

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

ANÁLISIS DE LOS PRINCIPALES FACTORES QUE AFECTARON EL
RENDIMIENTO EN TOMATE PARA INDUSTRIA EN LA ZAFRA 2007-2008

por

María Cecilia BERRUETA

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

MONTEVIDEO
URUGUAY
2008

Tesis aprobada por:

Director:

Ing. Agr. PhD. Santiago Dogliotti

Ing. Agr. PhD. Francisco Vilaró

Ing. Agr. Matías González

Fecha:

Autor:

María Cecilia Berrueta

AGRADECIMIENTOS

Le agradezco en primer lugar a mi familia por su participación, colaborando en todas las instancias de mi carrera y principalmente en este trabajo. En segundo lugar, al personal de de INIA Las Brujas por su contribución en este trabajo. También a los técnicos asesores de los Planes de negocios de tomate y de DIGEGRA por la información brindada. Y a los 22 productores que participaron de esta experiencia contribuyendo con su valioso aporte.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN	II
AGRADECIMIENTOS	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES	VII
1. <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u>	5
2.1. <u>INTRODUCCIÓN</u>	5
2.2. <u>FORMACIÓN DEL RENDIMIENTO</u>	6
2.3. <u>FACTORES AMBIENTALES QUE INCIDEN EN EL RENDIMIENTO</u>	10
2.3.1. <u>Desarrollo y crecimiento vegetativo</u>	10
2.3.1.1. <u>Temperatura</u>	10
2.3.1.2. <u>Radiación incidente</u>	11
2.3.2. <u>Desarrollo reproductivo</u>	11
2.3.2.1. <u>Floración</u>	11
2.3.2.2. <u>Cuajado de frutos</u>	13
2.3.2.3. <u>Crecimiento y desarrollo del fruto</u>	14
2.3.2.4. <u>Maduración del fruto</u>	15
2.4. <u>FACTORES DE MANEJO QUE INCIDEN EN EL RENDIMIENTO</u>	17
2.4.1. <u>Propiedades físicas y preparación del suelo</u>	17
2.4.2. <u>Nutrición mineral</u>	18
2.4.3. <u>Materiales genéticos</u>	19
2.4.4. <u>Densidad de plantación</u>	21
2.4.5. <u>Irrigación</u>	23
2.5. <u>FACTORES DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN QUE INCIDEN EN EL RENDIMIENTO</u>	24
2.6. <u>APTITUD INDUSTRIAL</u>	26
2.6.1. <u>Sólidos solubles totales (°Brix)</u>	26
2.6.2. <u>Viscosidad</u>	27
2.6.3. <u>Acidez</u>	27
2.6.4. <u>Firmeza</u>	27
2.7. <u>COMPONENTES DEL RENDIMIENTO</u>	27
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	29
3.1. <u>IDENTIFICACIÓN DE LA VARIABILIDAD DE LOS SISTEMAS PRODUCTIVOS Y AMBIENTAL EN</u>	

EL ÁREA DE ESTUDIO	29
3.2. SELECCIÓN DE LA MUESTRA.....	31
3.3. DEFINICIÓN DE LAS VARIABLES A RELEVAR	32
3.3.1. <u>Variables agroclimáticas</u>	33
3.3.2. <u>Variables referidas a las características del sistema de producción a nivel predial</u>	33
3.3.3. <u>Variables del sistema de manejo del cultivo y tecnologías empleadas</u>	33
3.3.4. <u>Variables edáficas</u>	34
3.3.5. <u>Variables referidas al aporte de agua al cultivo</u>	35
3.3.6. <u>Variables referidas directamente al cultivo</u>	37
3.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	39
4. <u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u>	40
4.1. DATOS AGROCLIMÁTICOS	40
4.1.1. <u>Precipitaciones, evapotranspiración y demandas hídricas del cultivo</u>	40
4.1.2. <u>Temperatura media</u>	43
4.1.3. <u>Radiación global incidente (heliofanía)</u>	44
4.2. RESULTADO PRODUCTIVO	46
4.3. APTITUD INDUSTRIAL	49
4.4. DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMA DE PRODUCCIÓN ...	52
4.5. DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS DE MANEJO	53
4.5.1. <u>Fecha de transplante y ciclo de cultivo</u>	53
4.5.2. <u>Calidad de suelo</u>	55
4.5.3. <u>Balance hídrico</u>	56
4.5.4. <u>Fertilización</u>	58
4.5.5. <u>Manejo de suelo, cultivares empleados y densidad de plantas</u>	60
4.5.6. <u>Manejo fitosanitario</u>	61
4.6. VARIABLES QUE EXPLICARON LA VARIACIÓN OBSERVADA EN EL RENDIMIENTO COMERCIAL	62
4.6.1. <u>Densidad de plantas</u>	64
4.6.2. <u>Aplicación de cama de pollo</u>	64
4.6.3. <u>Ubicación del predio</u>	65
4.6.4. <u>Variedad</u>	65
4.6.5. <u>Déficit hídrico</u>	66
4.6.6. <u>Fecha de transplante</u>	67
4.6.7. <u>Aporte de nutrientes</u>	67
4.6.8. <u>Variables del sistema de producción</u>	68
4.7. ANÁLISIS DE LOS COMPONENTES DEL RENDIMIENTO	69
4.7.1. <u>Número de frutos por superficie</u>	70

4.7.2. <u>Tamaño de fruto</u>	71
5. <u>CONCLUSIONES</u>	73
6. <u>RESUMEN</u>	75
7. <u>SUMMARY</u>	76
8. <u>BIBLIOGRAFÍA</u>	77
9. <u>ANEXOS</u>	82

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Evolución del número de productores, superficie plantada y rendimiento.....	1
2. Número total y porcentaje de productores según estrato de rendimiento de CO.PRO.NE.C. zafra 2006-2007	3
3. Temperatura óptima durante las diferentes etapas del cultivo de tomate	11
4. Efecto de la temperatura en el período de crecimiento del fruto	15
5. Valores orientativos de la composición del fruto maduro de tomate	17
6. Extracción total y por tonelada de rendimiento fresco y distribución en la planta de nutrientes en un cultivo de tomate bajo invernáculo	19
7. Variedades más plantadas según superficie	20
8. Evolución de los rendimientos obtenidos en los años de ensayo comparativos de variedades	20
9. Número de frutos cosechados por planta y por m ² en las dos cosechas para el cultivar Loica y H9780	22
10. Peso medio de frutos en la primera y segunda cosecha (kg) para Loica y H9780	22
11. Rendimiento total y comercial (kg/há) según densidad de plantación para el cultivar Loica	22
12. Efecto de deficiencias hídricas en el período de crecimiento y maduración del fruto sobre el rendimiento y el tenor de sólidos solubles totales.....	24
13. Rendimiento y sólidos solubles totales en función del régimen hídrico.....	24
14. Cantidad de productores de cada estrato	32
15. Demandas hídricas totales, hasta inicio de cosecha, durante el crecimiento del fruto y durante la cosecha de los cultivos estimada de acuerdo a las fechas de trasplante, a la ETP diaria registrada en la estación experimental de INIA – Las Brujas y al Kc del cultivo según FAO	42
16. Rendimiento comercial, total, por planta, tamaño de fruto y número de frutos por planta según productor	47
17. Número de frutos descartados por podredumbre apical y por otras causas por parcela	48
18. Sólidos solubles totales (° brix) y materia seca (%) por Productor y rendimiento industrial estimado	50

19. Descripción de los sistemas de producción estudiados	53
20. Fecha de transplante, fin de cuajado de frutos e inicio y fin de cosecha y duración del ciclo de transplante a inicio de cosecha en días	54
21. Período de cosecha promedio según variedad	54
22. Textura, densidad aparente, porosidad total, agua almacenada y tasa de infiltración básica de suelo según productor	56
23. Balance hídrico de los cultivos total, hasta iniciar cosecha, durante el crecimiento de los frutos, durante el crecimiento de follaje y durante el período de cosecha	57
24. Aporte de nutrientes totales	59
25. Cultivos anteriores, aplicación de cama de pollo, variedades y densidad de plantación según productor	61
26. Número de aplicaciones de fungicidas, insecticidas, acaricidas y cúpricos realizadas en la zafra	62
27. Resumen de los análisis de varianza para el rendimiento	63
28. Componentes de la varianza	64
29. Rendimiento promedio según nivel de densidad de plantas ..	64
30. Rendimiento promedio según aporte de cama de pollo	64
31. Rendimiento promedio según localización de los predios	65
32. Rendimiento comercial promedio según variedad	66
33. Rendimiento comercial promedio según nivel de déficit hídrico hasta inicio de cosecha	66
34. Rendimiento comercial en función de la fecha de transplante .	67
35. Rendimiento promedio según estrato de nutrición mineral de nitrógeno, potasio y fósforo	68
36. Rendimiento comercial en función de grado de mecanización .	69
37. Resumen del análisis de varianza para número de frutos	70
38. Rendimientos promedio según nivel de déficit hídrico, agregado de cama de pollo y densidad de plantas	70
39. Resumen del análisis de varianza para tamaño de fruto	71
40. Tamaño de fruto promedio según variedad, nivel de aporte de nitrógeno y textura de suelo	72

Figura No.

1. Evolución de la producción Nacional de tomate para industria	1
2. Rendimiento promedio de los ensayos comparativos de variedades de tomate para industria y promedios de los productores del Plan Tomate	3
3. Evolución del área foliar, número de flores abiertas y número de frutos por planta en función del tiempo	

desde el trasplante para la variedad Loica	6
4. Modelo Cualitativo de la formación del rendimiento de un cultivo anual	7
5. Influencia de la temperatura en la asimilación bruta y la respiración de mantenimiento	9
6. Efecto de la intensidad de luz y la temperatura media en el tiempo desde emergencia a inicio del primer racimo y en el número de hojas iniciadas antes del primer racimo en plantas de tomate	12
7. Efecto de la concentración de azúcares reductores en el porcentaje de cuajado en tomate	13
8. Cambios en el metabolismo y composición del fruto durante la maduración	16
9. Efecto de distintas densidades de plantación sobre la partición a los frutos en morrón	21
10. Número de productores por estrato de rendimiento según nivel de capital relativo	25
11. Número de productores por estrato de rendimiento según importancia del rubro tomate según ingresos en el predio	26
12. Esquema de los componentes que afectan el rendimiento en el cultivo de tomate	28
13. Diagrama del método de diagnóstico	30
14. Esquema de la evolución del coeficiente de cultivo (Kc)	37
15. Precipitaciones y evapotranspiración mensual registrados en INIA Las Brujas durante el período de cultivo de tomate para industria, 2007/08 y 2006/07	40
16. Precipitaciones mensuales promedio histórico de la Estación Experimental INIA Las Brujas	41
17. Demanda estimada de agua desde el trasplante hasta el inicio de cosecha en función de la duración del mismo período	43
18. Temperatura media decádica histórica, zafra 2006/07 y zafra 2007/08	44
19. Evolución de la heliofanía diaria histórica, para la zafra 2006/07 y 2007/08	45
20. Rendimiento promedio del ensayo de variedades de tomate, INIA Las Brujas, período 2003-2008	46
21. Número de frutos con podredumbre apical en función del balance hídrico hasta inicio de cosecha	49
22. Sólidos solubles totales (°brix) y materia seca (%) en función del balance hídrico durante el período de crecimiento de los frutos	51
23. Rendimiento comercial e industrial por productor	51

24. Sólidos solubles totales en función del rendimiento Comercial	52
25. Días desde transplante hasta inicio de cosecha en función del déficit hídrico durante ese período	55
26. Aporte de fósforo (Kg/ha) en función de P bray (ppm) en el suelo	59
27. Aporte de Potasio (Kg/ha) en función de K (meq/100g) en el suelo	60
28. Rendimiento comercial en función del déficit hídrico hasta inicio de cosecha	67
29. Rendimiento comercial en función del aporte de nitrógeno en productores que no presentaron déficit hídricos	68
30. Rendimiento comercial en función del número de frutos Cosechados	69
31. Tamaño de fruto en función del déficit hídrico en productores con restricciones de agua	71

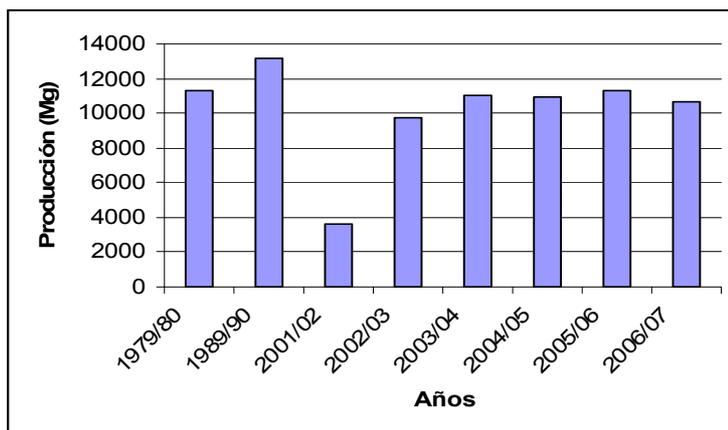
1. INTRODUCCIÓN

La producción de tomate para industria en el Uruguay ha sufrido importantes cambios a lo largo del tiempo. Durante la década del noventa, se produjo una fuerte disminución de la producción, debido principalmente a una reducción en la competitividad del rubro con respecto al tomate elaborado y semi elaborado importado, lo que propició un intenso flujo de importaciones. La falta de competitividad del rubro se explica por el atraso cambiario y la política de apertura de mercados presente en ese período. Luego, a partir del año 2002, con la devaluación de la moneda, la posibilidad de descontar el IVA a compras de materia prima sin costos para el productor y el surgimiento del Plan Tomate del Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca (MGAP), que apoyó a la cadena agroindustrial, se crea un marco favorable para el desarrollo del rubro. Esta coyuntura explica el notable incremento en la producción nacional y el proceso de sustitución de importaciones que se desencadenó a partir de dicho momento (Cuadro 1 y Figura 1).

Cuadro No. 1: Evolución del número de productores, superficie plantada y rendimiento.

	1979/80	1989/90	2001/02	2002/03	2003/04	2004/05	2005/06	2006/07
Productores (No.)	1812	1422	558	749	844	727	667	667
Superficie(ha)	1502	1140	270	459	497	503	444	483
Rendimiento(Mg/ha)	7,5	11,6	13,4	21,2	23	21,8	25	22

Fuente: URUGUAY. MGAP. DIEA-JUNAGRA, citado por González (2005)

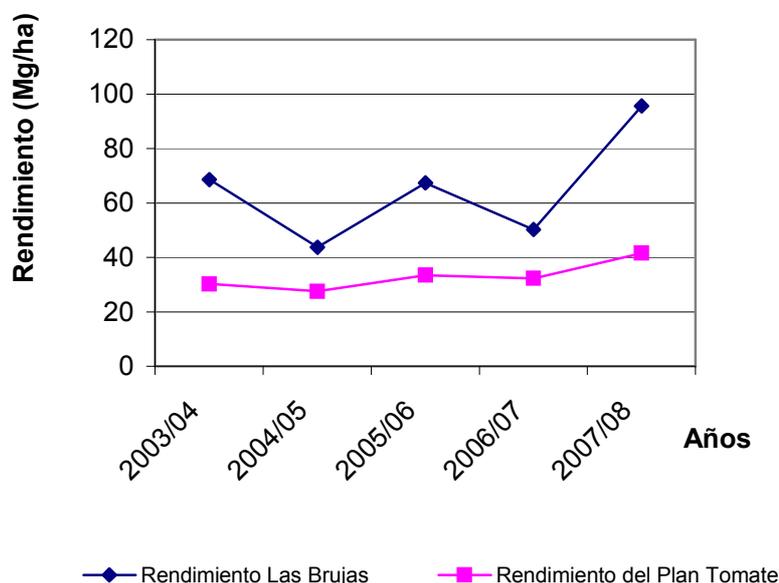


Fuente: elaboración propia a partir de encuesta hortícola DIEA – JUNAGRA

Figura No. 1: Evolución de la producción Nacional de tomate para industria.

La sostenibilidad de la cadena del tomate industria en nuestro país depende de diversos factores, algunos externos al país, otros relacionados a la capacidad y eficiencia industrial, y otros a la posibilidad de los productores de producir tomate a un costo competitivo en la región, sin deteriorar los recursos naturales y la salud propia y de los consumidores, y recibiendo una compensación atractiva por su trabajo e inversión. Son varios los factores que inciden en la eficiencia del proceso productivo y en el costo por unidad de producto, pero el rendimiento es una de las más importantes.

Un problema importante que se ha observado a lo largo de los años de existencia del Plan Tomate es la marcada diferencia entre el rendimiento logrado por los productores en sus predios y los rendimientos alcanzables de acuerdo a ensayos experimentales en la región. Según datos extraídos del ensayo de evaluación de cultivares de tomate para industria 2007/08 de la Estación experimental INIA Las Brujas, se obtuvieron rendimientos promedio de 95671 Kg. /ha (González y Berrueta, 2008). A su vez, la variedad de mayor rendimiento en dicho ensayo logró 110152 Kg./ha. En contraposición, los rendimientos promedio reportados por el M.G.A.P. – Dirección General de la Granja (DI.GE.GRA.) 2007/08 se ubican en los 41600 Kg. /ha. Este valor significa un 43% del rendimiento promedio del ensayo antes mencionado. En el promedio de los últimos 5 años el rendimiento del plan tomate fue aproximadamente la mitad del potencial obtenido experimentalmente (Figura 2).



Fuente: elaboración propia

Figura No. 2: Rendimiento promedio de los ensayos comparativos de variedades de tomate para industria y promedios de los productores del Plan Tomate.

Otro problema importante observado en el Plan tomate es la variabilidad de rendimientos entre patrocinantes (Planes de Negocio), y entre productores dentro del mismo Plan de Negocio. Según los registros de rendimientos del M.G.A.P. - DI.GE.GRA 2005/06, los distintos Planes de Negocios de tomate industria presentan diferencias en las productividades promedio por Plan, oscilando entre 25.7 ton/ha y 42.2 ton /ha.

Si analizamos los resultados de la zafra 2006/07 de la Cooperativa de Productores del Noreste de Canelones (CO.PRO.NE.C.) observamos que solo 40% de los productores superaron 20 Mg. ha⁻¹ remitidos a planta, mientras que un 28% no llegó a 10 Mg ha⁻¹ (Cuadro 2).

Cuadro No. 2: Número total y porcentaje de productores según estrato de rendimiento de CO.PRO.NE.C. zafra 2006-2007

Rendimiento (Mg)	<de 10	10-15	15-20	>de 20	Total
Número	22	14	11	31	78
%	28	18	14	40	100

Fuente: Cooperativa de Productores del noreste de Canelones ¹

¹ Sierra, F. 2007. Com. personal

Para avanzar en este aspecto es imprescindible primero conocer las causas principales que determinan la brecha entre los rendimientos reales alcanzados por los productores y los alcanzables de acuerdo a las condiciones agroecológicas de la región. También es necesario conocer las causas que determinan las diferencias entre productores en la eficiencia del proceso productivo. Este conocimiento permitirá ajustar las recomendaciones técnicas que se hacen desde el Plan Tomate, planificar mejor las actividades de capacitación de técnicos y productores, y diseñar líneas de investigación más apropiadas a los problemas reales del sector. . Este trabajo es una primera exploración sistemática de las causas que determinan las diferencias de rendimiento entre productores del Plan Tomate.

El objetivo de este trabajo es explicar las diferencias de rendimiento observadas entre productores del Plan Tomate durante la zafra 2007-2008, analizando y jerarquizando las principales variables que determinan el rendimiento de este cultivo.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. INTRODUCCIÓN

El tomate (*Solanum lycopersicon*) es una planta originaria de América, el lugar original de domesticación es incierto pero existe evidencia de que probablemente sea Méjico. La especie está adaptada a climas cálidos y es sensible a heladas. Su crecimiento y desarrollo es óptimo en el rango entre 15 y 25 °C, y se enlentece mucho o detiene por debajo de 10 o por encima de 35 °C. También es muy susceptible al anegamiento del suelo. Esta especie pertenece a la familia de las Solanáceas y es potencialmente perenne en su lugar de origen, sin embargo, en regiones de clima templado como los de Uruguay, presentan un ciclo anual definido por la ocurrencia de heladas y temperaturas bajas durante la estación invernal (Rodríguez 1984, Aldabe 2000).

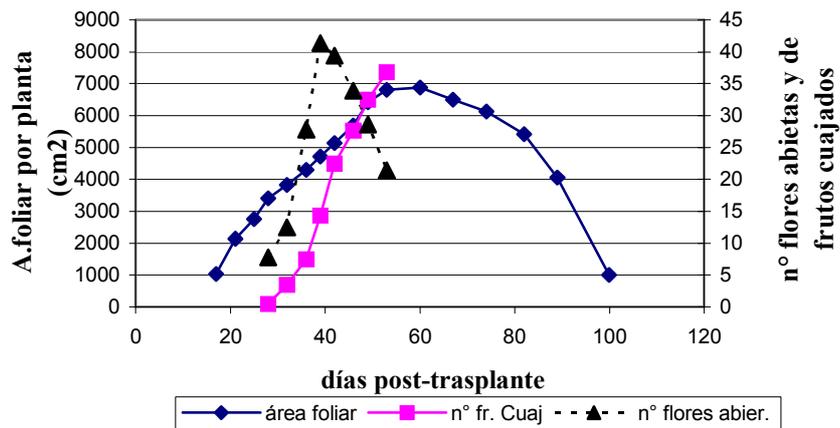
El crecimiento de la planta es simpodial, es decir que luego de iniciada la fase reproductiva, la yema apical se diferencia en una yema floral luego de producir entre 2 y 4 hojas. Los ejes sucesivos se desarrollan a partir de la yema axilar de la última hoja previa a la inflorescencia. Las hojas son compuestas, imparipinnadas con 7 a 9 folíolos. La inflorescencia es un dicasio compuesto generalmente por 4 a 12 flores. El fruto es una baya globular (Chamarro, 1995).

