis de nitrógeno y la relación potasio-nitrógeno sobre la producción y calidad de fruta de frutilla (cv. Chandler). Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 85 p.
8. BRANZANTI, E.C. 1985. La fresa. Madrid, Mundi - Prensa. 386 p.

9. CASTILLO, J.E.; ARJONA, A. 2004. Épocas de plantación de plantas de fresa. Terralia. no. 44: 56-61.
10. COMISIÓN ADMINISTRADORA DEL MERCADO MODELO; MINISTERIO DE GANADERÍA, AGRICULTURA Y PESCA. 2010. Tomate, morrón, frutilla y cebolla – Zona Litoral Norte situación y perspectivas. (en línea). Observatorio Granjero. Set.:1-11. Consultado 23 ago. 2011. Disponible en <http://www.mercadomodelo.net/observatorio/setiembre10.pdf>
11. CROCKER, T.E.; CHANDLER, C. 2000. Strawberry cultivar update. (en línea). Gainesville, FL, University of Florida . p.1. Consultado 19 mar. 2012. Disponible en <http://strawberry.ifas.ufl.edu/Agritech/agritech00cultivars.htm>
12. D'ANTUONO, L.; FIORI, R.; BARUZZI, G.; E FAEDI, W. 2000. La qualità delle fragole in tre sistema di coltivazione. Frutticoltura. 12:69-76.
13. DAVIES, F.S.; ALBRIGO, L.G. 1983. Water relations of small fruit. In: Kozlowski, T. T. ed. Water deficits and plant growth. Orlando, FL, Academic Press. v. 7. p. 3.
14. DOGLIOTTI, S. 2011. Curso de eco-fisiología de los cultivos. Montevideo, Facultad de Agronomía. 46 p.
15. DORE, T.; SEBILLOTTE, M.; MEYNARD, J.M. 1997. A diagnostic method for assessing regional variations in crop yield. Agricultural Systems. 54 (2): 169-188.

16. \_\_\_\_\_.; CLERMONT-DAUPHIN, C.; CROZAT, Y.; DAVID, C.; JEUFFROY, M.; LOYCE, C.; MAKOWSKI, D.; MALÉZIEUX, E.; MEYNARD, J.; VALANTIN-MORISON, M. 2007a. Methodological progress in on-farm regional agronomic diagnosis; a review. *Agronomy for Sustainable Development*. 28:151–161.
17. \_\_\_\_\_.; MAKOWSKI, D.; MONOD, H. 2007b. A new method to analyse relationships between yield components with boundary lines. *Agronomy for Sustainable Development*. 27: 119–128.
18. DURNER, E.F.; POLING, B. 1988. Strawberry developmental responses to photoperiod and temperature; a review. *Strawberry Production*. 7:6-15.
19. FAO. 2010. Production de produits alimentaires et agricoles. (en línea). Rome. s. p. Consultado 16 ago. 2012. Disponible en <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>
20. GALLETTA, G.J.; HIMELRICK, D.G. 1990. Strawberry management. In: Galletta, G. J.; Himelrick, D. G. eds. *Small fruit crop management*. Englewood Cliffs, N.J., Prentice Hall. pp. 83-156.
21. HANCOCK, J.F., 1999. *Strawberries*. Wallingford, UK, CABI. 235 p.
22. ILARDIA, A.L.; MEIRELLES, F.O. 1998. Efecto de dos materiales orgánicos y tres dosis de nitrógeno sobre la producción de frutilla. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 85 p.
23. LARSON, K.D. 1994. Strawberry. In: Schaffer, B.; Anderson, P.C. eds. *Handbook of environmental physiology of fruit crops*. Boca Raton, FL, CRC. v.1, pp.

271-297.