En las variedades de tomate de mesa de tipo 'indeterminado' continúan desarrollándose nuevos ejes vegetativos acompañados por su respectivo racimo durante todo el ciclo del cultivo. Las variedades de tomate seleccionadas para industria, en cambio, presentan un modelo de crecimiento de tipo determinado, con las características que se detallan a continuación:

- Tienen una fuerte tendencia a la ramificación lateral desde las axilas de las hojas.
- Se desarrollan solo 1 o 2 hojas por simpodio.
- La floración y maduración de frutos se concentra
- Tienen un hábito arbustivo.
- No es necesario realizar poda ni raleo de frutos.
- Su producción es a campo, de estación, sin conducción y con posibilidades de cosecha mecánica.

El tipo de crecimiento determinado de estas variedades es el resultado de la fuerte tendencia a la ramificación de la planta y del menor número de hojas por simpodio, que provocan la aparición de un gran número de inflorescencias y por lo tanto de gran cantidad de frutos cuajados en un corto período de tiempo (Figura 3). Esta concentración del cuajado produce un incremento exponencial

de la demanda de asimilados por los frutos en crecimiento que compite con la de los puntos de crecimiento vegetativos frenando su crecimiento y provocando la determinación de la planta (Dogliotti, 2007). En este tipo de modelo de crecimiento, la máxima área foliar del cultivo coincide en el tiempo con el fin del cuajado de frutos, luego esta comienza a descender hasta la senescencia de la planta, dado que no hay más reposición de hojas (Figura 3).

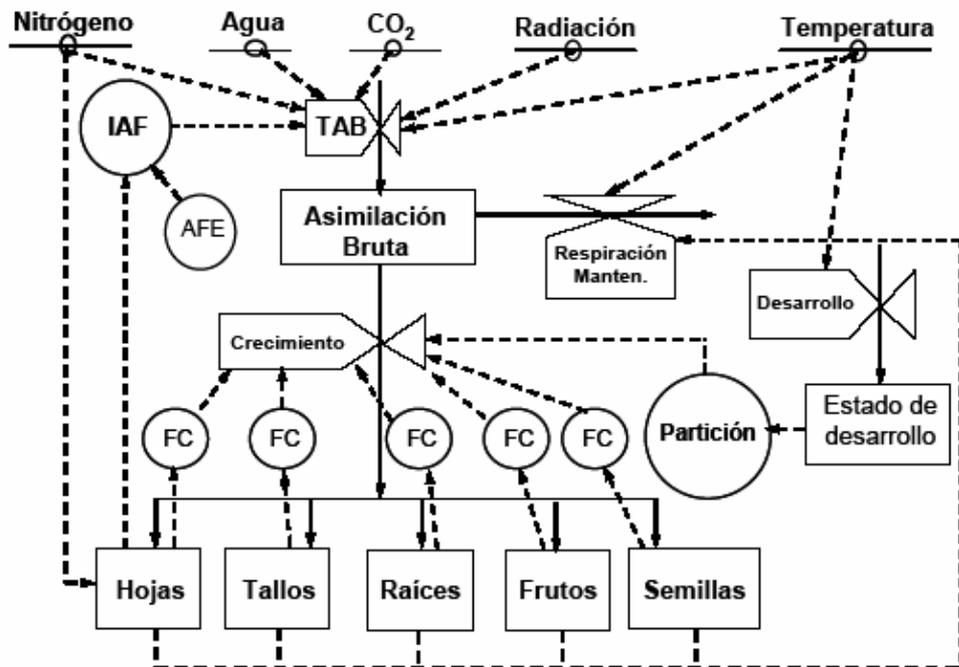


Fuente: Núñez y Palotti (2004)

Figura No. 3: Evolución del área foliar, número de flores abiertas y número de frutos por planta en función del tiempo desde el trasplante para la variedad Loica.

2.2. FORMACIÓN DEL RENDIMIENTO

Para analizar la formación del rendimiento en el cultivo de tomate y cuales son los factores que inciden en él, se tomará como base el Modelo Cualitativo de la formación del rendimiento de un cultivo anual adaptado de Lovenstein et al., citados por Dogliotti (2007).



Fuente: adaptado de Lovenstein et al., por Dogliotti (2007)

Figura No. 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, $\text{kg CO}_2 \text{ ha}^{-1}$) depende de la tasa fotosintética (TAB, $\text{kg CO}_2 \text{ ha}^{-1} \text{ día}^{-1}$), 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_2 , estado nutricional del cultivo y edad promedio del follaje. El CO_2 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_2 se denomina Respiración de mantenimiento. La Asimilación Neta ($\text{kg CH}_2\text{O ha}^{-1}$) 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 propuesto plantea varias alternativas para incrementar los rendimientos logrados. En primer lugar, podemos tomar medidas de manejo para incrementar la Tasa de Asimilación Bruta, disminuir la Respiración de mantenimiento y por lo tanto aumentar la Tasa de Asimilación Neta, 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. 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, 2007).

El rendimiento final del cultivo está fuertemente relacionado al largo del ciclo del cultivo, de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$R = TC * LC * IC \text{ (Ecuación No. 1)}$$

Dónde:

R = rendimiento en kg ha^{-1}

TC = tasa de crecimiento del cultivo en $\text{kg ha}^{-1} \text{ día}^{-1}$

LC = largo del ciclo del cultivo en días

IC = índice de cosecha

Como se puede deducir de lo anterior, el manejo de la partición de asimilados entre crecimiento vegetativo y crecimiento de los frutos es un punto clave que define el largo del ciclo y por lo tanto el rendimiento a lograr.

El mecanismo principal que gobierna la partición de asimilados en la planta de tomate es la competencia entre fosas. Se define como “fosa” a cualquier órgano que sea neto importador de asimilados. La fuerza de fosa es la capacidad potencial (habilidad competitiva) de un órgano de atraer asimilados frente a otros órganos; se mide indirectamente dejando pocos frutos y se ve cuánto consumen sin competencia. Se denomina “fuente” a cualquier órgano que sea productor neto de asimilados (Heuvelink, 1996a).

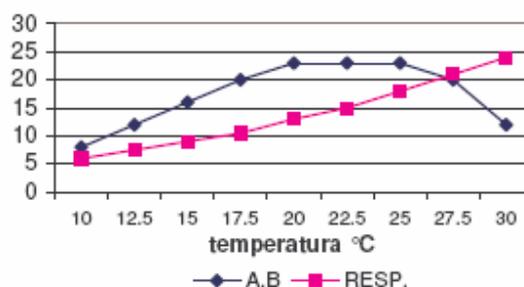
$$\text{Relación Fuente/Fosa} = \frac{\text{Asimilación Neta}}{(\text{Fuerza de fosa frutos} + \text{Fuerza de fosa vegetativa})}$$

La partición de asimilados hacia los frutos esta determinado por su número y tasa de crecimiento. El número de frutos depende de la tasa de cuajado y de las condiciones que favorecen el mismo. Al haber mayor número de frutos por planta, aumenta la partición de materia seca hacia los frutos, con respecto al total de la planta. Al reducirse el número de frutos por racimo se incrementa la partición de asimilados hacia la parte vegetativa; en los resultados obtenidos por Heuvelink y Marcelis (1996b) cuando se reduce el número de frutos de 7 a

1, se incrementa el peso seco vegetativo que pasa del 45 al 81% de la materia seca total de la planta.

La tasa de crecimiento potencial o la Fuerza de Fosa de un órgano no es algo estático, sino que cambia a lo largo del ciclo de desarrollo del órgano y también es afectada por la temperatura. La Fuerza fosa del fruto varía a lo largo de su ciclo de desarrollo alcanzando su máximo entre 20 y 40 días desde la antesis y luego desciende gradualmente hasta la maduración del fruto. El efecto de la temperatura en la Fuerza de Fosa de un fruto se ejerce a través de la tasa de desarrollo y puede representarse a través de la acumulación de grados día a lo largo de todo el ciclo de desarrollo del fruto, desde cuajado a maduración. Este efecto, podemos decir que es de largo plazo. La temperatura también afecta la Fuerza de Fosa de un órgano de forma instantánea, es decir, las oscilaciones de temperatura que pueden darse en períodos cortos de tiempo (pocos días) también afectan la fuerza de fosa de los órganos vegetales a través de modificar la velocidad de las reacciones metabólicas (Dogliotti, 2007).

Según el Modelo Cualitativo de la formación del rendimiento de un cultivo anual antes mencionado, la temperatura incide a tres niveles. En primer lugar, afecta la tasa de desarrollo del cultivo, acelerando los procesos. Por lo tanto la temperatura es el factor del ambiente que determina el largo del período de crecimiento del cultivo, reduciendo los rendimientos según lo establecido en la ecuación No.1. En segundo lugar, afecta la respiración de mantenimiento y la Asimilación bruta como se presenta en la figura No. 5.



Fuente: UdelaR (URUGUAY). FACULTAD DE AGRONOMÍA (2007)

Figura No. 5: Influencia de la temperatura en la asimilación bruta y la respiración de mantenimiento.

Como se observa en la figura No. 5, la asimilación bruta aumenta con mayores temperaturas. Sin embargo, la curva se estabiliza a partir de los 19° C aproximadamente y la curva de respiración de mantenimiento sigue

aumentando. Esto lleva a que la asimilación neta se reduzca con temperaturas altas.

2.3. FACTORES AMBIENTALES QUE INCIDEN EN EL RENDIMIENTO

Podemos clasificar a los factores que inciden directa o indirectamente en el rendimiento de los cultivos en dos grupos. Por un lado, los factores ambientales o climáticos y por el otro los que refieren al manejo del cultivo. Dentro de los factores climáticos que ejercen una gran influencia sobre el cultivo y la formación del rendimiento se destacan la Temperatura, Luminosidad y Humedad (Folquer 1979, Nuez 1995).

A continuación se describe el efecto de los principales factores ambientales que inciden en la performance de los cultivos para cada etapa del desarrollo de los mismos.

2.3.1. 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. La temperatura y la radiación son los factores más importantes en determinar la productividad. La temperatura condiciona casi la totalidad de las funciones fisiológicas y la competencia por la luz es otra de las causas principales de reducción de los rendimientos cuando se cuenta con adecuados niveles de fertilidad y disponibilidad de riego (Rodríguez del Rincón, 1975).

2.3.1.1. Temperatura

El tomate es capaz de crecer en un amplio rango de condiciones ambientales, pero, de acuerdo a su lugar de origen, su crecimiento se detiene a temperaturas medias por debajo de 10 °C o por encima de 30 °C y no tolera heladas (Nuez, 1995). La temperatura óptima depende de la luminosidad, cuanto más reducida es la intensidad lumínica más baja es la temperatura óptima de crecimiento (Folquer, 1979). Además, la temperatura óptima varía a lo largo del ciclo del cultivo como se detalla en el cuadro No. 3.

Cuadro No. 3: Temperatura óptima durante las diferentes etapas del cultivo de tomate.

Etapa	S – G ²		G – R ³		R – T ⁴		Después de T ⁵	
	Día	Noche	Día	Noche	Día	Noche	Día	Noche
Tóp (°C) ₁	25	22-25	18-24	17-19	17-20	12-16	18-22	15-17

Fuente: Challa y Heuvelink, citados por Dogliotti (2007)

- Referencias: 1- Tóp: Temperatura óptima(°C)
 2- S – G: Siembra - Germinación
 3- G – R: Germinación – Repique
 4- R – T: Repique – Transplante
 5 – Después de T: después del transplante

2.3.1.2. Radiación incidente

La producción y partición de fotoasimilados es un factor central para el desarrollo de la planta (Chamarro, 1995). El valor óptimo de fotoperíodo se encuentra entre 14 y 16 horas. Con un fotoperíodo de 16 horas produce el doble de materia seca que con uno de 8 horas, mientras que el crecimiento se ve detenido con fotoperíodos menores de 8 – 10 horas (Rey y Costes 1965, Rodríguez del Rincón 1975, Folquer 1979). Pero el cultivo de tomate no es sensible al fotoperíodo, sino que las diferencias en crecimiento observadas por estos autores se deben únicamente a la diferencia en la cantidad de radiación neta interceptada por el cultivo en situaciones de diferente largo de día. Según el Modelo Cualitativo de la formación del rendimiento de un cultivo anual antes mencionado la radiación incidente define la producción de asimilados que es la fuente para el crecimiento vegetativo y reproductivo del cultivo.

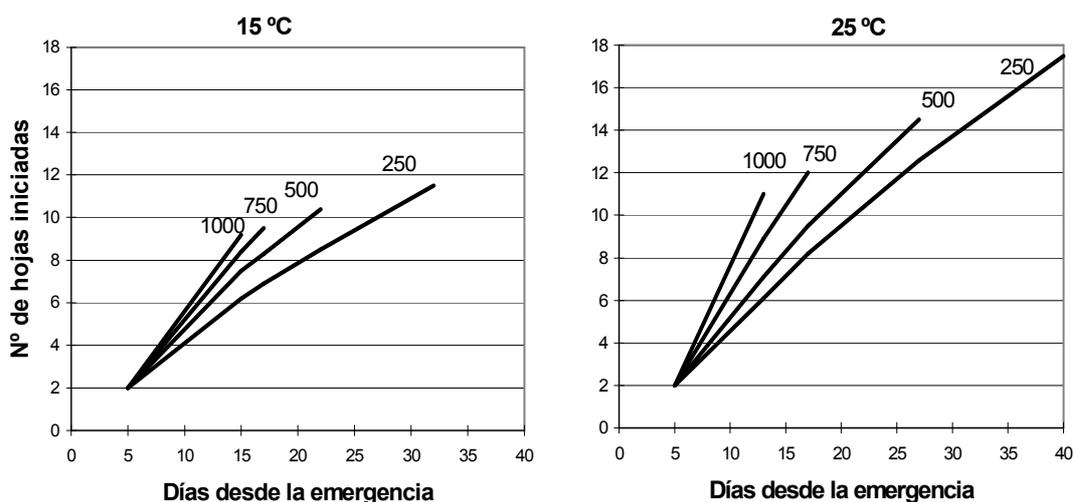
2.3.2. Desarrollo reproductivo

2.3.2.1. Floración

Los cultivares de tomate determinados tienen un período de floración seguido de un período donde el crecimiento de los frutos es dominante, es decir, la floración ocurre en una época específica (Atherton y Rudich, 1986). Los factores que afectan la floración pueden influir sobre la precocidad, rendimiento y calidad de fruto (Chamarro, 1995).

La floración del tomate se ve favorecida por temperaturas nocturnas inferiores a 17°C, pero superiores a 13°C, asociadas a temperaturas diurnas cercanas a los 23°C, cuando las temperaturas son superiores a las óptimas y la intensidad de luz es baja la floración se ve retrasada (Folquer, 1979).

El momento de inicio de la floración determina la precocidad del cultivo. Este fenómeno está regulado por la radiación y la temperatura, siendo la luminosidad el factor determinante. Baja luminosidad atrasa la iniciación floral, mientras que, buena disponibilidad acelera el proceso. Con respecto a la temperatura, las más elevadas atrasan la formación de la primera inflorescencia, mientras que, temperaturas inferiores aceleran la iniciación floral, reduciendo el número de hojas formadas hasta la aparición del primer racimo (Figura 6). Luego de la primera inflorescencia, el desarrollo de flores depende de la temperatura y otros factores que determinan la velocidad de crecimiento de las plantas (Calvert, citado por Atherton y Rudich, 1986). Aunque las temperaturas elevadas aceleran el desarrollo floral, pueden también incrementar la incidencia del aborto de yemas cuando la radiación fotosintéticamente activa se encuentra limitando el crecimiento de las plantas (Kinet, citado por Chamorro, 1995).



Fuente: Calvert, citado por Atherton y Rudich (1986)

Figura No. 6: Efecto de la intensidad de luz (1000, 750, 500 y 250 lux/ft²) y la temperatura media (15 y 25 °C) en el tiempo desde emergencia a inicio del primer racimo y en el número de hojas iniciadas antes del primer racimo en plantas de tomate.

Según Boxal, citado por Rey y Costes (1965), con temperaturas del suelo extremas, inferiores a 16°C o superiores a 34°C la floración de las plantas se produce tardíamente y por consiguiente la fructificación se realiza de manera anormal, disminuyendo considerablemente el rendimiento total.

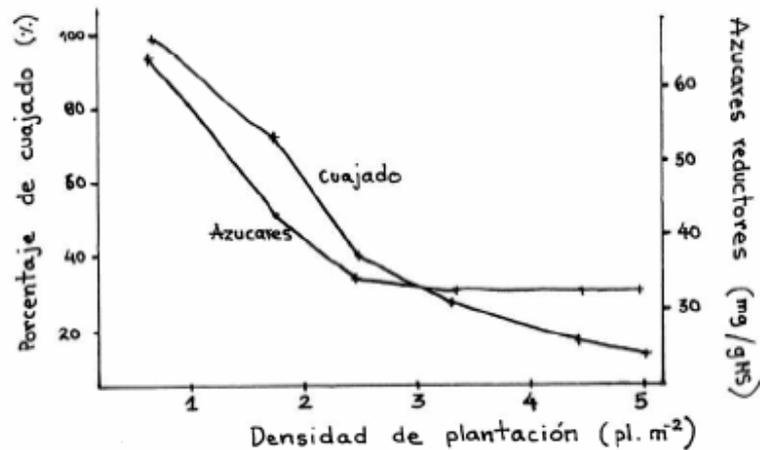
Las deficiencias de minerales como nitrógeno, fósforo y potasio retrasan el desarrollo de las flores pudiendo provocar aborto de las mismas (Adams et al.,

citados por Chamorro, 1995). Sobre todo en condiciones de estrés hídrico y temperaturas elevadas.

2.3.2.2. Cuajado de frutos

Una vez ocurrida la floración se tienen que dar una serie de eventos para llegar finalmente al cuajado de un fruto, estos eventos se ven afectados por factores ambientales.

El factor más importante que determina el porcentaje de cuajado es la disponibilidad de asimilados en la planta, que la podemos representar a través de la relación Fuente/Fosa. En la Figura No. 7 se muestra la influencia de la disponibilidad de asimilados (azúcares reductores) en el porcentaje de cuajado. La disponibilidad de asimilados en la planta se varió a través de la densidad de plantación (Dogliotti, 2007).



Fuente: Dogliotti (2007)

Figura No. 7: Efecto de la concentración de azúcares reductores (afectado por la densidad de plantación) en el porcentaje de cuajado en tomate.

Frecuentemente el cuajado se ve afectado por factores que influyen en la producción de polen y la polinización. La producción de polen se ve limitada por temperaturas mayores a 40°C durante la división meiótica (Iwahori, citado por Ho y Hewitt, 1986) y menores a 10°C luego de la etapa meiótica de la microesporogénesis (Maisonneuve y Philouze, citados por Ho y Hewitt, 1986). También se ve afectada por baja disponibilidad de asimilados desde 9 días antes de la antesis (Howlet, citado por Ho y Hewitt, 1986). El estigma comienza

a ser receptivo 1 o 2 días antes de la dehiscencia de las anteras. A partir de esta instancia, la transferencia de polen se puede ver limitada por niveles de humedad relativa menores al 70% y mayores al 90 %. Si la humedad es inferior al 70% o la temperatura esta por fuera del rango óptimo de 17 - 24 ° C, la adherencia del polen en el estigma se reduce (Van Ravestijn, citado por Ho y Hewitt, 1986).

Una vez adherido el grano de polen al estigma de las flores la germinación se puede afectar con temperaturas menores a 10 °C y mayores a 35 °C. Por último, la fecundación se dará si el tubo polínico penetra un óvulo viable. El mismo puede deteriorarse por temperaturas > 40°C entre 24 a 96 horas luego de la fecundación (Ho y Hewitt, 1986). Las temperaturas altas, que propician un crecimiento rápido, pueden promover la excreción del estilo (el estigma queda por encima de las anteras) y afectar la autopolinización y el cuajado de frutos. Este fenómeno se denomina “esterilidad posicional” (Chamarro, 1995).

Las condiciones óptimas para el cuajado del tomate son alta radiación y buena disponibilidad de agua, así como temperaturas diurnas de 18 – 23 °C y nocturnas de 16 – 18 °C. La Humedad Relativa del ambiente óptima se encuentra en el entorno del 80% (Dogliotti, 2007).

2.3.2.3. Crecimiento y desarrollo del fruto

El crecimiento del fruto se ajusta a una curva sigmoide que puede dividirse en tres períodos (Atherton y Rudich, 1986):

1º período: Crecimiento lento producido principalmente por división celular. Cuando finaliza esta etapa, el peso del fruto es inferior al 10% del peso final. Este período es muy importante porque se define el tamaño potencial (número de células), así como se aumenta la fuerza fosa del fruto.

2º período: Crecimiento rápido basado en el aumento del tamaño de las células antes formadas. Esta etapa se prolonga hasta el inicio de la maduración y en ese momento el fruto alcanzó el tamaño definitivo.

3º período: Crecimiento lento, en el que el incremento de peso es muy reducido, sin embargo, se producen cambios metabólicos característicos de la maduración.