24. MAROTO BORREGO, J.V.; LÓPEZ-GALARZA, S. 1988. Producción de fresa y fresones. Madrid, Mundi-Prensa. 120 p.
25. \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_. 1995. Horticultura herbácea especial. 4ª. ed. Madrid, Mundi-Prensa. 611 p.
26. MARTÍNEZ, A.; LÓPEZ-GALARZA, S.; SAN BAUTISTA, A.; PASCUAL, B.; MAROTO, J.V. 2007. Influencia del tipo de material vegetal del vivero y de la fecha de trasplante en la producción de fresón en el cultivo sin suelo. In: Congreso SECH (11º, 2007, Albacete, España). Trabajos presentados. Albacete, Sociedad Española de Ciencias Hortícolas. pp. 301-305 (Actas de Horticultura no. 48).
27. MENDOZA ESPINA, Y.; TADEO ROLIN, A.E. 1999. Fisiología, descripción morfológica y evaluación agronómica de 12 clones y 4 cultivares comerciales de frutilla (*Fragaria x ananassa Duch.*). Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 51 p.
28. MITIDIERI, A.; AMOIA, P.; AGUDIÁK, L.; CASTAÑO, J.L.; ROGERS, P. M.; ZEMBO, J.C.; GAMBOA, S. 2000a. Comportamiento de dos cultivares de frutilla (*Fragaria x ananassa Duch.*) utilizando plantas “frigo” bajo condiciones de forzado con túneles bajos en el Gran La Plata. Horticultura Argentina. 19 (46): 1-34.
29. \_\_\_\_\_.; ZEMBO, J.C.; FAJARDO, M.; SORACCO, G. 2000b. Efecto del atraso de la fecha de plantación, de plantines frescos, sobre el comportamiento

agronómico de dos cultivares de frutilla (*Fragaria x ananassa. Duch*). La Plata, INTA. 9 p.

30. NUEZ, F. 1995. El cultivo del tomate. Madrid, Mundi-Prensa. 793 p.
31. RAMIREZ, H. 2011. Sistema de producción de fresa en alta densidad. (en línea). Montecillo, México, Colegio de Postgraduados. Instituto de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas. 68 p. Consultado 16 jul. 2012. Disponible en [http://www.biblio.colpos.mx:8080/jspui/bitstream/handle/10521/506/Ramirez\\_Gomez\\_H\\_MC\\_Edafologia\\_2011.pdf?sequence=1](http://www.biblio.colpos.mx:8080/jspui/bitstream/handle/10521/506/Ramirez_Gomez_H_MC_Edafologia_2011.pdf?sequence=1)
32. TAYLOR, D.R. 2002. The physiology of flowering in strawberry. Acta Horticulturae. no. 567:245-251.
33. URUGUAY. MINISTERIO DE GANADERÍA, AGRICULTURA Y PESCA. DIRECCIÓN DE ESTADÍSTICAS AGROPECUARIAS. 2002. Encuesta hortícola en la zona litoral norte del país 2001. (en línea). Montevideo. 20 p. Consultado 21 ago. 2011. Disponible en <http://www.mgap.gub.uy/portal/hgxpp001.aspx?7,5,98,O,S,0,MNU;E;2;16;10;6;MNU;>
34. \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. 2003. Encuesta hortícola sur y norte 2002-2003. (en línea). Montevideo. 20 p. Consultado 20 ago. 2011. Disponible en <http://www.mgap.gub.uy/portal/hgxpp001.aspx?7,5,98,O,S,0,MNU;E;2;16;10;6;MNU;>
35. \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. 2005. Encuesta hortícola sur y norte 2004. (en línea). Montevideo. 44 p. Consultado 20 ago. 2011. Disponible en