La tasa de desarrollo del fruto está marcadamente afectada por la temperatura (De Koning, 1994). Con solamente 4 grados centígrados de incremento de la temperatura media durante el período de cuajado a maduración del fruto se redujo en más de 20 días (Cuadro 4).

Cuadro No. 4: Efecto de la temperatura en el período de crecimiento del fruto.

Temperatura (° C)	Período de crecimiento de fruto	
	Calypso	Dombito
17	71,9	73,8
19	62	61,8
21	56,2	55,1
23	48,6	47,9
Media	59,7	59,7

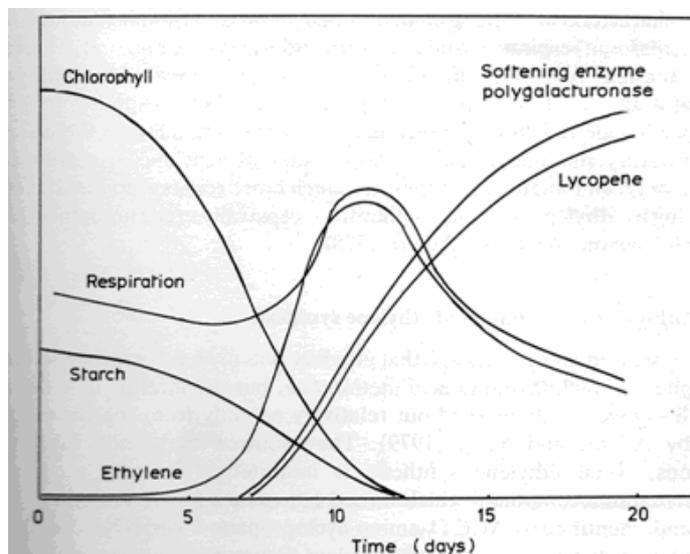
Fuente: De Koning (1994)

El tamaño final del fruto está relacionado con la tasa de crecimiento y con la duración del período antesis-maduración. Cuánto mayor sea la disponibilidad de asimilados por fruto (alta asimilación neta y/o baja competencia de otras fosas) y menor la temperatura dentro de los rangos óptimos para el cultivo, mayor será el tamaño de fruto obtenido (De Koning, 1994).

2.3.2.4. Maduración del fruto

Durante la maduración de los frutos de tomate se producen cambios importantes en el color, composición, aroma, sabor y textura que lo hacen atractivo para el consumo humano. El tomate es un fruto climatérico, es decir, que manifiesta un descenso continuo en la respiración durante el crecimiento hasta llegar a un mínimo preclimatérico, poco antes de la maduración. Al iniciarse la maduración, la respiración aumenta hasta lograr un máximo llamado pico climatérico, para descender posteriormente. Simultáneamente al pico respiratorio se produce un aumento en la producción de etileno que influye en los cambios inherentes a la maduración (Grierson y Kader, 1986).

Durante esta etapa, ocurren cambios en la composición del fruto tales como, la degradación del almidón y producción de glucosa y fructosa. También se degrada clorofila y se sintetizan pigmentos (Beta caroteno y licopeno). La actividad de la enzima poligalacturonasa aumenta, la cual produce la degradación de las paredes celulares dando como resultado un incremento en el contenido de pectinas solubles, lo que conlleva al ablandamiento del fruto (Figura 8). El ácido cítrico aumenta en proporción con respecto al ácido málico, así como también, aumenta el ácido glutámico. Durante el proceso de maduración también se producen compuestos aromáticos (componentes volátiles) y se degrada la alfa-tomatina (alcaloide tóxico) (Grierson y Kader, 1986).



Fuente: Atherton y Rudich (1986)

Figura No. 8: Cambios en el metabolismo y composición del fruto durante la maduración.

El color del fruto maduro es afectado por la temperatura. Con temperaturas de 18-22° C la combinación entre licopeno y beta caroteno es óptima. Con condiciones de temperaturas superiores se favorece la síntesis de Beta carotenos y el fruto adopta una coloración anaranjada, mientras que si las mismas son menores a dicho rango el fruto presenta un color más rosado dada la mayor síntesis de licopeno (Curso de horticultura, 2007).

La composición del fruto maduro, tanto el contenido de agua como el de otros componentes, dependen de la variedad, nutrición, condiciones del cultivo, etc. En el Cuadro No. 5 se detallan valores orientativos de los componentes de mayor interés.

Cuadro No. 5: Valores orientativos de la composición del fruto maduro de tomate.

Componente	Peso fresco %
Materia seca	6.50
Carbohidratos totales	4.70
Grasa	0.15
N proteico	0.40
Azucares reductores	3.00
Sacarosa	0.10
Sólidos solubles totales (°Brix)	4.50
Ácido málico	0.10
Ácido cítrico	0.20
Fibra	0.50
Vitamina C	0.02
Potasio	0.25

Fuente: Chamarro (1995)

2.4. FACTORES DE MANEJO QUE INCIDEN EN EL RENDIMIENTO

2.4.1. Propiedades físicas y preparación del suelo

El suelo y su preparación son factores determinantes en el resultado productivo del tomate. El área seleccionada para instalar un cultivo debe estar correctamente nivelada y con un buen sistema de drenaje, manejos que resultan indispensables para que el agua no se acumule en el cuadro y no cause muerte de plantas y reducción del rendimiento (Gould, 1992). Según Nonnecke, citado por Castilla (1995), el tomate vegeta mejor en suelos sueltos y profundos, sin embargo, la principal propiedad a tener en cuenta es el drenaje del suelo, ya que es muy sensible a asfixia radical.

También es importante para el buen crecimiento del cultivo las características que influyen sobre las propiedades físicas del suelo, tales como, textura, contenido de materia orgánica, profundidad para la exploración radical. Dichas propiedades 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 (INTA, 1994).

Cuando el suelo cuenta con bajos niveles de materia orgánica se compacta y se encostra afectando el desarrollo radical, por ende deben ser corregidos mediante aplicaciones de enmiendas orgánicas o implantación de abonos verdes. La principal enmienda utilizada es la cama de pollo por su mayor disponibilidad en la zona de producción de tomate (Canelones y sur de San

José). Como valores orientativos consideramos que el estiércol tiene un 70 % de Materia seca y 1,5 a 2,5 % N. Podemos suponer que el 50 % del estiércol se mineraliza el primer año, 25 % el segundo año y 10 % el tercero (García, 2002).

El efecto de la incorporación de abonos verdes y estiércol de ave sobre la productividad del tomate industria fue estudiada por Campelo et al. (1979). En este trabajo no se obtuvieron diferencias significativas entre el rendimiento del cultivo con barbecho invernal y con avena (14tt/ha de materia seca) incorporada previo al transplante con agregado de estiércol de ave. Sin embargo, se advirtió una tendencia del manejo con estiércol a producir rendimientos mayores.

2.4.2. Nutrición mineral

El aporte de nutrientes a las plantas esta dado, en primer lugar, por lo que suministra el suelo. En segundo lugar, por el aporte de fertilizantes. Por lo tanto para definir un programa de fertilización es necesario conocer las demandas del cultivo, la disponibilidad de nutrientes en el suelo, para obtener las necesidades de aportes adicionales (Arboleya, 1979).

El potasio es el nutriente mayormente extraído por tonelada de fruta cosechada (Cuadro 6). Altos niveles de este nutriente son necesarios no solo para lograr altos rendimientos sino que también influye sobre aspectos de la calidad de los frutos. Con una adecuada nutrición potásica se obtienen mayores sólidos solubles totales, azúcares, ácidos, pigmentos (carotenos y licopenos) así como mayor vida poscosecha (Usherwood, 1985).

El nitrógeno es un nutriente muy demandado por la planta de tomate (Cuadro 6). Este elemento es necesario para obtener elevados rendimientos, sin embargo, debe estar equilibrado con el nivel de Potasio (Rey y Costes, citados por Arboleya, 1979). Si esto no ocurre puede producirse un vigor excesivo en el período inicial de desarrollo, lo que en ocasiones dificulta la formación del fruto (Toowey et al., citados por Arboleya, 1979). Según Kaniszewski et al. (1986) la respuesta del cultivo al nitrógeno se observa hasta dosis de 225K/ha. Con dosis altas de este nutriente se reduce el rendimiento temprano, es decir, la precocidad. Además, se identificó una interacción positiva entre dosis altas de nitrógeno y el riego, no detectándose respuesta a dosis mayores a 150K/ha en condiciones de secano.

Cuadro No. 6: Extracción total y por tonelada de rendimiento fresco y distribución en la planta de nutrientes en un cultivo de tomate bajo invernáculo, cultivado en lana de roca, con 270 días de ciclo y un rendimiento de 320 t.ha-1.

	Extracción Total (kg.ha ⁻¹)	Extracción ton frutos (kg.ton ⁻¹)	Distribución en la planta (%)				
			hojas	tallos	brotos	veget	frutos
N	720	2.25	23.3	7.9	7.2	38.7	61.3
P	135	0.42	19.9	15.1	4.8	39.8	60.2
K	1130	3.53	18.5	10.8	5.0	34.3	65.6
S	185	0.58	71.6	7.6	4.0	83.2	16.8
Ca	523	1.63	75.7	15.1	4.1	94.8	5.2
Mg	85	0.27	50.3	15.0	4.9	70.2	29.8

Fuente: Woogt, citado por UdelaR (URUGUAY). FACULTAD DE AGRONOMÍA (2007).

El calcio es un elemento importante, que se destina principalmente a la parte vegetativa de la planta (Cuadro 6). Sin embargo, frecuentemente se observan deficiencias de este elemento en los frutos siendo importante razón de descarte por podredumbre apical. Este desorden fisiológico se produce por deficiencias de calcio en las primeras semanas del crecimiento del fruto en la zona apical del mismo. Las causas están frecuentemente ligadas a atrasos en la absorción de calcio en relación a las demandas de este elemento. La lenta absorción puede deberse a niveles bajos del nutriente en el suelo, pero más frecuentemente a deficiencias de agua (vehículo del calcio, que se trasloca vía xilema). Mientras que la alta demanda se genera frente a crecimiento acelerado de los frutos en condiciones de alta temperatura y radiación (Westerhout 1963, Marcelis y Ho 1999). Según Bar-Tal et al. (2001), los descartes por podredumbre apical se minimizan con condiciones de disponibilidad de agua continua para la absorción y en condiciones de calcio en el suelo no limitante.

El pH debe ser ligeramente ácido siendo los valores óptimos entre 6.0-6.5 (Folquer 1979, Nuez 1995).

2.4.3. Materiales genéticos

La variedad empleada influye tanto en los rendimientos potenciales del cultivo, como, en la calidad interna del fruto, lo que es relevante para el sector industrial. Existen dos tipos de materiales disponibles a nivel comercial, los híbridos (F1) y las variedades de polinización abierta (VPA) (Rodríguez del Rincón, 1975).

A continuación se detallan las variedades más plantadas para el año 2005/06.

Cuadro No. 7: Variedades más plantadas según superficie.

Variedad	Superficie (ha)	Superficie (%)
H9997	30.5	17.3
Río grande	27.05	15.4
Loica	18.3	10.4
Red summer	13	7.4
H9663	11	6.3
Gala	10.5	6
HA3303	10.3	5.9
Ipa 6	6.75	3.8
Cuyano	4	2.3
Concreto	2	1.1
H6803	4	2.3
otros	39	21.8

Fuente: URUGUAY. MGAP. DIGEGRA (2006)

En la estación experimental INIA Las Brujas se realizan desde el año 2003 ensayos comparativos de variedades que permiten evaluar el comportamiento agronómico y productivo de cultivares disponibles comercialmente. Los resultados de los ensayos se presentan en el cuadro a continuación.

Cuadro No. 8: Evolución de los rendimientos obtenidos en los años de ensayo comparativos de variedades.

Variedad	2003/04	2004/05	2005/06	2006/07	2007/08
	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha
LOICA	85000	52025	90147	58563	99461
H 6803	65000	40739	90971	59991	92963
CUYANO	29000	71429	63012	61333	101473
IPA 6	*	40681	45666	54886	81906
H9997	*				99604
H9663	*				93005
Río grande	*	37307	59188		84327
Promedio	68628	43778	67417	50280	93248

* No evaluados en la zafra

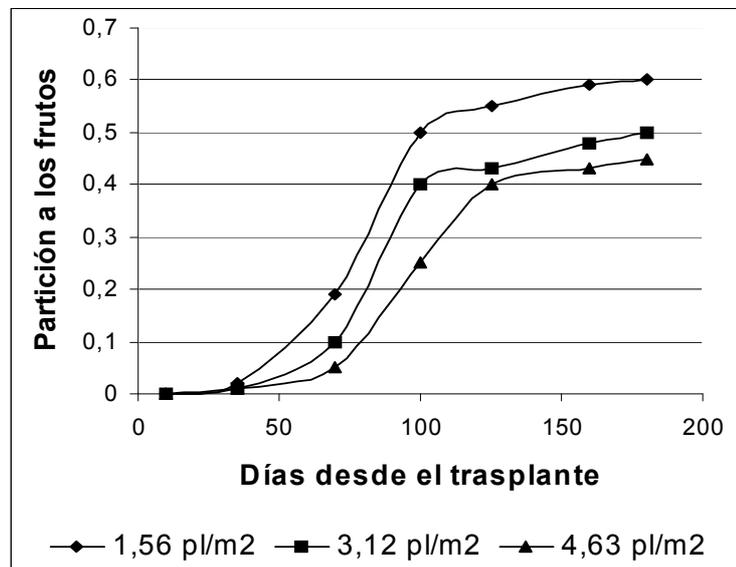
Fuente: elaboración propia a partir de datos de los ensayos de INIA Las Brujas 2003/04, 2004/05, 2005/06, 2006/07, 2007/08.

De los ensayos comparativos de variedades se concluyó que dentro del factor cultivar (manejable) se identifican materiales con aparente mayor estabilidad para los diferentes años debido a condiciones genéticas de resistencia y/o tolerancia a plagas y enfermedades (TSWV y bacteriosis), y por

condiciones de floración y cuajado de frutos. Estos cultivares son: Loica, Cuyano y H6803. Además se confirma un efecto año importante en la producción de tomate industria generando producciones oscilantes entre años en función de las características del año (González et al., 2006).

2.4.4. Densidad de plantación

Según Núñez y Palotti (2004), el aumento de la densidad no afecta la altura, ni el número de hojas, pero si el tamaño de las mismas, dando como resultado una disminución del área foliar por planta, lo que provoca una reducción de la relación Fuente/Fosa. Estos autores encontraron que a densidades mayores disminuye el número de frutos por planta, no siendo afectado el peso medio de los mismos, determinando de esta manera un descenso del rendimiento por planta (Cuadros 9 y 10). La densidad de plantación afecta la partición de asimilados a los órganos de la planta, especialmente a los frutos (Figura 9). Al aumentar la densidad, disminuye el número de frutos por planta (se reduce el cuajado de frutos) debido a la menor relación Fuente/Fosa. De esta forma, el efecto de la Fuente en la partición de asimilados es indirecto a través de su efecto en el cuajado de frutos (Dogliotti, 1994).



Fuente: Dogliotti (1994)

Figura No. 9: Efecto de distintas densidades de plantación sobre la partición a los frutos en morrón.

Cuadro No. 9: Número de frutos cosechados por planta y por m² en las dos cosechas para el cultivar Loica y H9780.

Densidad	27.777pl/ha		33.333 pl/ha		44.444 pl/ha	
	No. frutos planta ⁻¹	No. frutos m ⁻²	No. frutos planta ⁻¹	No. frutos m ⁻²	No. frutos planta ⁻¹	No. frutos m ⁻²
Loica	52,5	145,8	47,8	159,0	37,1	165,1
H9780	33,0	91,7	28,5	95,1	21,6	96,0

Fuente: Núñez y Palotti (2004)

Cuadro No. 10: Peso medio de frutos en la primera y segunda cosecha (kg) para Loica y H9780.

Cultivar	Peso medio en la primera cosecha	Peso medio en la segunda cosecha
Loica	0.059 b	0.047 b
H9780	0.091 a	0.074 a
DMS	0.0041	0.0048

Fuente: Núñez y Palotti (2004)

Cuadro No. 11: Rendimiento total y comercial (kg/há) según densidad de plantación para el cultivar Loica.

Densidad (plantas /ha)	27.777	33.333	44.444
Rendimiento Comercial (kg ha ⁻¹)	63834	72200	72845
Rendimiento Total (kg ha ⁻¹)	79227	87635	89186
Rendimiento Total (kg planta ⁻¹)	2,85	2,63	2,00

Fuente: adaptado de Núñez y Palotti (2004)

A partir de los resultados experimentales expuestos en el cuadro No. 11 y teniendo en cuenta el rendimiento comercial, la densidad más aconsejable para la variedad Loica es de 33.3 mil plantas ha⁻¹ y en H9780 es de 27.7 mil plantas ha⁻¹ (Núñez y Palotti, 2004).

2.4.5. Irrigación

El riego es un factor de producción que tiene un efecto marcado en el resultado final del cultivo de tomate para industria, tanto en lo que refiere a la cantidad como a la calidad de la cosecha obtenida. Si el suministro de agua es insuficiente se afecta la producción final, mientras que, si se sobrepasa las necesidades del cultivo descenderá la calidad de fruta (Rodríguez del Rincón, 1975). Rodríguez et al. (1984), en ensayos realizados en INIA Las Brujas, obtuvieron que los mayores rendimientos logrados por efecto del mayor nivel de agua se debieron al aumento del peso medio de las bayas no resultando afectado el número de estas. El aporte excesivo de agua durante el crecimiento vegetativo (después del trasplante) antes de la formación de los primeros frutos estimula el crecimiento vegetativo pudiendo ocasionar la caída de pequeños frutos (Work, citado por Folquer, 1979).

Las necesidades de agua de un cultivo están determinadas por los procesos de evaporación de agua desde el suelo y la transpiración a través de la superficie foliar, lo que se denomina evapotranspiración del cultivo (ETc) (Rodríguez del Rincón, 1975).

Según los resultados experimentales de Dumas y Baselga et al., citados por Nuez (1995) se establece que los déficit hídricos ocurridos durante el período de cuajado de frutos afecta negativamente el número de frutos por unidad de superficie a la hora de la cosecha. En la fase de crecimiento y maduración del fruto, niveles hídricos insuficientes provocan una reducción del peso unitario y pérdidas de rendimiento. De manera contraria, un déficit en este momento tiene un efecto positivo sobre el contenido de sólidos solubles y por ende mayor rendimiento industrial (Rodríguez del Rincón, 1975). Según Renquist y Reid (2001), las deficiencias de agua durante dicha etapa del crecimiento del fruto provocan una disminución del rendimiento por planta, sin embargo, estos déficit provocan cosechas más precoces, con fruta de mejor color, mayor contenido de sólidos solubles totales (°Brix), mejor pH y contenido de ácidos, lo que implica una mayor aptitud industrial. De esta manera, se determinó, que tanto el tratamiento con déficit en la etapa de maduración, como sin deficiencias, producen rendimientos similares expresado en sólidos solubles totales por planta (Cuadro 12).

Cuadro No. 12: Efecto de deficiencias hídricas en el período de crecimiento y maduración del fruto sobre el rendimiento y el tenor de sólidos solubles totales.

Régimen de riego	Rendimiento (Kg./planta)	Sólidos solubles (°Brix)	Rendimiento en sólidos (Kg./planta)
Sin déficit	4.2	5.1	0.26
Déficit en maduración	2.6	8.0	0.25

Fuente: adaptado de Renquist y Reid (2001)

Según García et al. (2006), se detecta un aumento significativo en los rendimientos de tomate al aumentar la lámina de riego aplicada. Con niveles de riego del 100% de la evapotranspiración del cultivo (ETm) se obtuvieron resultados significativamente superiores a los obtenidos con aplicaciones del 50% de la evapotranspiración para todas las densidades de planta empleadas en el experimento. Además, se observó una mayor respuesta al riego con densidades de 32 mil plantas/ha. En lo que refiere al efecto del riego en los sólidos solubles totales, se registraron los niveles más altos en el tratamiento en seco (Cuadro 13). En los resultados experimentales de García et al. (2007) se reafirma que el mayor rendimiento comercial se logra aportando el 100% de la evapotranspiración del cultivo, 150 kg de N há⁻¹ y 45000 pl há⁻¹. En el tratamiento sin riego, con aplicación de 50 kg de N há⁻¹ y 15 mil pl/há⁻¹, fue observado el rendimiento más bajo.

Cuadro No. 13: Rendimiento y sólidos solubles totales en función del régimen hídrico.

Régimen hídrico	SST (°Brix)
Secano	4.5
50% ETm	4.2
100% ETm	4.2

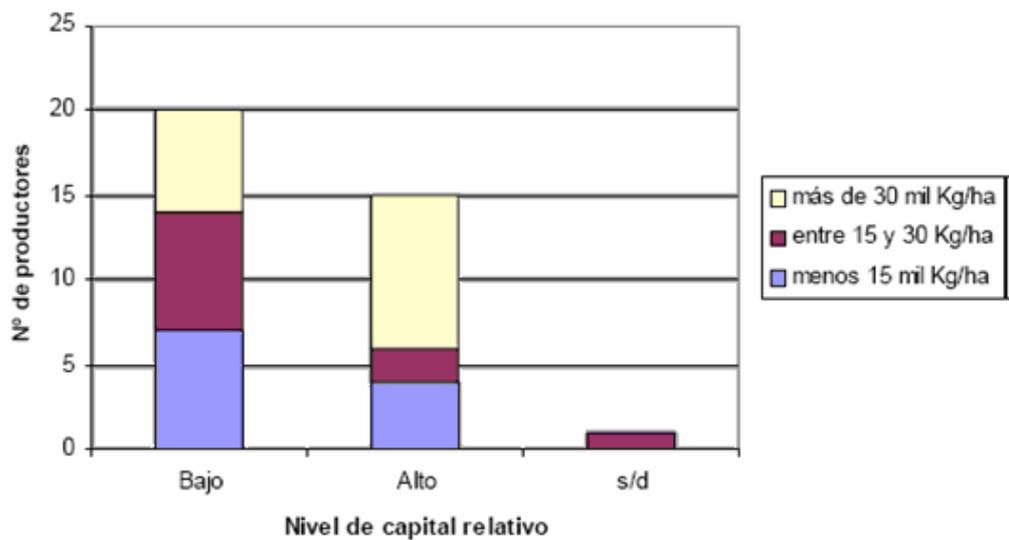
Fuente: adaptado de García et al. (2006)

2.5. 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, aplicación de productos fitosanitarios, etc. Según González (2005), analizando los productores remitentes a la planta industrializadora de tomate Valentín Martínez y Cia S.A.

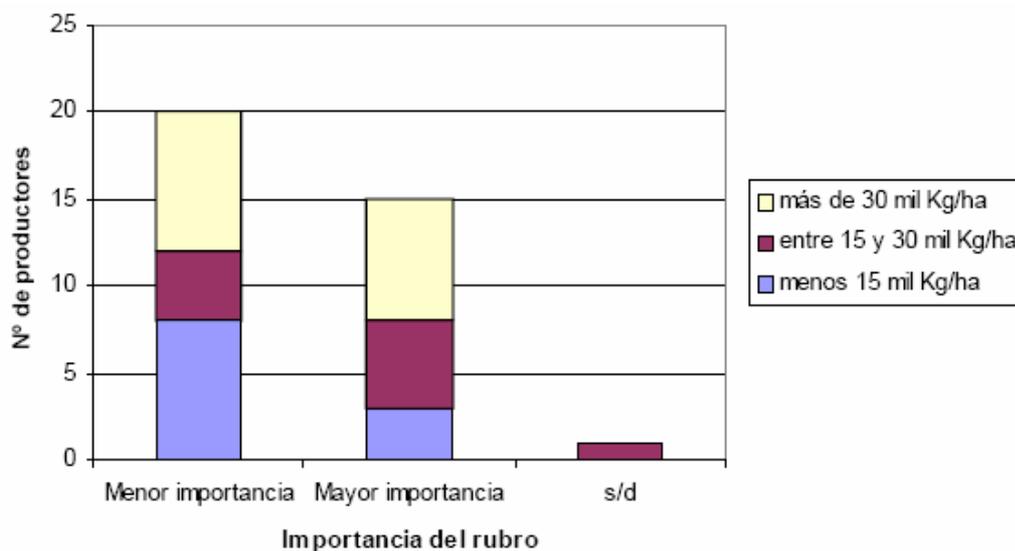
existe una tendencia a que cuanto mayor es el nivel de capital de los predios mayor es el rendimiento (Figura 10).

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). Esto se evidencia en la figura 11, donde la mayoría de los productores con rendimientos menores a 15 Mg/ha coinciden con los productores donde el tomate tiene menor importancia en los ingresos de la familia.



Fuente: González (2005)

Figura No. 10: Número de productores por estrato de rendimiento según nivel de capital relativo.



Fuente: González (2005)

Figura No. 11: Número de productores por estrato de rendimiento según importancia del rubro tomate según ingresos en el predio.

2.6. APTITUD INDUSTRIAL

Dado que el destino del producto final es la industria procesadora de tomate, cobran relevancia aspectos vinculados a la aptitud industrial del tomate cosechado. A continuación se detallan los principales parámetros de aptitud del tomate para procesado.

2.6.1. Sólidos solubles totales (°Brix)

Los sólidos solubles totales constituyen una de las principales características de interés de las plantas procesadoras de tomate, ya que cuanto mayores sean los ° Brix, mayor será el rendimiento de la industria y menor será el gasto de energía en la concentración de la pulpa durante el proceso. En términos prácticos, aumentar en un grado Brix la materia prima incrementa el rendimiento industrial en un 20% (Giordano et al. 2000, Renquist y Reid 2001).

Fórmula estimativa del rendimiento Industrial

$$P \text{ (t de pulpa/ha)} = (\text{Producción t/ha} \times 0.95) \times \text{°Brix del jugo} / 28$$

(Giordano et al., 2000)

Según Stevens y Rick, citados por Renquist y Reid (2001), los sólidos solubles totales es una característica muy dinámica y sensible a factores ambientales (temperatura y precipitaciones) y de manejo (riego y fertilización). Los mismos se ven minimizados cuando ocurren altas temperaturas, que aumentan la respiración celular, y precipitaciones cerca de la cosecha. La arquitectura de planta también incide en los sólidos solubles totales. Plantas con follaje denso que cubre al fruto reducen la temperatura del mismo y logran mayores grados Brix (Moore et al., 1957). En lo que respecta a la fertilización, el nutriente más importante resulta ser el nitrógeno, que en niveles altos (superiores a 150K/ha) reduce los sólidos solubles totales sensiblemente (Kaniszewski et al., 1986).

2.6.2. Viscosidad

Esta propiedad depende de la degradación de las pectinas. Cuanto mayor es la viscosidad de los derivados del tomate, más alto es el nivel de sólidos y por ende, la calidad es superior (Giordano et al., 2000).

2.6.3. Acidez

Se consideran deseables pH menores a 4.5 para impedir la proliferación de microorganismos en el producto final. Valores superiores requieren períodos más largos de esterilización, aumentando los costos de procesamiento (Giordano et al., 2000).

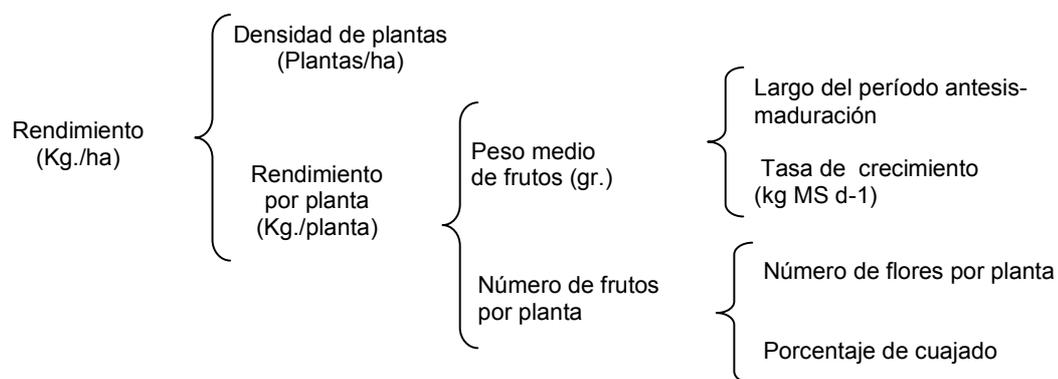
2.6.4. Firmeza

Este parámetro de calidad resulta importante debido a que confiere resistencia a daños durante el transporte. Los frutos blandos son más susceptibles a deformarse y romperse liberando jugos celulares. La firmeza es influenciada por la resistencia de la epidermis y la textura del pericarpio así como de la estructura interna del fruto (Relación entre el volumen del pericarpio y el volumen del material locular) (Giordano et al., 2000). La firmeza se ve disminuida con altas dosis de nitrógeno (mayores a 200k/ha) y con niveles muy bajos de este nutriente, pudiendo lograrse firmezas óptimas con dosis medias (Kaniszewski et al., 1986).

2.7. COMPONENTES DEL RENDIMIENTO

La capacidad de incidir sobre el rendimiento físico de un cultivo dependerá en primera instancia, del correcto reconocimiento de cuales son los componentes del rendimiento. De esta forma podemos implementar medidas de manejo tendientes a superar las limitantes y aumentar la productividad de los

cultivos. A continuación se presenta un esquema detallando los principales componentes del rendimiento y sus relaciones.



Fuente: UdelaR (URUGUAY). FACULTAD DE AGRONOMÍA (2007)

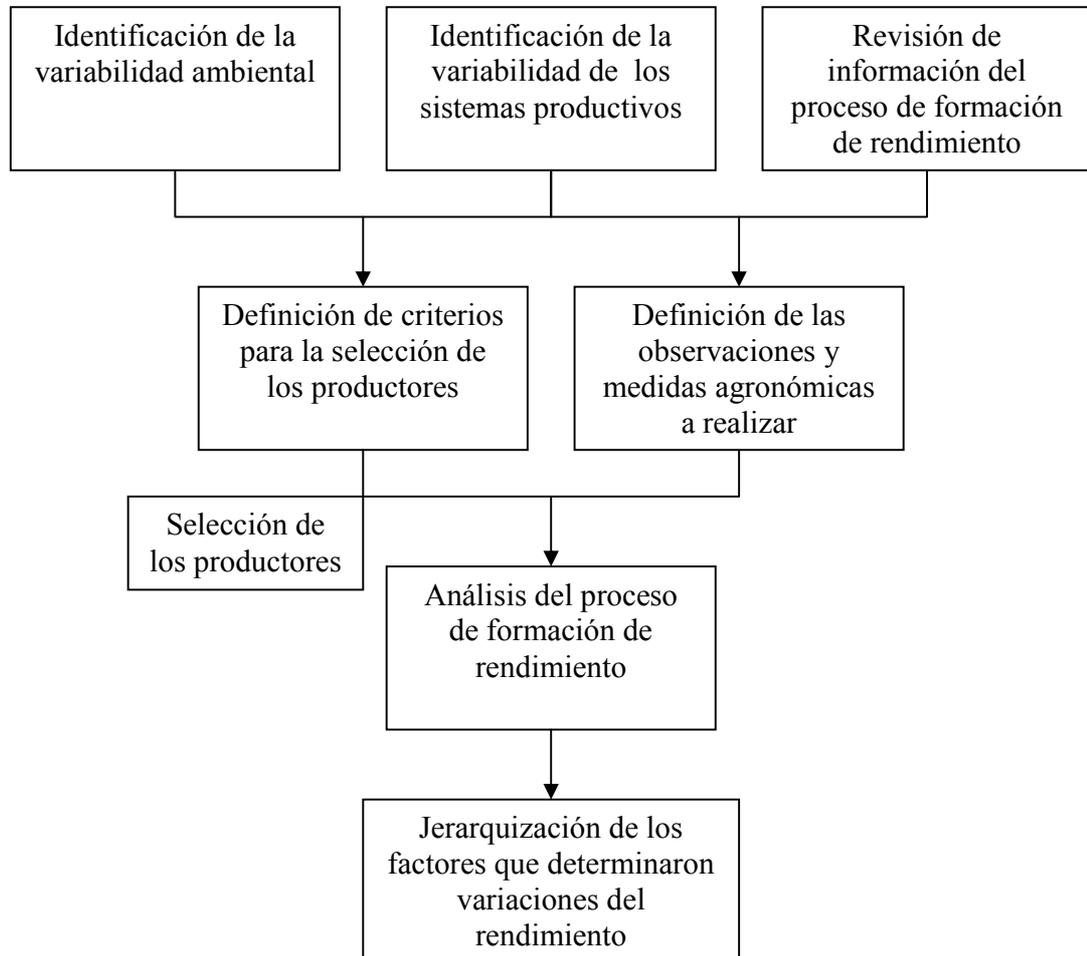
Figura No. 12: Esquema de los componentes del rendimiento en el cultivo de tomate.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

La metodología para el abordaje del problema planteado se basa en un método alternativo citado por Doré et al. (1996). Este consiste en un diagnóstico de los problemas agronómicos en los sistemas productivos, en el cual se estudian las variaciones en el rendimiento físico de una zona de producción en los propios establecimientos productivos. Según Zandstra et al. (1986) la limitada adopción por los agricultores de nuevas técnicas de producción refleja una debilidad en la capacidad de los investigadores para formular métodos de producción que compitan con la tecnología empleada por los productores. Por tanto, para encontrar sistemas alternativos de cultivo y comparar en detalle su desempeño con los existentes se requiere un cuidadoso estudio de los factores que determinan la producción de cultivos en las fincas. Dado que los productores no siempre cuentan con la información y los conocimientos agronómicos necesarios para identificar y formular los problemas presentes en los sistemas productivos, esta metodología plantea una forma alternativa de analizar los resultados de los núcleos productivos de manera de poder establecer un orden jerárquico de los problemas a resolver. (Doré et al., 1996). El método de diagnóstico propuesto por estos autores y tomado como guía para la realización de este trabajo se presenta en forma esquemática en la Figura 13.

3.1. IDENTIFICACIÓN DE LA VARIABILIDAD DE LOS SISTEMAS PRODUCTIVOS Y AMBIENTAL EN EL ÁREA DE ESTUDIO

Como se aprecia en la Figura 13, el primer paso fue revisar la información disponible a cerca del proceso de formación del rendimiento y la respuesta del cultivo a diferentes condiciones ambientales y manejos. En segundo lugar, se identificó la variabilidad ambiental y de tecnología de cultivos presente en el área de estudio. El primer paso se detalla en el capítulo de revisión bibliográfica, mientras que el segundo se presenta a continuación.



Fuente: Doré et al. (1996)

Figura No. 13: Diagrama del método de diagnóstico

Para el diagnóstico se toma una muestra de productores en un área de estudio, que no debe ser muy amplia porque las grandes diferencias ambientales impiden medir el efecto de los distintos manejos, lo que es el objetivo del trabajo (Doré et al., 1996). Se procedió en primer lugar, a la definición del área de interés y la población objetivo. La población se delimitó en los productores de tomate industria de la zona sur del País para el año agrícola 2007/08, que forman parte de los Planes de Negocios del MGAP.

En segundo lugar, se analizó la población objetivo mediante un relevamiento de información general, datos productivos, sociales y organizacionales de los establecimientos.

Esta revisión incluyó:

- Revisión de información disponible de los Planes de negocios de tomate proporcionada por DIGEGRA de los últimos años.
- Levantamiento de datos proporcionados por los técnicos asesores de los patrocinantes Copronec, Pontevedra, Cowilfrut, Pancini industrial del Sauce, Valentín Martínez.
- Datos de encuestas hortícolas y agroindustriales, URUGUAY. MGAP. DIEA (2006).

Los datos recabados se encuentran en el anexo No. 1.

3.2. SELECCIÓN DE LA MUESTRA

Según Doré et al. (1996), la elección de los productores se basa en tres criterios: variaciones ambientales, variaciones de manejos, información publicada acerca de la susceptibilidad del cultivo a distintos manejos y ambientes. La información recabada se utilizó para la construcción de una base de datos, la que constituyó una herramienta fundamental para la selección de la muestra de productores. La población se dividió en función de la zona en que se encontraba cada productor de la siguiente manera:

- Departamento de San José
- Sur del Departamento de Canelones
- Noreste del Departamento de Canelones

Esta división pretendió contemplar diferencias sociales, tecnológico-productivas, agroclimáticas de disponibilidad de agua y edáficas que presentan las distintas zonas de producción. A su vez, dentro del estrato de productores del noreste de Canelones se formó un grupo de productores con riego y otro con predios carentes de esta tecnología. De esta forma se obtuvieron 4 grupos de productores. Dentro de cada estrato se seleccionó aleatoriamente hasta obtener la distribución presentada en el Cuadro 14. El tamaño de muestra se estableció en un 10% del total de la población, y el tamaño de cada estrato se estableció en función de la proporción de cada uno en la población

Cuadro No. 14: Cantidad de productores de cada estrato.

Estrato	No. de productores
San José	5
Sur de Canelones	5
Noreste de Canelones con riego	7
Noreste de Canelones sin riego	5
TOTAL DE MUESTRA	22

Fuente: elaboración propia

Gracias a la colaboración de los técnicos asesores de cada patrocinante se accedió a los predios seleccionados.

3.3. DEFINICIÓN DE LAS VARIABLES A RELEVAR

Los parámetros a relevar y medir en los predios se definieron en base a los factores que según la bibliografía afectan el rendimiento. Las variables se dividieron en 6 grupos de manera de ordenar el levantamiento de los datos:

- 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 al aporte de agua al cultivo
- Variables referidas directamente al cultivo

En cada predio se seleccionó un cuadro de cultivo sobre el cual se trabajó durante toda la temporada. Sobre dicho cuadro se realizaron las medidas que se detallan en los siguientes capítulos.

3.3.1. Variables agroclimáticas

Se utilizó la información diaria de radiación solar, temperatura máxima y mínima, humedad relativa (%), precipitaciones y velocidad del viento proveniente de las estaciones agrometeorológicas del INIA-Las Brujas y del Centro Regional Sur-FAGRO.

La variabilidad de las precipitaciones es muy importante en relativamente cortas distancias. Para obtener un dato más preciso de las precipitaciones ocurridas en los predios, dada la relevancia de esta variable para este estudio, se distribuyeron pluviómetros en las distintas zonas estableciendo una red de 14 pluviómetros. Los mismos fueron fabricados en INIA Las Brujas y monitoreados por los productores.

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

Mediante la realización de entrevistas a los productores se recabaron datos generales del predio y de su actividad productiva. Se registraron datos referentes a la organización de la producción, superficie predial, principal fuente de ingresos, mano de obra contratada y familiar, maquinaria e instalaciones disponibles, tecnología de implantación de cultivos. La entrevista realizada se presenta en el anexo No. 2.

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

Para el relevamiento de datos referentes al manejo de los cultivos se extrajo información del cuaderno de campo de los predios, y se realizaron mediciones a campo.

Mediante la revisión de los cuadernos de campo de los productores se obtuvieron los siguientes datos:

- Manejo fitosanitario: Se extrajo el calendario de aplicaciones de productos fitosanitarios.
- Fertilización: Se registró el calendario de fertilizaciones incluyendo fertilización de base, refertilizaciones por fertirriego o en superficie y aplicaciones foliares.

- Control de malezas: Registro de aplicaciones de herbicidas pre y postransplante y medidas culturales o mecánica para el control de malezas.
- Uso y manejo anterior del suelo: Se relevó la metodología de preparación de suelo, implantación de abonos verdes y tipo de cultivo anterior.
- Tecnología de almácigos: Registro de método de producción de plantas, origen de la semilla, fecha de siembra.
- Instalación del cultivo: Variedades empleadas, calidad del plantín y fecha de transplante.

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 se determinó el número de plantas en 10 metros en tres zonas del cuadro de estudio y se promedió. Para la distancia entre canteros se promediaron los valores de tres medidas realizadas al azar. También se registró la ocurrencia de faltantes de plantas al comienzo de la cosecha.

3.3.4. Variables edáficas

Para determinar las propiedades físicas del suelo, se realizaron calicatas de 60 cm sobre el camellón en cada cuadro de estudio. De las mismas se extrajeron muestras imperturbadas y perturbadas a tres profundidades de suelo a 20, 40 y 60 cm. Las muestras imperturbadas fueron extraídas con anillos volumétricos de 100 cm³ (dos en cada profundidad), con el objetivo de obtener la curva característica de retención de agua, la densidad aparente, porosidad total, macro y microporosidad del suelo en la zona de exploración radical. Las curvas características de agua fueron determinadas utilizando el procedimiento descrito por Richards (1965). Las muestras perturbadas se extrajeron para realizar análisis granulométrico e inferir propiedades físicas del suelo (una por profundidad). Dicho análisis fue realizado por el método de pipeta (Soil Conservation Service, 1972) y la densidad aparente se realizó por el método del picnómetro (Blake, 1965). Todos los análisis se llevaron a cabo en el laboratorio de física de suelos de INIA Las Brujas. Con los resultados de laboratorio de suelos de INIA se calculó la densidad aparente, agua disponible (Capacidad de campo – punto de marchitez permanente), porosidad total y tasa de infiltración de agua en el suelo.

Para evaluar la infiltración básica del suelo se utilizó el método de los anillos dobles concéntricos (Bouwer, 1986). Para determinar la tasa de infiltración del agua en el suelo se empleó la ecuación de Kostiakov, citado por Libardi (2000).

Las propiedades químicas del suelo se determinaron mediante análisis estándar. Las muestras fueron tomadas por los técnicos asesores ya que este análisis es un requisito obligatorio del Plan tomate.

Los registros de las aplicaciones de enmienda orgánica (cama de pollo), fertilizaciones de base y refertilizaciones realizadas por los productores se emplearon para cuantificar los aportes totales de nutrientes (Nitrógeno, Fósforo, Potasio) en la temporada. Para definir los aportes de nutrientes de la cama de pollo, en el primer año desde la aplicación, se utilizó un análisis del contenido de materia seca y nutrientes en la enmienda del productor Carlos Repetto, que si bien no pertenece a la muestra, corresponde a la zona de estudio y comparte el origen de la enmienda utilizada. Se consideró que el 50 % de la materia seca está disponible el primer año desde la realización de la enmienda. Los datos del análisis se presentan en el anexo No. 3.

Para definir los niveles de nutrición mineral de los cultivos se consideró el análisis de suelo y los aportes realizados. Se emplearon las siguientes relaciones extraídas de UdelaR (URUGUAY). FACULTAD DE AGRONOMÍA (2005):

- 1170 Kg. de K₂O/ha elevan 1 meq. K/100g de suelo.
- 10 Kg. de P₂O₅/ha elevan 1 ppm de P bray en el suelo.

3.3.5. Variables referidas al aporte de agua al cultivo

Para cuantificar los aportes de agua realizados en la temporada se contempló, tanto las precipitaciones ocurridas durante el ciclo del cultivo como los aporte realizados por los productores.