<http://www.mgap.gub.uy/portal/hgxpp001.aspx?7,5,98,O,S,0,MNU;E;2;16;10;6;MNU;>

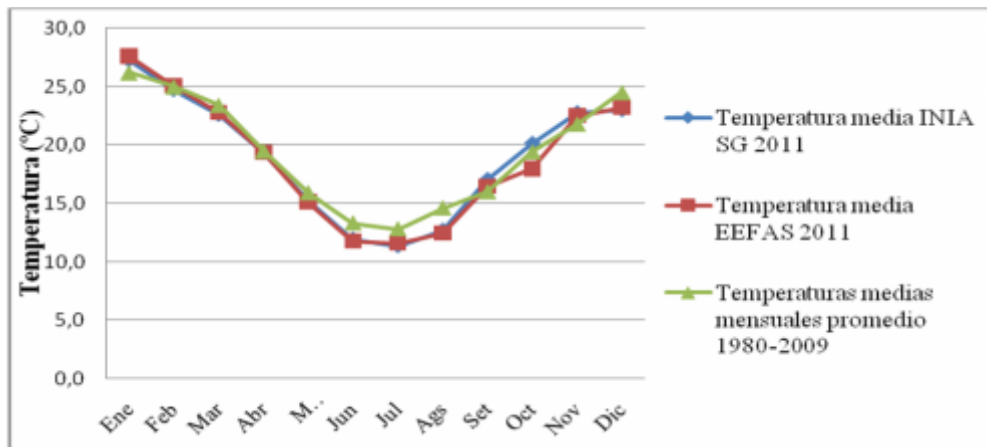
36. \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_. 2006. Encuesta hortícola sur y norte 2005. (en línea). Montevideo. 29 p. Consultado 20 ago. 2011. Disponible en <http://www.mgap.gub.uy/portal/hgxpp001.aspx?7,5,98,O,S,0,MNU;E;2;16;10;6;MNU;>
37. \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_. 2007. Encuesta hortícola sur y norte 2006. (en línea). Montevideo. 44 p. Consultado 20 ago. 2011. Disponible en <http://www.mgap.gub.uy/portal/hgxpp001.aspx?7,5,98,O,S,0,MNU;E;2;16;10;6;MNU;>
38. \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_. 2008. Encuesta hortícola sur y norte 2007. (en línea). Montevideo. 27 p. Consultado 20 ago. 2011. Disponible en <http://www.mgap.gub.uy/portal/hgxpp001.aspx?7,5,98,O,S,0,MNU;E;2;16;10;6;MNU;>
39. \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_. 2009. Encuesta hortícola sur y norte 2008. (en línea). Montevideo. 30 p. Consultado 20 ago. 2011. Disponible en <http://www.mgap.gub.uy/portal/hgxpp001.aspx?7,5,98,O,S,0,MNU;E;2;16;10;6;MNU;>
40. \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_. 2010. Encuesta hortícola sur y norte 2009. (en línea). Montevideo. 4 p. Consultado 20 ago. 2011. Disponible en <http://www.mgap.gub.uy/portal/hgxpp001.aspx?7,5,98,O,S,0,MNU;E;2;16;10;6;MNU;>

41. VICENTE, E.; MANZZIONI, A.; GIMENEZ, G. 2004. Cultivares de frutilla en el litoral norte. In: Jornada de Campo (2ª., 2004, INIA Salto Grande). Memorias. Montevideo, INIA. pp. 1-3(Actividades de Difusión no. 374).
42. \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; BALDASSINI, M.; CARREGA, G.; DERRÉGIBUS, J.; GIMÉNEZ, G. 2007a. Evolución del cultivo de frutilla y su tecnología en la zona de Salto en el periodo 1996-2006. In: Congreso Nacional Horticultura (11º., 2007, Montevideo, Uruguay). Memorias. Montevideo, INIA. p. 1.
43. \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; GIMENEZ, G.; VILARÓ, F. 2007b. La variedad INIA Guenoa; en el camino a la producción integrada de frutilla bajo cultivo protegido. INIA. Horticultura. Hoja de Divulgación no. 96. 4 p.
44. \_\_\_\_\_. 2009. Bases para la utilización de plantas con cepellón como material de plantación del fresón; influencia de la fecha de plantación y los cultivares bajo cultivo protegido en el litoral norte de Uruguay. Tesis Doctoral. Valencia, España. Universidad Politécnica de Valencia. Departamento de Producción Vegetal. 179 p.
45. \_\_\_\_\_.; BUENAHORA, J.; GIMENEZ, G.; GONZÁLEZ, M.; LADO, J.; MANZZIONI, A.; VILARÓ, 2010. Cultivar de frutilla Yuri (SGK3.2). Mejorando la calidad de la oferta invernal. INIA. Horticultura. Hoja de Divulgación no. 103. 4 p.
46. ZANDSTRA, H. G.; PRICE, E. C.; LITSINGER, J. A.; MORRIS, R. A. 1986. Metodología de investigación en sistemas de cultivo en finca. Ottawa, CIID. 156 p.