Los equipos de riego se evaluaron mediante pruebas de uniformidad, a partir de las cuales se pudo cuantificar el caudal real de los goteros con un coeficiente de variación, del que se deduce la uniformidad del sistema de riego. Las medidas se realizaron en tres o cuatro camellones según el tamaño del cuadro. Se determinó el caudal por minuto de dos goteros en cada extremo de la cinta y en el medio del cantero. Los propios productores registraron la frecuencia y duración de los riegos en planillas suministradas para ese fin.

La información de precipitaciones ocurridas durante el ciclo del cultivo se obtuvo de los pluviómetros ubicados en los predios como se mencionó en el capítulo 3.3.1.

Con la información hídrica obtenida en los relevamientos a campo se estimó el volumen de agua suministrado al cultivo de la siguiente forma:

$$\text{Aporte total (mm)} = \text{lluvia (mm)} + \text{riego (mm)}$$

Para la cuantificación de las precipitaciones se consideró el registro del pluviómetro más próximo. Mientras que, para el cálculo de los aportes de agua por riego se utilizaron las horas de riego registradas por el productor y los caudales (Q) promedio determinados en la prueba de uniformidad.

$$\text{Riego (mm)} = \text{Q promedio de un gotero (l/h)} \times \text{horas de riego} \times \text{No. de goteros/m}^2$$

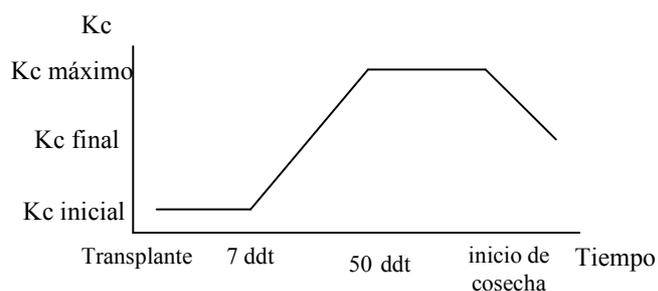
Los aportes de agua, tanto por lluvias como por riegos se dividieron como se detalla a continuación:

- Aportes total: durante todo el ciclo del cultivo, desde transplante hasta fin de cosecha.
- Aportes hasta inicio de cosecha: desde transplante hasta el momento en que se comenzó a cosechar.
- Aportes durante el crecimiento de follaje, floración y cuajado: desde el transplante hasta 50 días pos transplante.
- Aportes durante el período de crecimiento de frutos: desde 50 días pos transplante hasta iniciar la cosecha.
- Aportes durante el período de cosecha: desde inicio de la cosecha hasta su fin.

De esta forma se obtuvieron los aportes totales de agua en las distintas etapas del cultivo. Sin embargo, para evaluar los resultados productivos en relación a un parámetro hídrico se optó por el grado de satisfacción de las demandas hídricas.

Las demandas hídricas de los cultivos se calcularon utilizando los valores de evapotranspiración potencial diarios de INIA Las brujas y los Coeficientes de los

cultivos (Kc) para tomate a campo de 60 cm de altura máxima de FAO. De los Kc inicial, máximo y final, se calculó un Kc para cada día para cada cultivo en función de la fecha de transplante de los mismos y dividiendo al cultivo en cuatro etapas (Figura 14).



Referencias:

ddt: días desde transplante

Kc: coeficiente de los cultivos

Figura No. 14: Esquema de la evolución del coeficiente de cultivo (Kc).

Con los valores de Kc calculados se obtuvo un valor de evapotranspiración potencial del cultivo para cada productor por día.

$$ET_c(\text{mm/día}) = ET_o(\text{mm/día}) \times K_c$$

Las demandas también se dividieron en las etapas del cultivo mencionadas en los aportes de agua. Con los aportes de agua y las demandas de los cultivos en cada etapa se calculó el balance hídrico.

$$\text{Aporte de agua (mm)} - \text{Demandas de agua (mm)} = \text{Balance hídrico}$$

3.3.6. Variables referidas directamente al cultivo

Evaluaciones previas a la cosecha

A partir de la fecha de transplante, de inicio de cosecha y fin de la misma se obtuvo el largo de ciclo en cada caso. También se estimó el momento de fin de cuajado de frutos, empleando la fecha de transplante y adicionando 50 días según se establece en la Figura 3.

Para la valoración del estado fitosanitario de los cultivos se realizaron recorridos generales en las visitas a los predios en floración y durante la cosecha, que permitieron identificar los principales problemas en cada caso.

El estado nutricional de los cultivos se determinó mediante análisis foliar de 15 de los cuadros de estudio. Para ello, se colectaron muestras de hojas nuevas totalmente desarrolladas y sanas al momento de floración y cuajado de frutos.

Evaluaciones en cosecha

Para determinar el rendimiento físico por planta se delimitaron con estacas cuatro parcelas de dos metros en cada cuadro de estudio. La ubicación de las mismas se definió de manera arbitraria distribuyéndolas de manera de abarcar distintas zonas del cuadro. En cada parcela se registraron las siguientes variables:

- el número de plantas a inicio de cosecha.
- el peso y número de frutos con calidad para industria, es decir tolerando cierto nivel de daño en fruta admitido por la industria. Se cosecharon todos los frutos que cumplían con los requisitos antes mencionados y que estuvieran en un estado de madurez de por lo menos verde maduro. El rendimiento comercial se estimó promediando los pesos acumulados registrados por parcela. También, se determinó la distribución de la cosecha, es decir, el porcentaje del peso de cada cosecha en la acumulada en toda la zafra. El peso promedio de fruto se estimó utilizando el peso y número de frutos en cada cosecha y por parcela, los pesos de fruto por cosecha y parcela se ponderaron por el porcentaje de cada cosecha en el volumen total y por último se elaboró un promedio de peso de fruto para cada productor.
- el peso y número de frutos considerados descartes. Los descartes se dividieron en dos grupos, frutos con podredumbre apical (debido a déficit de calcio) y frutos con daños debidos a otras causas como quemado de sol, podredumbres y daños de insectos graves. Se determinaron los valores acumulados de peso y número de frutos descartados por parcela y promedio por productor.

Estas evaluaciones se realizaron durante la zafra en cada cosecha, siendo las mismas cada 10 días aproximadamente, el número de evaluaciones resultó distinto en función del largo del período de cosecha que dependió de la variedad y los manejos realizados por cada productor.

Durante el período de cosecha algunas parcelas debieron ser eliminadas, dado que fueron cosechadas accidentalmente por los productores. Por ende, no se realizaron las evaluaciones correspondientes. También es importante destacar que 5 productores realizaron una cosecha a todo el cuadro antes de que se realizaran las evaluaciones, por lo que se debió cuantificar dicha cosecha e incluirla en la estimación de los rendimientos. Cabe aclarar que dos productores por haber tenido problemas particulares que pudieron interferir con los análisis se excluyeron del mismo.

Evaluaciones en pos-cosecha

Para determinar las condiciones de aptitud para el procesado se midieron los sólidos solubles totales (°Brix) y el contenido de materia seca, colectando en cada cosecha una muestra de 10 frutos en estado rojo maduro. En el laboratorio se separaron en tres grupos y se realizó la evaluación de sólidos solubles totales en el jugo de los tomates, mediante un refractómetro digital ATAGO DBX-55. Con los tres datos se elaboró un promedio. Esta metodología se aplicó tras cada una de las cosechas realizadas de manera de obtener la evolución de este parámetro en el tiempo. Los sólidos solubles totales determinados en el laboratorio para cada cosecha se promediaron ponderados por la distribución de cosecha (porcentaje de cada cosecha en la producción total). Con los sólidos solubles totales y el rendimiento por superficie de cada productor se estimó el rendimiento industrial empleando la ecuación que aparece en el capítulo de aptitud industrial 2.6.1. (Giordano et al., 2000).

La materia seca (%) se determinó solo para la primer cosecha de todos los cuadros. El procedimiento consistió en la recolección de 10 frutos, de los cuales se extrajeron rodajas finas de la parte ecuatorial del fruto y se colocaron en bandejas en estufa a 60°C. Se determinó peso fresco antes de colocarlos en estufa y el peso seco tras 48 horas de estufa (cuando el peso seco se volvió constante).

3.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para la determinación de la importancia del efecto de cada variable sobre el rendimiento comercial y los componentes del rendimiento, número y tamaño de fruto, se clasificaron las variables independientes en dos (alto, bajo) o tres (alto, medio, bajo) niveles y se realizaron análisis de varianza considerando estos niveles como “tratamientos” en un modelo Completamente al Azar. Las variables que resultaron significativas fueron seleccionadas.

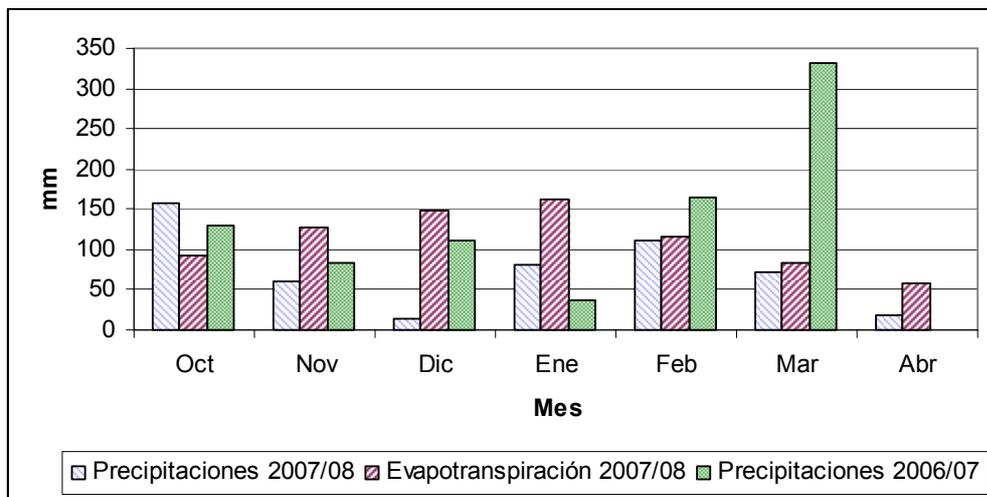
Se calculó el porcentaje de la variación explicada por cada una de las variables seleccionadas en el análisis de varianza utilizando un modelo mixto. De esta forma se determinaron los componentes de la varianza. Se utilizaron los procedimientos GLM y MIXED del programa SAS.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. DATOS AGROCLIMÁTICOS

4.1.1. Precipitaciones, evapotranspiración y demandas hídricas del cultivo

Las condiciones agro climáticas del año de estudio se caracterizaron por un déficit hídrico marcado en relación a otros años en los meses de noviembre, diciembre y enero (Figura 15). Si comparamos el régimen hídrico de esta temporada con promedios históricos de precipitaciones mensuales se puede detectar niveles de lluvias inferiores en el período de estudio en relación a los promedios históricos del orden de 90 mm entre los meses de noviembre y diciembre (Figura 16), por lo tanto se puede categorizar como un año seco.



Fuente: elaboración propia a partir de datos de la Estación Experimental INIA Las Brujas.

Figura No. 15: Precipitaciones y evapotranspiración mensual registrados en INIA Las Brujas durante el período de cultivo de tomate para industria, 2007/08 y 2006/07.

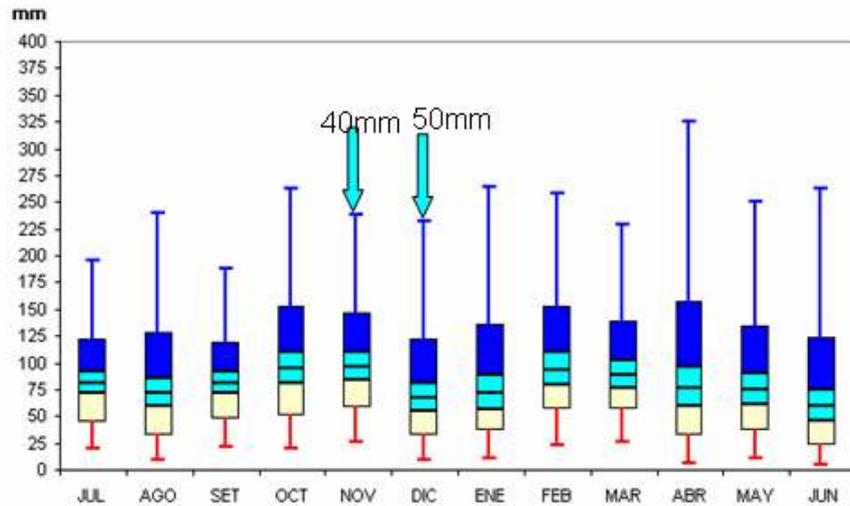


Figura No. 16: Precipitaciones mensuales promedio histórico de la Estación Experimental INIA Las Brujas.

Durante la zafra se constató una demanda hídrica promedio, entre los productores estudiados, de 505 mm en todo el ciclo y de 407 mm hasta inicio de cosecha, variando esta última entre cultivos de 295 a 467mm (Cuadro 15). Más de la mitad de la demanda ocurrió durante el período de crecimiento de fruto. La demanda de agua desde trasplante a inicio de cosecha estuvo asociada directamente al largo de este período (Figura 17). Este a su vez fue afectado por la variedad y por la fecha de trasplante (ver Sección 4.5.1).

Cuadro No. 15: Demandas hídricas totales, hasta inicio de cosecha, durante el crecimiento del fruto y durante la cosecha de los cultivos estudiados estimada de acuerdo a las fechas de trasplante, a la evapotranspiración diaria registrada en la estación experimental de INIA – Las Brujas y al Kc del cultivo según FAO (ver Figura 13).

Productor	Fecha de trasplante	Evapotranspiración potencial estimada (mm)			
		Todo el ciclo	hasta inicio cosecha	durante crecimiento fruto	durante cosecha
1	18-oct	538,8	446,1	265,7	92,7
2	18-oct	538,8	446,1	265,7	92,7
3	12-oct	560,1	467,3	265,7	92,7
4	14-oct	560,1	467,3	265,7	92,7
5	18-oct	538,8	446,1	265,7	92,7
6	20-oct	546,3	423,4	271,9	122,9
7	25-oct	531,3	446,4	262,3	84,8
8	03-nov	529,2	427,2	259,7	102,0
9	10-nov	525,4	430,2	265,7	95,2
10	10-nov	558,7	457,9	266,8	100,8
11	10-nov	524,4	457,9	266,8	66,5
12	15-nov	479,2	405,6	263,8	73,6
13	24-nov	451,5	351,6	250,6	99,9
14	27-nov	514,2	349,2	254,3	165,0
15	05-dic	440,7	306,3	240,5	134,3
16	28-nov	447,8	349,2	254,3	98,7
17	28-nov	485,6	349,2	254,3	136,4
18	24-nov	467,9	370,4	231,0	97,5
19	23-nov	490,6	408,1	256,3	82,5
20	20-nov	522,7	458,5	243,9	64,1
21	10-dic	421,0	341,0	233,1	80,0
22	25-dic	393,2	294,7	183,6	98,5
23	15-nov	542,5	457,8	260,0	84,7
Promedio		504,7	406,8	254,2	97,9

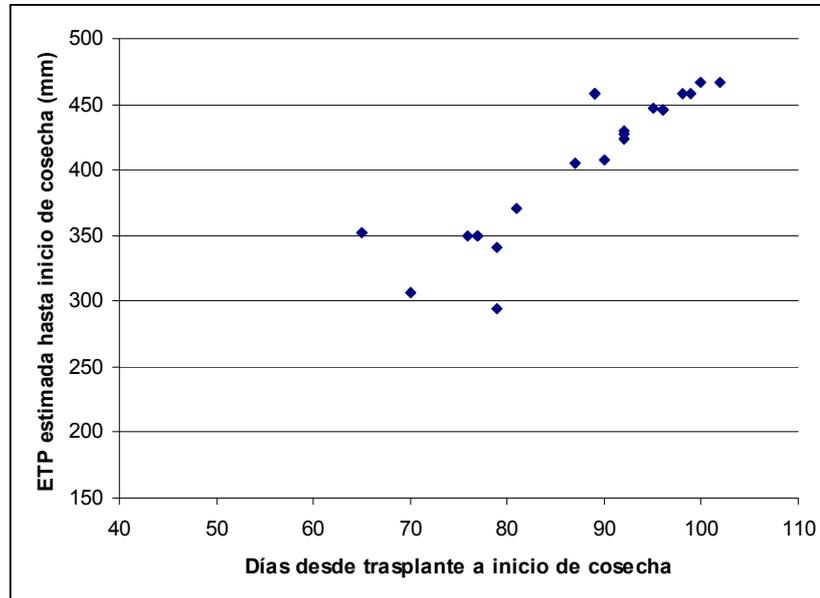
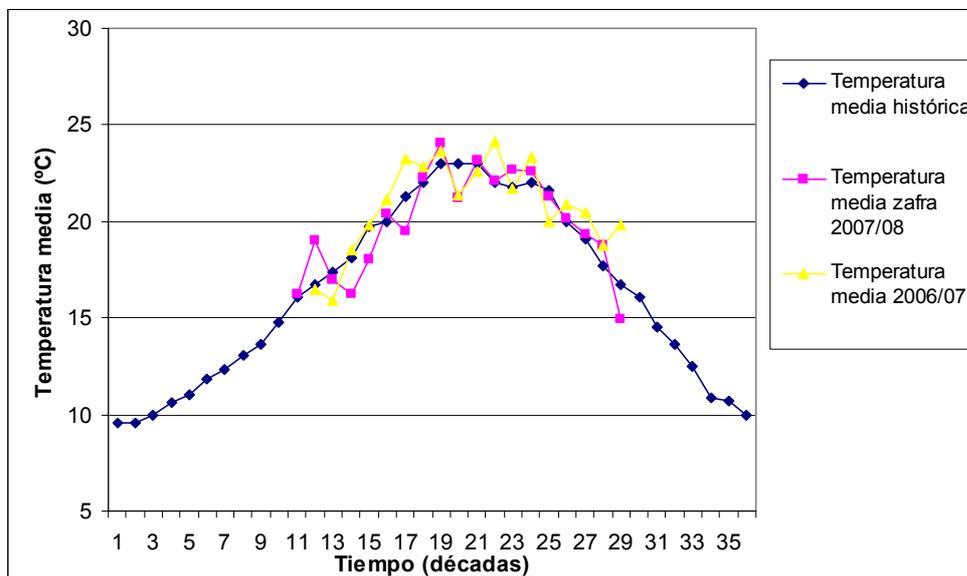


Figura No. 17: Demanda estimada de agua desde el trasplante hasta el inicio de cosecha en función de la duración del mismo período.

4.1.2. Temperatura media

El año de estudio presentó temperaturas más frescas que la zafra anterior y que los promedios históricos, principalmente en el período de noviembre y diciembre y temperaturas medias más altas, próximas a los 20°C, en el mes de octubre (Figura 18).

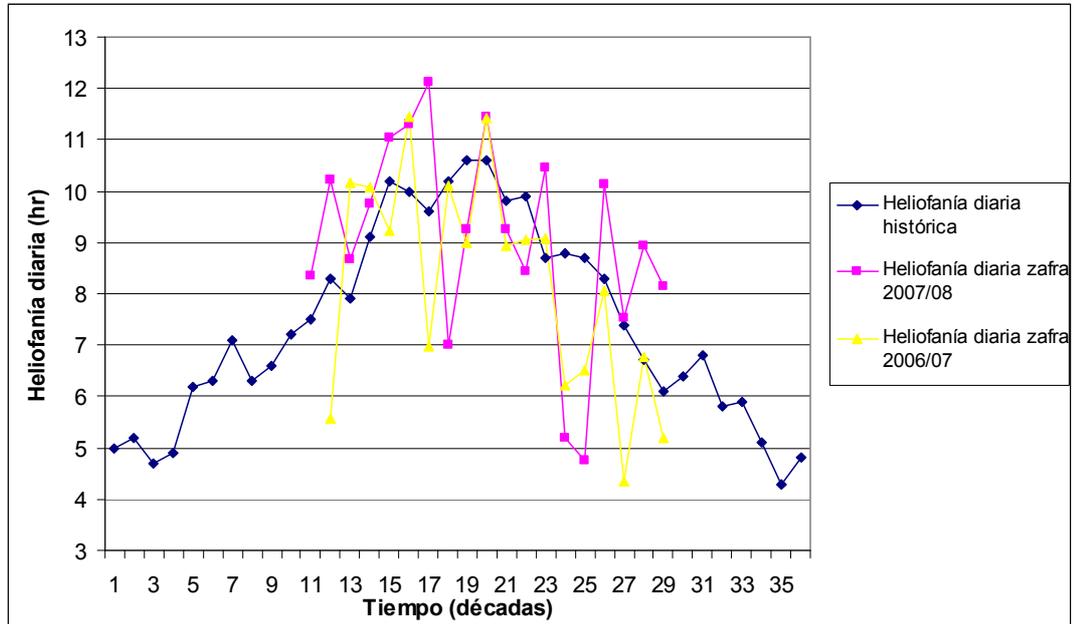


Fuente: elaboración propia a partir de datos de la Estación Experimental INIA Las Brujas.

Figura No. 18: Temperatura media decádica histórica, zafra 2006/07 y zafra 2007/08.

4.1.3. Radiación global incidente (heliofanía)

Durante gran parte de la zafra y principalmente en los meses de octubre, noviembre y diciembre se registraron niveles mayores de heliofanía en comparación con valores históricos y de la zafra anterior (Figura 19).



Fuente: elaboración propia a partir de datos de la Estación Experimental INIA Las Brujas.