## 10. ANEXOS

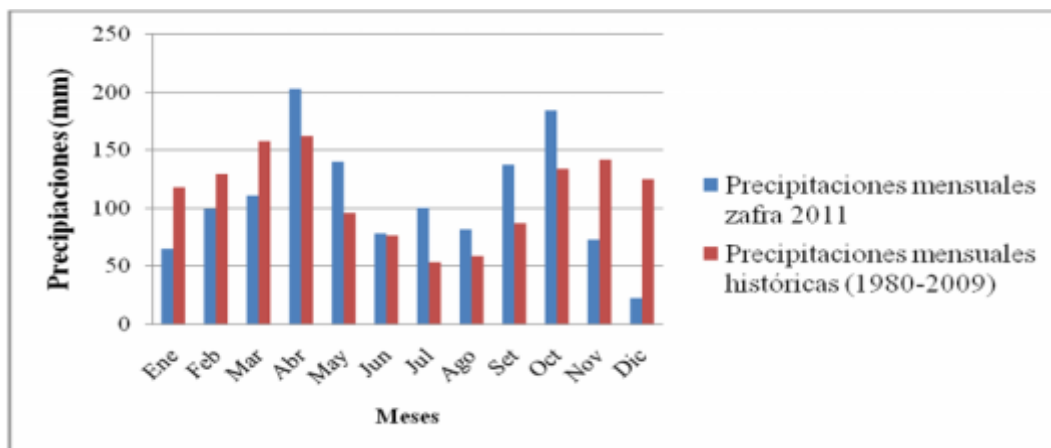
ANEXO No. 1: Datos Agroclimáticos de la zafra 2011 y promedios históricos.

### Temperatura media



Fuente: datos obtenidos de la Estación Meteorológica INIASA<sup>1</sup>, Estación Meteorológica EEFAS<sup>2</sup>.

### Precipitaciones



Fuente: datos obtenidos de la Estación Meteorológica INIASA<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Estación Meteorológica INIASG. 2011. Temperatura media y precipitaciones (sin publicar).

<sup>2</sup> Estación Meteorológica EEFAS. 2011. Temperatura media (sin publicar).



ANEXO No. 2: Entrevista realizada a los productores

**Entrevista**

1. GENERAL

a. Organización del predio

Productor:

Ubicación:

Lugar de residencia.

Antigüedad en la producción de frutilla:

Superficie total:

Superficie hortícola:

Superficie del cultivo:

Cultivos principales:

b. Maquinaria e instalaciones

Tractor:

Pulverizadora:

Encanterador:

Otros implementos:

Fuente de agua: % de área regada:

Equipo de riego:

Galpones, superficie (m<sup>2</sup>):

c. Mano de obra

Familiar:

Asalariada (permanente/zafra):

d. Comercialización

Destino:

Envase:

2. PRODUCCIÓN

a. Etapas de vivero

Descripción:

Protegido /a campo:

Superficie:

Fecha de instalación:

Uso anterior del suelo:

Cultivos anteriores:

Desinfección:

Abonos verdes:

Material de propagación:

Procedencia del material:

Variedades:

b. Etapas de cultivo

Historial del cuadro:

Cultivos anteriores.

Preparación del suelo:

Fertilización de base.

Superficie por variedad:

Sistema de protección:

Densidad y arreglo espacial:

Sistema de riego:

Fecha de trasplante:

Deshojes, manejo sanitario, cosecha (frecuencia y momento).