Figura No. 19: Evolución de la heliofanía diaria histórica, para la zafra 2006/07 y 2007/08.

De acuerdo a la información presentada, se puede decir que las condiciones agroclimáticas de la zafra se caracterizaron por un bajo nivel de precipitaciones, mayor radiación solar y temperaturas medias más bajas en el período de cuajado y crecimiento de fruto en relación a la zafra anterior. Estas condiciones combinadas representan un mejor ambiente agroclimático para los cultivos regados que la zafra 2006/2007, lo cual puede explicar el mejor rendimiento potencial obtenido en la temporada 2007/08 en la Estación Experimental Las Brujas en comparación con años anteriores (Figura 20).

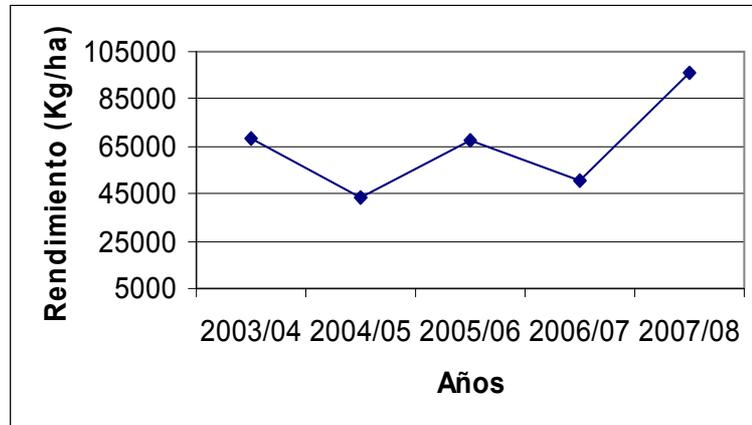


Figura No. 20: Rendimiento promedio del ensayo de variedades de tomate, INIA Las Brujas, período 2003-2008.

4.2. RESULTADO PRODUCTIVO

El rendimiento comercial varió de 21 a 93 Mg por ha, confirmando la gran variabilidad de rendimiento observada entre productores en zafra anteriores del Plan Tomate. El rendimiento comercial promedio de la muestra fue de 53 Mg por ha, mientras que el resultado promedio del Plan Tomate en esta zafra fue de 42 Mg por ha. El rendimiento máximo observado se aproxima al resultado promedio obtenido en la evaluación de cultivares de INIA Las Brujas 2007/08 que fue de 95671 Kg por ha.

Cuadro No. 16: Rendimiento comercial, total, por planta, tamaño de fruto y número de frutos por planta según productor.

Productor	Rendimiento comercial (Kg/ha)	Rendimiento total (Kg/ha)	Rendimiento comercial (Kg/planta)	Tamaño fruto (gr)	Número de frutos/planta
23	92875	96151	4,47	49,3	94
2	87800	93117	3,76	49,0	sd
11	83062	92403	3,09	42,6	77
22	67626	76899	3,19	51,3	67
3	64278	68043	2,43	49,1	50
7	60376	67489	3	65,5	55
21	60121	69913	3,07	44,0	73
18	59292	64749	2,85	43,9	70
5	59281	71051	2,61	51,9	52
6	58250	63148	2,62	54,7	50
1	58228	71483	2,49	54,9	44
4	52901	58500	1,78	48,2	38
16	51962	61920	2,02	45,3	46
14	43468	48519	1,79	35,2	56
17	43033	49318	2,15	39,9	57
15	40466	48470	1,86	30,9	66
8	31079	36577	1,84	72,3	27
13	27660	32239	1,36	38,8	40
19	27589	37455	1,63	30,1	58
12	27200	36921	1,72	26,7	72
9	20859	24838	1,09	49,5	25
Promedio	53210	60438	2,42	46,3	56
CV (%)	38	34	34	24	37

El descarte de frutos fue de 13.1% del rendimiento total en promedio (mínimo 3.4%, máximo 26.3%). La principal causa de descarte fue la podredumbre apical, favorecida por condiciones ambientales de alta demanda atmosférica y marcados déficit hídricos, principalmente en el período de floración y cuajado (Cuadro 17). Se observó que los cultivos que tuvieron mayor cantidad de frutos con podredumbre apical fueron aquellos que presentaron mayor déficit hídrico hasta inicio de cosecha. Sin embargo también se observó una variabilidad muy importante en la incidencia de este fenómeno en cultivos con similar nivel de déficit hídrico, lo cual indica que factores como la susceptibilidad de la variedad y el manejo de la fertilización con Nitrógeno pueden estar afectando la intensidad del fenómeno (Figura 21) (Marcelis y Ho, 1999). Habitualmente las podredumbres producto de bacteriosis y hongos son otra causa importante de descarte cuando ocurren lluvias importantes cercanas al período de cosecha, algo que no ocurrió en esta zafra.

Cuadro No. 17: Número de frutos descartados por podredumbre apical y por otras causas por parcela.

Productor	No. de frutos con podredumbre apical por parcela	No. frutos descartados por otras causas por parcela
1	4	146
2	8	13
3	13	34
4	97	23
5	1	85
6	6	85
7	2	43
8	9	37
9	81	11
10	0	76
11	2	39
12	71	24
13	43	9
14	109	8
15	160	18
16	71	41
17	25	19
18	11	70
19	221	39
20	0	57
21	6	63
22	29	4
23	14	33

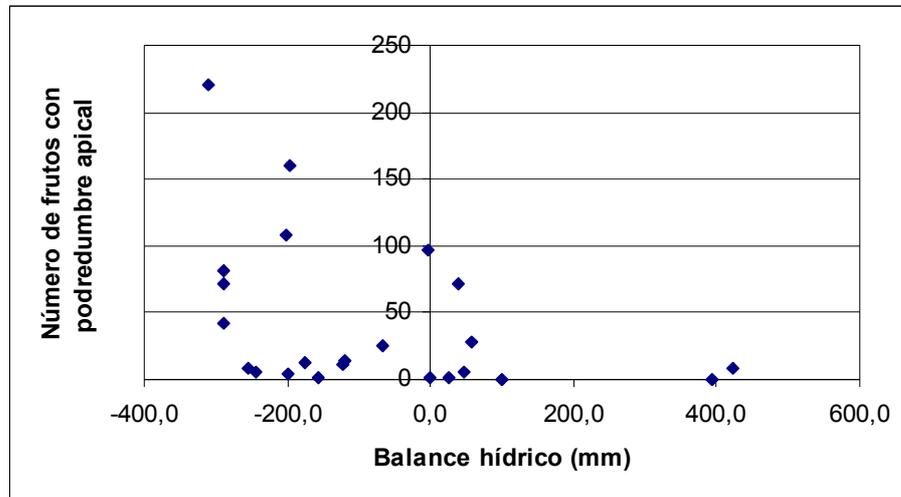


Figura No. 21: Número de frutos con podredumbre apical en función del balance hídrico hasta inicio de cosecha.

4.3. APTITUD INDUSTRIAL

Los valores de sólidos solubles totales (SST) obtenidos oscilaron entre 4.4 y 6.6 °Brix, con un promedio de 5.3 (Cuadro 18). Se observó una relación inversa entre SST y la materia seca de los frutos (MS%) con el balance hídrico durante el período de crecimiento del fruto (Figura 22). Encontramos que los valores más altos de SST y MS% se dieron en las condiciones de mayor déficit hídrico durante el período de crecimiento del fruto y viceversa, aunque también se alcanzaron valores superiores a 5 ° Brix de SST sin déficit hídricos. Estas tendencias coinciden con los resultados obtenidos por otros autores (Rodríguez del Rincón 1995, Renquist y Reid 2001, García et al. 2006).

De acuerdo a Renquist y Reid (2001), por cada incremento de 1 ° Brix en los SST, aumenta 20% el rendimiento industrial. Dada la importancia del costo de la energía en el transporte y procesamiento para la competitividad de la cadena del tomate industria, estimamos el rendimiento industrial utilizando la ecuación de Giordano et al. (2000) (Cuadro 18). Comparando los resultados obtenidos entre productores observamos diferencias que motivan revisar el sistema de fijación del valor de la materia prima utilizado por el Plan Tomate. Por ejemplo, los productores 7 y 21 tuvieron un rendimiento comercial prácticamente igual pero el productor 21 obtuvo un rendimiento industrial 16% superior. Si comparamos al productor 15 que obtuvo 40.4 Mg ha⁻¹ de tomate en seco con el productor 5 que obtuvo 59.3 Mg ha⁻¹ de tomate con riego observamos que ambos obtuvieron cerca de 9 Mg ha⁻¹ de rendimiento industrial, pero el

productor 5 recibió alrededor de 76 mil pesos más por ha que el productor 15 cuando el procesamiento de su materia prima fue significativamente más costoso para la industria. La menor variación detectada en el rendimiento industrial en comparación con el rendimiento comercial puede asociarse a que los productores con más rendimiento comercial obtuvieron en general menor nivel de SST en fruta (Figura 23 y 24).

Cuadro No. 18: Sólidos solubles totales (° Brix), materia seca (%) por productor y rendimiento industrial estimado según Giordano et al. (2000).

Productor	SST (° Brix)	Materia seca (%)	Rendimiento industrial (Kg de pulpa ha ⁻¹)
1	4,5	4,8	8884
2	5,1	5,5	15341
3	5,4	6,1	11871
4	5,4	6,4	9715
5	4,5	6,0	9101
6	5,2	6,1	10331
7	4,6	5,5	9372
8	4,9	5,9	5217
9	5,5	6,4	3891
10	4,4	5,7	3560
11	4,6	5,5	12828
12	6,6	7,2	6104
13	5,8	7,5	5447
14	6,2	7,3	9090
15	6,5	7,6	8987
16	5,4	7,4	9506
17	5,8	6,5	8457
18	5,0	6,3	10157
19	6,6	7,9	6159
20	4,7	6,1	3991
21	5,5	6,9	11153
22	4,9	6,5	11278
23	5,6	6,8	17535
Promedio	5,3	6,4	9042
Máximo	6.6	7.9	17535
Mínimo	4.4	4.8	3560

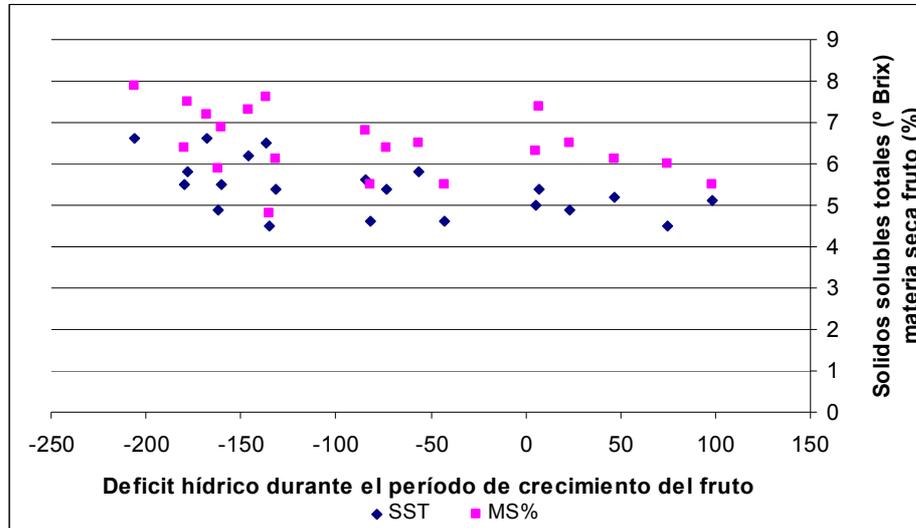


Figura No. 22: Sólidos solubles totales (° Brix) y materia seca (%) en función del balance hídrico durante el período de crecimiento de los frutos.

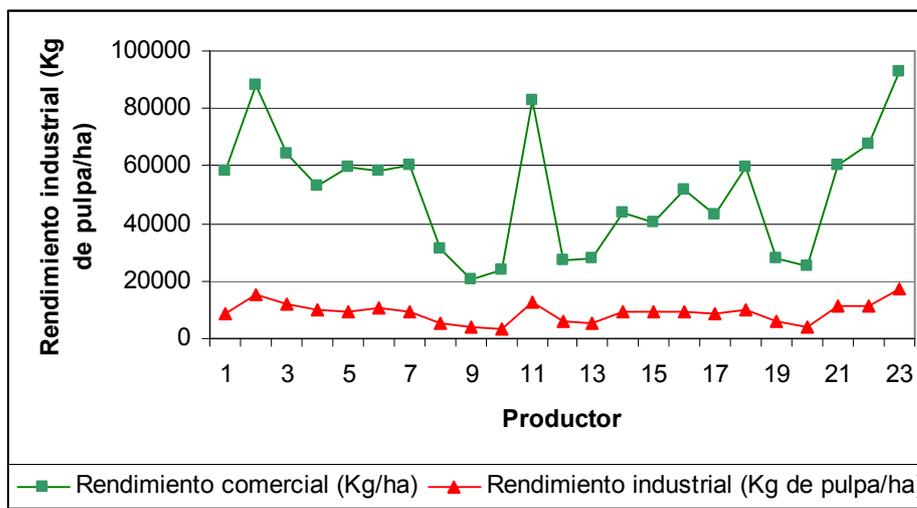


Figura No. 23: Rendimiento comercial e industrial por productor.

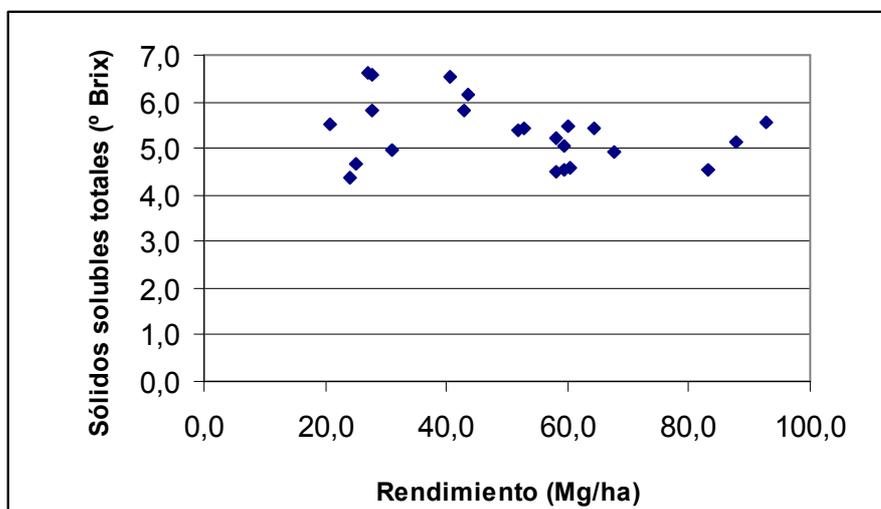


Figura No. 24: Sólidos solubles totales en función del rendimiento comercial.

4.4. DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMA 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 (cuadro 19). Aproximadamente la mitad de los productores dedican la mayor parte del área disponible a la horticultura, mientras que el resto diversifica su actividad con fruticultura, ganadería o apicultura. También se registró gran diversidad en el grado de importancia del rubro tomate para industria, tanto en superficie como en ingresos. La mayoría de los productores lo clasifican como segundo rubro en importancia. El grado de mecanización es también un parámetro muy variable, existiendo productores en el Noreste de Canelones que no cuentan con tractor y utilizan tracción animal (bueyes) para el laboreo del suelo y realizan las aplicaciones fitosanitarias con pulverizador de mochila, como productores que cuentan con tractor, encanterador y además utilizan pulverizador con baral.

Cuadro No. 19: Descripción de los sistemas de producción estudiados.

P	Ubicación	% del predio ocupado con horticultura	% del área hortícola que ocupa el tomate	Importancia del tomate según ingreso ¹	grado de diversificación ²	grado de mecanización ³
1	San José	100	20	2	2	4
2	San José	23	22	3	3	4
3	San José	100	32	2	1	4
4	San José	100	33	2	1	4
5	San José	100	9	2	3	4
6	Sur Canelones	100	33	1	3	3
7	Sur Canelones	93	10	2	3	4
8	Migues	18	33	1	1	2
10	Sur Canelones	100	23	2	2	4
11	Sur Canelones	23	80	2	2	4
12	Arenales	4	71	2	3	2
13	Ruta 12	88	14	1	2	1
14	Colonia Berro	55	17	1	3	1
15	Noya	21	16	1	3	3
16	Noya	57	13	1	3	2
17	Noya	5	75	2	3	4
18	Ruta 12	100	10	1	1	1
19	Arenales	2	100	2	2	1
20	Sur Canelones	100	7	2	3	4
21	Ruta 12	100	6	2	1	2
22	Migues	13	50	1	1	1
23	Migues	10	35	2	2	3

Referencias:

P: Productor

¹ **Importante del tomate según ingreso:** 1 (rubro más importante), 2 (segundo rubro en importancia según ingreso), 3 (tercer rubro en importancia según ingreso).

² **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)

³ **Grado de mecanización:** 1 (sin tractor, pulverizador y encanterador), 2 (con un implemento), 3 (con dos implementos), 4 (con tractor, pulverizador y encanterador)

4.5. DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS DE MANEJO

4.5.1. Fecha de transplante y ciclo de cultivo

Los trasplantes comenzaron el 12 de octubre y se extendieron hasta el 25 de diciembre generando condiciones de cultivo distintas, tanto a nivel de radiación interceptada como de lluvias y demanda hídrica en los diferentes períodos. La mayoría de los trasplantes se realizaron en el mes de noviembre y solo tres productores trasplantaron en diciembre. La duración del ciclo desde trasplante hasta inicio de cosecha osciló desde los 65 días hasta los 102 días

(Cuadro 20). En lo que respecta a la duración del período de cosecha, existe una relación entre este parámetro y la variedad empleada, correspondiendo los períodos más largos con la variedad Loica y los más cortos con H9997 y H9663. (Cuadro 21).

Cuadro No. 20: fechas de trasplante, fin de cuajado de fruto e inicio y fin de cosecha y duración del ciclo de trasplante a inicio de cosecha en días.

Productor	Fecha de trasplante	Fin de cuajado de fruto	Inicio de cosecha	Fin de cosecha	DDT- inicio de cosecha
1	18-oct	7-dic	22-ene	14-feb	96
2	18-oct	7-dic	22-ene	14-feb	96
3	12-oct	1-dic	22-ene	14-feb	102
4	14-oct	3-dic	22-ene	14-feb	100
5	18-oct	7-dic	22-ene	14-feb	96
6	20-oct	9-dic	20-ene	19-feb	92
7	25-oct	14-dic	28-ene	19-feb	95
8	3-nov	23-dic	3-feb	4-mar	92
9	10-nov	30-dic	10-feb	13-mar	92
10	10-nov	30-dic	7-feb	13-mar	89
11	10-nov	30-dic	7-feb	27-feb	89
12	15-nov	4-ene	10-feb	4-mar	87
13	24-nov	13-ene	28-ene	18-mar	65
14	27-nov	16-ene	11-feb	15-abr	76
15	5-dic	24-ene	13-feb	3-abr	70
16	28-nov	17-ene	13-feb	18-mar	77
17	28-nov	17-ene	13-feb	3-abr	77
18	24-nov	13-ene	13-feb	18-mar	81
19	23-nov	12-ene	21-feb	26-mar	90
20	20-nov	9-ene	27-feb	26-mar	99
21	10-dic	29-ene	27-feb	3-abr	79
22	25-dic	13-feb	13-mar	29-abr	79
23	15-nov	4-ene	21-feb	26-mar	98
Promedio					88

Referencias:

DDT: Días desde trasplante

Cuadro No. 21: Período de cosecha promedio según variedad.

Variedad	Período de cosecha
Río grande	31
Heinz	23
Loica	41

El largo del período desde transplante hasta inicio de cosecha se relacionó con el déficit de agua. Se detectó una tendencia a reducirse dicho período en la medida de que los déficit hídricos fueron mayores a 150mm (Figura 25).

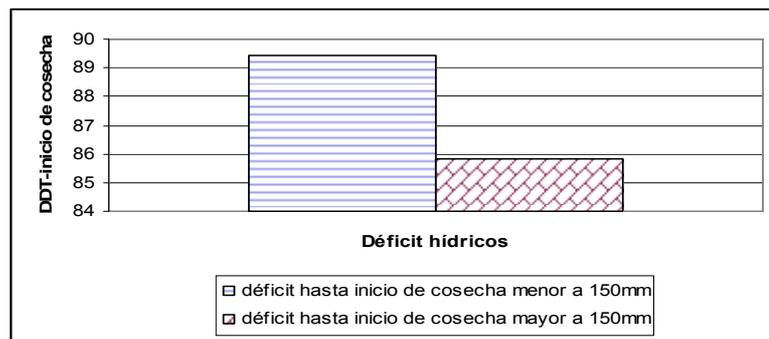


Figura No. 25: Días desde transplante hasta inicio de cosecha en función del déficit hídrico durante ese período.

4.5.2. Calidad del suelo

Dado la amplitud de la zona de estudio, la que abarca el sur del departamento de San José, el sur y noreste del departamento de Canelones, se presenta una gran diversidad de condiciones edáficas. Los datos del análisis granulométrico, prueba de infiltración básica y determinación de la curva de retención de agua del suelo se resumen en el cuadro No. 22. En el anexo No. se presentan los resultados detallados de los análisis por profundidad de suelo. No se pudieron encontrar relaciones claras entre estos parámetros de calidad del suelo y los resultados productivos. Tampoco entre el contenido de materia orgánica y los parámetros físicos evaluados. En un año con períodos de exceso de agua, dónde el drenaje se transforme en factor limitante los resultados pueden ser diferentes.

Cuadro No. 22: Textura, densidad aparente, porosidad total, agua almacenada y tasa de infiltración básica de suelo según productor.

Productor	Textura ¹	Materia orgánica (%)	Densidad aparente (g cm ³) ²	Porosidad total (%) ²	Capacidad almacenamiento agua (mm) ²	Infiltración básica (mm h ⁻¹)
1	F L	2.6	1,50	36	10,0	101,1
2	F L	2	1,40	41	14,8	19,2
3	F L	1.5	1,41	42	35,7	7,8
4	F L	1.7	1,15	40	29,0	11,4
5	F Ar	1	1,35	39	24,6	44,3
6	F Ac	2.9	1,17	43	8,2	204,6
7	F L	4	1,07	36	3,8	171,4
8	F	2.6	1,08	49	33,8	31,2
10	F L Ac	2.7	0,96	40	11,4	153,6
11	F L Ac	2.6	1,36	56	20,0	79,6
12	F Ar	4.3	0,70	41	32,6	223,2
13	F L Ac	2.9	1,19	45	18,6	12,7
14	F L	2.7	1,17	40	23,8	SD
15	F Ac	3.2	1,19	65	65,5	57,8
16	F Ac	2.4	1,59	54	38,5	1,7
17	F L	2.4	1,27	58	59,6	57,8
18	F Ac	3.5	1,05	54	42,2	26,4
19	F L Ac	7.0	1,17	42	9,6	36,0
20	F L	5.2	1,13	34	6,5	64,7
21	L F Ac	2.3	1,17	42	6,5	2,2
22	F L	2.8	1,08	58	54,9	20,6
23	F	3.3	1,01	74	77,0	325,4
Promedio		3.0	1,19	47	28,5	78,7
CV (%)³			16	22	73	111

Fuente: elaboración propia a partir de datos aportados por el Laboratorio de física de suelo, INIA Las Brujas

Referencias:

¹ F: Franco; L: Limoso; Ac: Arcilloso; Ar: Arenoso

² Corresponde a la capa de suelo de 0 a 20cm.

³ CV: Coeficiente de variación.

4.5.3. Balance hídrico

Se observó que a pesar de que solo 6 de los 21 cultivos estudiados no fueron regados, 13 presentaron deficiencias de agua mayores a 50 mm durante todo el ciclo (Cuadro 23). Esto se asocia en algunos casos a falta de fuentes de agua suficientes para el suministro apropiado a los cultivos y en otros casos al desconocimiento de los requerimientos del cultivo por parte de los productores, ya que estos contaban con fuentes de agua suficientes.

Cuadro No. 23: Balance hídrico de los cultivos total, hasta iniciar cosecha, durante el crecimiento de los frutos, durante el crecimiento de follaje y durante el período de cosecha.

P	Disponibilidad de riego	CV (%) goteros	Balance hídrico				
			Total	Hasta inicio de cosecha	Crecimiento de fruto	Crecimiento de follaje	Cosecha
1	si	12	-216	-200	-135	-72	-2
2	si	13	416	422	98	323	25
3	si	13	-228	-176	-132	-37	50
4	si	28	43	-3	-73	76	89
5	si	18	50	27	75	-56	89
6	si	17	64	47	47	0	73
7	si	12	-125	-156	-82	-70	51
8	si		-221	-253	-162	-96	32
9	no		-250	-289	-180	-109	39
11	si	13	-14	-2	-43	51	9
12	no		-282	-290	-168	-122	21
13	no		-225	-289	-178	-95	64
14	si	4	-263	-201	-146	-55	-39
15	no		-191	-198	-137	-61	12
16	si	18	69	38	7	28	57
17	si	9	-62	-67	-56	-10	23
18	si	10	-52	-121	5	-126	98
19	no		-252	-309	-206	-103	70
21	no		-190	-244	-160	-84	54
22	si	35	5	58	23	37	-52
23	si	12	-47	-118	-84	-35	100

Referencias:

P: Productor

CV: Coeficiente de variación

El sistema de riego dominante en la muestra de productores fue el goteo. Se constato que algunos productores presentan equipos de riego con gran variación en los caudales emitidos por los goteros, esto lleva a un riego más heterogéneo que produce falta de uniformidad en el resultado productivo del cuadro, lo que se reflejó en la variación detectada en los rendimientos entre parcelas. La falta de uniformidad se debe en primer lugar, al uso de cintas de riego usadas varios años en otros cultivos anteriores y en segundo lugar, a la mala planificación del sistema de riego reflejada en instalaciones de cintas muy largas con pendientes en contra que impidieron que el agua llegue correctamente hasta el extremo de la cinta.

Los requerimientos de riego varían en función de las condiciones ambientales de cada cultivo definido por el momento de trasplante. Por esto, los productores que transplantaron a partir del 23 de noviembre, los de trasplante más tardío, a pesar de haber regado menos o no haber aportado agua en algunos casos, tuvieron menores requerimientos y por ende presentaron deficiencias menores a las que podrían haber sufrido en trasplantes más tempranos.

Como se observa en el cuadro anterior, se destaca el productor 2, quien presenta un exceso de aporte de agua del orden de los 400mm a lo largo de todo el ciclo. Esto generó problemas de escurrimiento superficial y erosión marcada en el cuadro y caminos adyacentes.

4.5.4. Fertilización

En el Cuadro 24 se presenta el aporte total de nutrientes estimado considerando la fertilización mineral y el aporte de cama de pollo. Comparando el suministro de nutrientes a los cultivos con los análisis de suelo previos al trasplante realizados por los productores como requisito obligatorio del Plan Tomate, se puede observar que en gran parte de los casos no se consideró el resultado del análisis como elemento de decisión de la cantidad de fertilizante a agregar (Figuras 26 y 27). Por ejemplo, para el caso de la fertilización fosfatada para el mismo nivel en el suelo (60 ppm) los agregados de fósforo utilizados variaron entre 47 y 275 unidades por ha. Muchos productores no utilizan potasio a pesar de que es el elemento más demandado por el cultivo de tomate principalmente a partir del cuajado de frutos (Usherwood 1985, Woogt 1993), estando presente en muchos casos a niveles medios en el suelo. Los análisis de suelo y foliares se presentan en el Anexo No. 5.

Cuadro No. 24: Aporte de nutrientes totales.

Productor	N (K/ha)	P ₂ O ₅ (K/ha)	K ₂ O (K/ha)
1	88	138	0
2	138	93	38
3	250	148	58
4	120	102	58
5	108	190	38
6	191	185	106
7	131	142	125
8	152	138	0
9	152	138	0
10	116	47	90
11	187	231	288
12	86	138	60
13	100	138	60
14	61	73	44
15	130	106	46
16	169	138	60
17	100	138	0
18	133	223	0
19	100	138	60
20	116	116	118
21	302	332	58
22	146	138	0
23	240	303	210

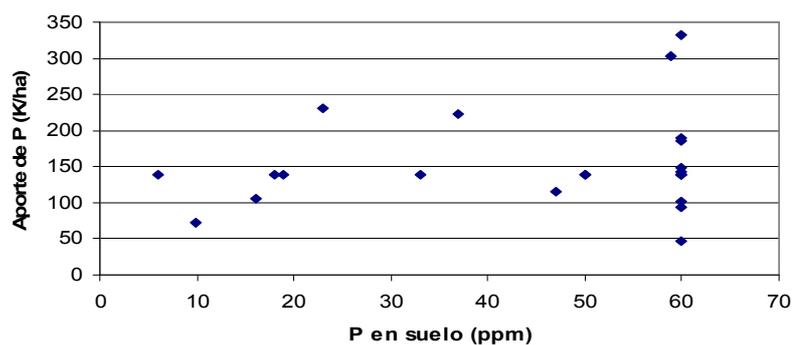


Figura No. 26: Aporte de fósforo (Kg/ha) en función de P bray (ppm) en el suelo.

Cuadro No. 25: Cultivos anteriores, aplicación de cama de pollo, variedades y densidad de plantación según productor.

Productor	Cultivo anterior		Cama pollo	Variedad	Densidad
	Verano	Invierno	(t/ha)		(pl/ha)
1	1	Barbecho	0	H9997	24444
2	3	Barbecho	0	H9997	23333
3	2	avena negra	12	H 9997	26613
4	2	avena negra	12	H 9997	30172
5	2	Barbecho	0	H9997	22917
6	2	Espinaca	20	H9663	22222
7	1	Barbecho	20	Caballero	18182
8	1	Barbecho	0	Río grande	19192
9	1	Barbecho	0	Río grande	19853
11	1	Barbecho	10	H9663	27083
12	3	campo c/animales	0	Loica	15833
13	1	Barbecho	0	Loica	20192
14	3	avena blanca	0	Loica	24074
15	2	Barbecho	0	Loica	21739
16	3	pradera	0	Loica	25962
17	2	avena blanca	0	Loica	20000
18	3	trébol rojo	0	Loica	20833
19	3	campo c/animales	0	Loica	16964
21	2	Barbecho	12	Loica	19697
22	1	Barbecho	0	Loica	21212
23	1	Barbecho	18,6	Loica	21154

Referencias:

Cultivo de verano: 1 (con tomate el año anterior), 2 (con tomate en los últimos tres años), 3 (sin tomate en los últimos 10 años)

Las densidades utilizadas son bajas en relación a las sugeridas por Núñez y Palotti (2004). Ningún productor de la muestra analizada llegó a una densidad de plantas de 33333 plantas por ha, siendo el máximo de 30172 plantas por ha. Además, el 52 % de los cultivos tuvo menos de 22000 plantas por ha, siendo esta la densidad mínima estipulada en el reglamento técnico del Plan Tomate.

4.5.6. Manejo fitosanitario

La temporada estudiada no presentó grandes problemas fitosanitarios, principalmente porque no se dieron condiciones ambientales favorables para el desarrollo de las enfermedades más importantes que afectan al cultivo. El manejo fitosanitario presentó gran variación entre productores, con un número total de aplicaciones de productos fitosanitarios que osciló desde 5 a 34 en toda la temporada de cultivo. Como en muchos casos en las aplicaciones se combinan más de un tipo de producto estos números no representan las veces

que se ingresó al cuadro a aplicar. Los tipos de productos más usados fueron los fungicidas, incluyendo los cúpricos (Cuadro 26), a pesar de que el año se catalogó como seco, y no se dieron condiciones tan favorables para el desarrollo de enfermedades fúngicas ni de bacteriosis. Esto indica la predominancia de un criterio calendario y preventivo de aplicaciones. No se observó ninguna relación entre el número de aplicaciones o cantidad de productos aplicados con el rendimiento comercial.

Cuadro No. 26: Número de aplicaciones de fungicidas, insecticidas, acaricidas y cúpricos (fungicidas bacteriostáticos) realizadas en la zafra.

Productor	Número de aplicaciones totales			
	Fungicidas	Insecticidas	Acaricidas	Cúpricos
1	9	4	0	3
2	6	14	0	14
3	5	0	0	4
4	5	0	0	5
5	7	3	0	0
6	11	5	4	6
7	8	3	0	4
8	5	2	2	5
10	2	2	2	2
11	7	6	0	6
12	1	4	2	2
13	1	3	1	0
14	2	1	2	3
15	0	3	1	4
16	4	7	1	7
17	5	0	3	6
18	5	0	0	4
19	2	6	3	4
20	3	3	1	1
21	5	4	1	4
22	12	4	2	9
23	5	6	3	6

4.6. VARIABLES QUE EXPLICARON LA VARIACIÓN OBSERVADA EN EL RENDIMIENTO COMERCIAL

A partir del análisis estadístico, colocando al rendimiento comercial como variable dependiente y analizando las principales variables relevadas, se obtuvo que las únicas variables que presentaron análisis de varianza significativo (10 %) y que explicaron las diferencias de rendimiento encontradas fueron, la densidad de plantas, la aplicación de cama de pollo, la ubicación del predio, la

variedad, déficit hídrico total y hasta inicio de cosecha y la textura de suelo. El resultado de los análisis de varianza realizados se presenta en el cuadro No.27. Durante el proceso de análisis se descartaron gran parte de las variables relevadas debido al bajo relacionamiento observado con el rendimiento comercial.

Cuadro No. 27: Resumen de los análisis de varianza realizados.

Variable	F	p-valor
Densidad	2.91	0.08
Aporte de Nitrógeno	1.28	0.27
Aporte de Fósforo	0.5	0.5
Aporte de Potasio	0.0	0.94
Aplicación de Cama de pollo	6.7	0.02
Ubicación del predio	2.9	0.08
Cultivo anterior	0.27	0.61
Variedad	4.95	0.02
Fecha transplante	1.65	0.21
Déficit hídrico total	8.85	0.002
Déficit hídrico hasta inicio de cosecha	9.44	0.0016
Días desde transplante	0.07	0.79
Número de aplicaciones fitosanitarias	0.94	0.34
Densidad aparente del suelo	1.85	0.18
Textura de suelo	3.65	0.07

La variable con el p valor más pequeño fue el déficit hídrico total y hasta inicio de cosecha. Debido a esto se realizó nuevamente un análisis de varianza considerando al déficit hídrico como co-variable. A partir de este análisis solo la aplicación de cama de pollo resultó significativa (p-valor=0.026). Reiterando el análisis incluyendo el déficit hídrico y la aplicación de cama de pollo como co-variables no se detectaron más variables significativas. A partir de la integración de las variables significativas en el análisis de varianza en un modelo mixto solo tres explicaron más del 1% de la variación. Los componentes de la varianza se detallan en el cuadro 28. Del análisis de los componentes de la varianza se concluye que el déficit hídrico es la variable que explica en mayor medida las variaciones de rendimiento logradas constituyendo el 43% de la variación. El segundo lugar lo ocupa la aplicación de cama de pollo, la cual explica el 21% de la variación en el rendimiento comercial obtenido.

Cuadro No. 28: Componentes de la varianza.

Variable	%
Aplicación de cama de pollo	21
Déficit hídrico hasta inicio de cosecha	43
Residual	36

4.6.1. Densidad de plantas

Se observó una diferencia significativa entre densidades de plantación menores a 20 mil plantas por ha y mayores a la misma. No se detectaron diferencias significativas entre densidades de 20 y 30.2 mil plantas por ha. Por lo tanto se puede decir que para la temporada de estudio y en las condiciones de producción dadas no coincidió con lo obtenido por Núñez y Palotti (2004) quienes obtuvieron los mayores rendimientos a densidades entre 27.7 y 33.3 mil plantas por ha. La densidad óptima y el nivel de aporte de agua al cultivo están relacionadas. Como la mayoría de los productores estudiados presentaron cierto grado de déficit hídrico en la temporada, es lógico pensar que densidades de plantas más altas se vieran desfavorecidas en estas condiciones, por la mayor competencia entre plantas.

Cuadro No. 29: Rendimiento promedio según nivel de densidad.

Densidad (pl/ha)	Rendimiento promedio (Kg./ha)¹	CV (%)²
<20000	37870 a	
20 – 24000	59587 b	34
>24000	58982 b	

¹Letras distintas indican diferencias significativas (Tukey $\alpha=10\%$), DMS= 33073 Kg/ha

²CV: Coeficiente de variación

4.6.2. Aplicación de cama de pollo

Analizando la variable aplicación de cama de pollo en conjunto con el rendimiento se detectaron diferencias significativas considerando dos niveles, con y sin agregado de la enmienda orgánica.

Cuadro No. 30: Rendimiento promedio según aporte de cama de pollo

Cama de pollo	Rendimiento promedio (Kg ha⁻¹)¹
Sin agregado	46110 a
Con cama de pollo	67409 b

¹Letras distintas indican diferencias significativas (Tukey $\alpha=5\%$), DMS= 16693Kg/ha

A partir de el Cuadro 30 se puede decir que la práctica de incorporación de enmiendas orgánicas, en este caso, tuvo un efecto positivo en el cultivo y la productividad obtenida. Sin embargo, no se encontraron diferencias entre agregados de 10 a 20 Mg/ha.

4.6.3. Ubicación del predio

Se registraron diferencias de rendimiento entre las tres zonas bajo estudio. Los promedios por zonas se detallan en el Cuadro No. 31.

Cuadro No. 31: Rendimiento promedio según localización de los predios.

Zona	Rendimiento promedio (Kg ha⁻¹)¹	CV (%)²
San José	64497 a	
Sur de Canelones	67229 a	34
Noreste de canelones	45633 a	

¹Letras distintas indican diferencias significativas (Tukey $\alpha=5\%$), DMS= 36007Kg/ha

²CV: Coeficiente de variación

A pesar de que no se detectaron diferencias significativas entre las distintas zonas de producción se observa una tendencia a lograrse rendimientos más elevados en la zona de San José y sur del departamento de Canelones. La diferencia observada en rendimiento promedio entre el Noreste de Canelones y las otras dos zonas se explica porque todos los cultivos realizados sin riego se encuentran en esta zona, mientras que en las otras todos los cultivos fueron regados, y por lo tanto sufrieron un menor déficit hídrico, siendo esta la variable más significativa y que explica la mayor parte de la variación del rendimiento.

4.6.4. Variedad

Se encontraron diferencias significativas entre la variedad Río Grande y los híbridos de Heinz (Caballero, H9997 y H9663), los cuales presentaron rendimientos promedio del orden de los 40 Mg por ha por encima de Río Grande (Cuadro 32). Sin embargo cabe aclarar que solo dos cultivos contaron con dicha variedad.

Loica obtuvo rendimientos medios en relación a los otros cultivares, pero no se detectaron diferencias significativas. Cabe aclarar que esta variedad fue la que contó con condiciones hídricas más diversas, variable que explicó la mayor parte de la variación en el año de estudio, incluyendo a todos los productores en secano. Además el rendimiento máximo de la muestra lo obtuvo un cultivo con esta variedad. Cabe agregar que los materiales usados tanto los híbridos mencionados como la variedad de polinización abierta (Loica), han sido

recomendadas tras varios años de evaluación en la Estación Experimental Las Brujas (González et al., 2006). Por lo tanto los cultivares utilizados, con excepción de Río Grande, presentan potenciales para obtener altos rendimientos y no serían un factor limitante para la producción.

Cuadro No. 32: Rendimiento comercial promedio según variedad.

Variedad	Rendimiento promedio (Kg ha⁻¹)¹	CV (%)²
Río Grande	25969 a	
Loica	49208 ab	32
Híbridos Heinz	65522 b	

¹Letras distintas indican diferencias significativas (Tukey $\alpha=10\%$), DMS= 33830Kg/ha

²CV: Coeficiente de variación

4.6.5. Déficit hídrico

Se observó una reducción significativa en el rendimiento comercial cuando el déficit hídrico estimado hasta inicio de cosecha superó los 200 mm (Cuadro 33). Se puede decir que al menos en los productores que sufrieron restricciones hídricas durante el cultivo se verifica una relación negativa y directa entre el déficit de agua y el rendimiento comercial (Figura 28). En los productores que no tuvieron restricciones hídricas o estas fueron bajas (menores a 120) es posible que otros factores hayan sido más limitantes y no se observa una clara respuesta al grado de satisfacción de las demandas de agua.

Cuadro No. 33: Rendimiento comercial promedio según nivel de déficit hídrico hasta inicio de cosecha.

Déficit hídrico (mm)	Rendimiento promedio (Kg ha⁻¹)¹
mayor a 202	32418 a
121-201	54351 b
menor a 120	66310 b

¹Letras distintas indican diferencias significativas (Tukey $\alpha=5\%$), DMS= 20408Kg/ha

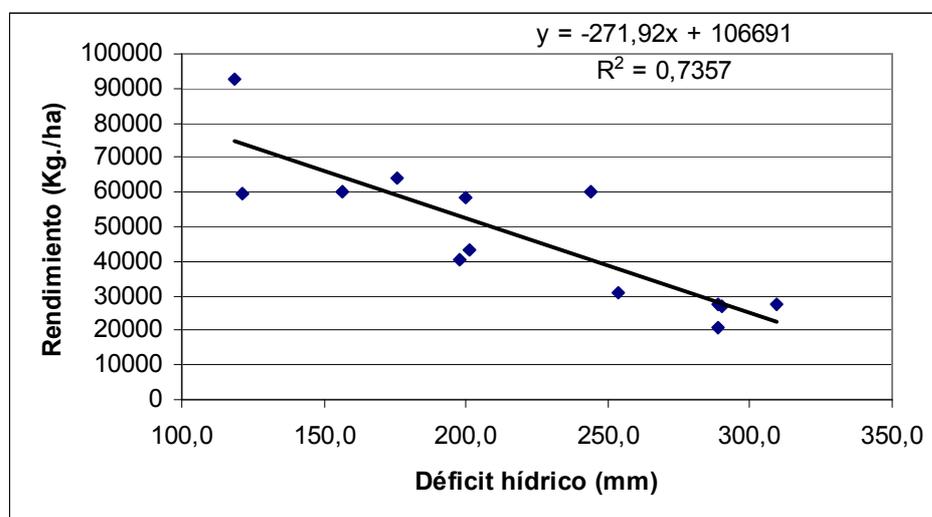


Figura No. 28: Rendimiento comercial en función del déficit hídrico hasta inicio de cosecha.

4.6.6. Fecha de transplante

Cuadro No. 34: Rendimiento promedio en función de la fecha de transplante.

<u>Fecha de transplante</u>	<u>Rendimiento promedio (Kg/ha)</u>
20/11 - 25/12	46801
1/11 - 19/11	51015
12/10 - 30/10	63016

La fecha de transplante no resultó en diferencias significativas en el ANAVA pero se observó una tendencia a que las fechas más tempranas, en el mes de octubre, dieron mejores resultados productivos promedio.

4.6.7. Aporte de nutrientes

Tampoco se encontraron 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 (cuadro 35). En la Figura 29 se presentan los rendimientos de aquellos cultivos que no tuvieron déficit hídrico en función del aporte de Nitrógeno y se observa una tendencia a aumentar el rendimiento hasta una dosis de 150 kg por ha aproximadamente. Esto coincide con lo observado por Kaniszewski et al. (1986), García et al. (2007) quien manifiesta la interacción entre el riego y las necesidades de nitrógeno proponiendo dicha dosis como óptima.

Cuadro No. 35: Rendimiento promedio según estrato de nutrición mineral de nitrógeno, potasio y fósforo.

Nutriente	Nivel	Rendimiento promedio (Kg./ha) ¹
Nitrógeno (Kg./ha)	<100	42965 a
	100–145	50933 a
	>145	58901 a
Fósforo ppm	< 40	46144 a
	40-70	51807 a
	> 70	58225 a
Potasio Meq./100gr.	<0.4	38671 a
	0.4-0.7	57807 a
	>0.7	54948 a

¹Letras distintas indican diferencias significativas (10%)

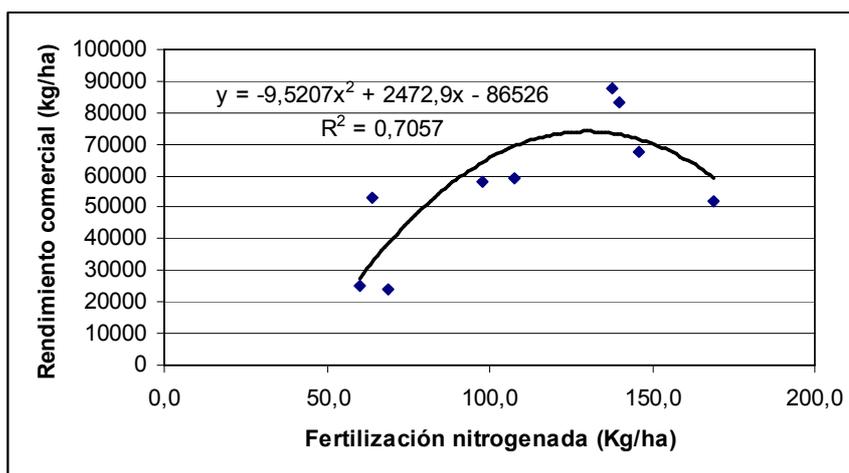


Figura No. 29: Rendimiento comercial en función del aporte de nitrógeno en productores que no presentaron déficit hídricos.

4.6.8. Variables del sistema de producción

En lo que refiere a las variables del sistema de producción cabe destacar que ni la importancia del rubro tomate según ingreso o según superficie se relacionaron con el rendimiento obtenido. Tampoco se encontraron diferencias significativas en el rendimiento en función del grado de diversificación productiva de los predios. Sin embargo, la variable grado de mecanización, a pesar de que no se encontraron diferencias significativas en el análisis estadístico, presenta cierta relación con el rendimiento comercial como se verifica en el siguiente cuadro. Los predios con niveles superiores de

mecanización tienden a lograr los rendimientos promedio más elevados, coincidiendo con lo establecido por González (2005).

Cuadro No. 36: Rendimiento comercial en función de grado de mecanización.

Grado de mecanización¹	Rendimiento (Kg./ha)
1	45127
2	38244
3	63864
4	55829

Referencias:

¹ 1 (sin tractor, pulverizador y encanterador), 2 (con un implemento), 3 (con dos implementos), 4 (con tractor, pulverizador y encanterador)

4.7. ANÁLISIS DE LOS COMPONENTES DEL RENDIMIENTO

Los principales componentes del rendimiento son el número de frutos por superficie y el tamaño de los mismos. Analizando estos elementos se detectó que el componente que más se relacionó con el rendimiento fue el número de frutos (Figura 30). Cabe destacar la relación negativa entre el número y el tamaño de fruto asociada a competencia entre frutos (fosas) por fotoasimilados (fuente).

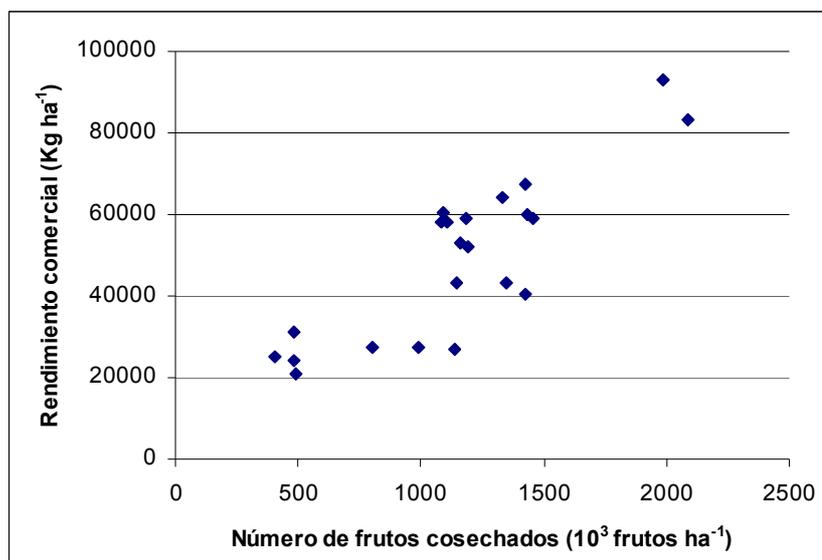


Figura No. 30: Rendimiento comercial en función del número de frutos cosechados.

4.7.1. Número de frutos por superficie

Cuadro No. 37: Resumen del análisis de varianza para el número de frutos.

Variable	F	p-valor
Densidad	2.59	0.1*
Aporte de Nitrógeno	0.41	0.53
Aporte de Fósforo	1.16	0.29
Aporte de Potasio	1.35	0.25
Aplicación de Cama de pollo	4.76	0.04**
Variedad	0.37	0.55
Déficit hídrico total	4.09	0.035**
Déficit hídrico hasta inicio de cosecha	4.24	0.03**
Días desde transplante	0.78	0.39
Densidad aparente del suelo	0.38	0.69
Textura de suelo	0.12	0.73

Como se verifica en el cuadro 36 las variables significativas son densidad de plantas, aplicación de cama de pollo y déficit hídrico. Esto coincide con las variables que resultaron significativas al realizar el ANAVA con el rendimiento comercial.

Cuadro No. 38: Rendimientos promedio según nivel de déficit hídrico, agregado de cama de pollo y densidad de plantas.

Variable	Nivel	Miles de frutos por ha
Déficit hídrico (mm)	Mayor a 202	889,4 a
	121-201	1290,6 ab
	Menor a 120	1409,2 b
Cama de pollo	Sin agregado	1089,5 a
	Con cama de pollo	1455,8 b
Densidad (pl/ha)	<20000	937,3 a
	20 – 24000	1316,2 a
	>24000	1366,7 a

¹Letras distintas indican diferencias significativas (Tukey $\alpha=5\%$)

4.7.2. Tamaño de fruto

Cuadro No. 39: Resumen del análisis de varianza para tamaño de fruto.

Variable	F	p-valor
Densidad	0.09	0.91
Aporte de Nitrógeno	3	0.10
Aporte de Potasio	1.51	0.23
Aplicación de Cama de pollo	1.53	0.23
Variedad	8.63	0.002
Déficit hídrico en crecimiento de fruto	0.39	0.68
Días desde transplante	0.16	0.69

Como se verifica en el Cuadro 38 las variables significativas son variedad, aplicación de nitrógeno. El tamaño de fruto a diferencia del número de frutos se relaciona o otros factores que no tuvieron tanta relevancia para el rendimiento comercial.

Analizando dentro de una variedad como Loica se comprueba una tendencia a que cuanto mayor es el déficit hídrico inferior es el peso del fruto. Esta relación se presenta en la figura No. 31.

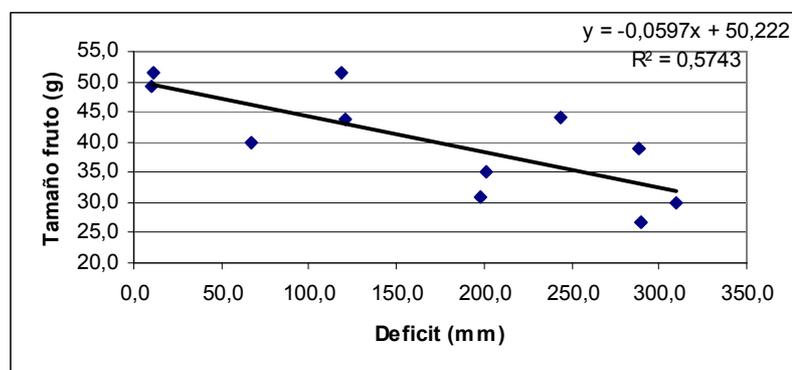


Figura No. 31: Tamaño de fruto en función del déficit hídrico en productores con restricciones de agua.

Cuadro No. 40: Tamaño de fruto promedio según variedad y nivel de aporte de nitrógeno.

Variable	Nivel	Rendimiento promedio (Kg./ha)¹
Variedad	Loica	39.6 a
	Híbridos de Heinz	51.9 ab
	Río grande	60.9 b
Aplicación de nitrógeno Kg./ha	Menos de 146	42.9 a
	Más de 146	50.9 a

¹Letras distintas indican diferencias significativas (Tukey $\alpha=5\%$) para la variable textura y variedad.

La variedad Río Grande presenta un mayor peso de fruto en relación a Loica, no diferenciándose significativamente de los híbridos de Heinz. Loica sin embargo obtuvo tamaño promedio de fruto menor aunque hay que considerar la gran diversidad de condiciones hídricas que presentó esta variedad en la muestra, que tendieron a reducir el peso promedio. Las dosis mayores de nitrógeno promovieron un mayor tamaño de fruto en relación a dosis inferiores. De la misma forma, las texturas de suelo francas y franco-limosas beneficiaron el tamaño de la fruta.

5. CONCLUSIONES

La temporada de estudio se caracterizó por un bajo nivel de precipitaciones, mayor radiación solar y temperaturas medias menores y menos variables en relación a la zafra anterior, lo que puede estar asociado con el rendimiento mayor obtenido en la temporada 2007/08 en comparación con años anteriores. Las condiciones agroclimáticas incidieron en forma importante sobre cuales fueron los factores que limitaron la producción y explicaron las variaciones en el rendimiento.

Se verifica en la muestra la gran variabilidad de rendimiento existente entre productores del Plan tomate siendo el rendimiento comercial mínimo de 20859 Kg./ha y el máximo de 92875 Kg./ha y el promedio de 53210 Kg./ha.

Dentro del año de estudio 2007/08 las diferencias en rendimiento se debieron principalmente al distinto grado de satisfacción de las demandas hídricas de los cultivos. Este factor actuó aumentando el número de frutos cosechados por ha. En segundo lugar la aplicación de cama de pollo incrementó los rendimientos de los cultivos y explicó parte de la variación de productividades.

La densidad de plantas se relacionó principalmente con el número de frutos por superficie. Las densidades inferiores a 20 mil pl/ha tuvieron menor resultado productivo. Sin embargo no se detectó diferencia significativa entre 20 y 30 mil pl/ha lo que se puede deber a la mayor incidencia de otras limitantes en esta zafra de cultivo.

Los trasplantes de octubre y principios de noviembre presentan mayor potencial de rendimiento por recibir mayor radiación incidente. En la muestra se identificó una tendencia a lograr rendimientos superiores en fechas de trasplante tempranas, pero las diferencias no fueron significativas estadísticamente.

La variedad incide indudablemente en el peso de fruto, a pesar de ello es posible obtener altos rendimientos tanto con Loica como con los H9996, H9997. Sin embargo el comportamiento productivo de la variedad Río Grande fue notoriamente inferior.

El número de aplicaciones no se relacionó positivamente con el rendimiento indicando que en muchos casos estas son excesivas pudiendo ser negativas para la micro fauna benéfica y generando un gasto innecesario a los productores.

En cuanto a la fertilización, en primer lugar, es necesario realizar una mejor planificación aprovechando la herramienta que es análisis de suelo. En segundo lugar, se observaron rendimientos más altos con aplicaciones mayores y con niveles más elevados de potasio y fósforo en el suelo, pero las diferencias no fueron significativas. El nitrógeno afectó el componente tamaño de fruto más que el número de frutos por hectárea.

Entre los descartes de fruta detectados se destaca la ocurrencia de podredumbre apical. En relación a esto se aprecia una tendencia a que a mayor déficit hídrico, superior es el nivel de frutos con podredumbre apical registrados.

En lo que refiere a las cualidades de aptitud industrial, el valor de sólidos solubles totales promedio fue 5.3 ° Brix llegando a un máximo de 6.6 ° Brix y un mínimo de 4.4 ° Brix. En cuanto a la materia seca se logró un promedio de 6.4% siendo el nivel máximo de 7.9% y el mínimo de 4.8%. Ambas características de calidad de fruto se relacionan negativamente con el grado de satisfacción de las demandas de agua.

Por último, se concluyó que la metodología de abordaje del problema resultó efectiva para explicar las diferencias de rendimiento y priorizar los factores de producción más relevantes para la zafra de estudio. Se debería proyectar la realización de este trabajo por más años, para poder ampliar el espectro de análisis y no acotarlo al año de estudio.

6. RESUMEN

El cultivo de tomate para industria en el Uruguay presenta una diferencia del entorno de 100% entre el rendimiento logrado por los productores en sus predios y los rendimientos alcanzables de acuerdo a experimentos en la región. También hay diferencias muy importantes en rendimiento entre productores en la misma zona. Son varios los factores que inciden en la eficiencia del proceso productivo y en el costo por unidad de producto, pero el rendimiento es una de las más importantes. Este trabajo es una primera exploración sistemática de las causas que determinan las diferencias de rendimiento entre productores del Plan Tomate. Con el objetivo de poder explicar las diferencias productivas encontradas, se realizó un análisis de los principales factores que afectan el rendimiento en los sistemas de producción en la zafra 2007/08. La metodología de trabajo se basó en un muestreo de productores participantes del Plan tomate realizado dividiendo la población bajo estudio en 4 estratos, contemplando distintas zonas de producción y la adopción de sistemas de riego. A partir del muestreo se obtuvieron 23 productores, en los cuales se relevaron y midieron diversas variables relacionadas al sistema de producción, al sistema de manejo, a las condiciones del clima y a la evaluación del rendimiento y calidad del producto obtenido. Las variables relevadas durante la zafra se relacionaron con el rendimiento y sus componentes principales (número y tamaño de fruto). La variable más importante que explicó en mayor medida las diferencias observadas en rendimiento entre productores para la zafra en estudio fue el balance hídrico. Se detectó una relación lineal entre el grado de satisfacción de las demandas hídricas y el rendimiento comercial, a partir de deficiencias hídricas mayores a 120mm. La aplicación (o no) de cama de pollo fue otra variable importante que explicó las diferencias en rendimiento entre productores, pero no se detectaron diferencias significativas entre la aplicación de 10 y 20Mg/ha. Otras variables que resultaron menos significativas fueron la densidad de plantas, la textura del suelo, la variedad y la ubicación del predio. Por último, se concluyó que la metodología empleada para el análisis del problema planteado fue efectiva para explicar las diferencias de rendimientos logrados, a la vez que permitió una correcta jerarquización de las determinantes del resultado productivo evaluadas.

Palabras clave: Análisis del rendimiento; Manejo del cultivo; Tomate industria; Uruguay.

7. SUMMARY

Farmers' average yields of tomato for industry in Uruguay show a gap of around 100% with the potential yields obtained in experiments in the region. There are also important variations in yields among farmers in the same area. There are many factors influencing the efficiency of the tomato production chain, but crop yield is one of the key factors. This study aims to explain the main causes of the differences in yield and quality of tomato for industry encountered in South Uruguay during 2007/08 season. The study was based on a representative sample of producers of the Tomato Plan, which was conducted by dividing the population under study in 4 sections, taking into account different areas of production and the availability (or not) of irrigation. Within this sample of 23 producers, we measured and collected information on several variables related to the farming systems, the crop management systems, the climate and the performance of the crop. The variables surveyed during the season were related to performance, and its main components (number and size of fruit). The most important variable explaining the observed differences in crop performance in the season 2007/2008 was the water balance. There was a linear relationship between the satisfaction of the demands water and the tomato commercial yield, for water deficits greater than 120mm. The use (or not) of poultry litter was second in importance to explain the yield variations occurred. However, there was no significant difference between the application of 10 and 20Mg/ha. Other variables that were less significant were the density of plants, variety and farm location. Finally, it was concluded that the methodology for the analysis of the problem was effective in explaining the differences in yields achieved, while allowing a proper hierarchy of the determinants of productive outcome evaluated.

Keywords: Yield analysis; Crop management; Processing tomato; Uruguay.

8. BIBLIOGRAFÍA

1. ALDABE DINI, L. 2000. Producción de hortalizas en Uruguay. Montevideo, Epsilon. 269 p.
2. ARBOLEYA, J. 1979. Fertilización nitrogenada en tomates en tomates para industria. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 196 p.
3. ATHERTON, J. G.; RUDICH, J. 1986. The tomato crop; a scientific basis for improvement. London, Chapman and Hall. 661 p.
4. BAR-TAL, A.; KEINAN, M.; ALONI, B.; KARNI, L.; OSEROVITZ, Y.; GANTZ, S.; HAZAN, A.; ITACH, M.; TRATAKOVSKI, N.; AVIDAN, A.; POSALSKI, I. 2001. Relationships between blossom- end rot and water availability and ca fertilization in bell pepper fruit production. Acta Horticulturae. no. 554 : 97-104.
5. BLAKE, C.R. 1986. Particle density. In: Klute, A. ed. Methods of soil analysis; part 1. Physical and Mineralogical Methods. 2nd . ed. Madison, ASA. pp. 377-382 (Agronomy no. 9).
6. BLANCARD, D.; PEÑA IGLESIAS, A. 1988. Maladies de la tomate. Madrid, Mundi-Prensa. 212 p.
7. BOUWER, H. 1986. Intake rate; cylinder infiltrometer. In: Klute, A. ed. Methods of soil analysis; part 1. Physical and Mineralogical Methods. 2nd . ed. Madison, ASA. pp. 825-844 (Agronomy no. 9).
8. CALVERT, A. 1959. Effect of early environment on the developing of flowering in the tomato. II. Light and temperature interactions. Journal of Horticultural Science 34:154-162.
9. CAMPELO, E.; BENZANO, R.; PLA, M.; CIAVATTONE, A.; RABUFFETTI, A. 1982. Efectos de diferentes manejos previos del suelo en la producción de tomate para industria y en la respuesta a la fertilización nitrogenada. In: Reunión Técnica de la Facultad de Agronomía (5^a., 1982, Montevideo, Uruguay). Resúmenes. Montevideo, Facultad de Agronomía. p. 82.
10. CASTILLA, N. 1995. Manejo del cultivo intensivo del tomate. In: Nuez, F. El cultivo del tomate. Madrid, Mundi-Prensa. pp. 189-226.

11. CHAMARRO, J. 1995. Anatomía y fisiología de la planta. *In*: Nuez, F. El cultivo del tomate. Madrid, Mundi-Prensa. pp. 44-91.
12. DE KONING, A.N.M. 1994. Development and dry matter distribution in tomato: a quantitative approach. Tesis PhD. Wageningen, Netherlands. Wageningen University. 240 p.
13. DOGLIOTTI, S. 1994. Bases fisiológicas del crecimiento y desarrollo del cultivo de Tomate. Montevideo, Facultad de Agronomía. 18 p.
14. _____. 2007. Bases fisiológicas del crecimiento y desarrollo del cultivo de tomate. (en línea). Montevideo, Facultad de Agronomía. 18 p. Consultado 20 jul. 2008. Disponible en <http://www.fagro.edu.uy/~cultivos/>.
15. DORÉ, T.; SEBILLOTTE, M.; MEYNARD, J.M. 1997. A diagnostic method for assessing regional variations in crop yield. *Agricultural Systems*. 54 (2): 169-188.
16. DURÁN, A.; GARCÍA, F.; LABELLA, S. 1991. Propiedades hídricas de los suelos. Montevideo, Facultad de Agronomía. 122 p.
17. FOLQUER, F. 1979. El tomate, estudio de la planta y su producción comercial. Buenos Aires, Hemisferio Sur. 104 p.
18. GARCÍA, M. 2002. Manejos de suelo en Horticultura. Montevideo, Facultad de Agronomía. 24 p.
19. GARCÍA, C.; GONZALEZ, M.; VILARÓ, F.; RODRÍGUEZ, G.; CABOT, M.; CARBALLO, S; CASANOVA, S. 2006. Manejo del riego y la densidad de plantas en tomate Loica. *In*: Reunión Técnica de Resultados Experimentales en Tomate para Industria (2006, Canelones, Uruguay). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 15-22 (Actividades de Difusión no. 464).
20. _____.; RABUFFETTI, A.; ESMOLARK, C.; GONZALEZ, M.; MOURA, M. 2008. Efecto de la fertilización nitrogenada, la densidad de plantas y el riego sobre el rendimiento de tomate, cv. loica. *In*: Jornada Técnica de Divulgación en el Cultivo de Tomate (2008, Canelones, Uruguay). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 12-20 (Actividades de Difusión no. 537).

21. GIARDINI, L.; GIOVANARDI, R.; BORIN, M. 1988. Water consumption and yield response of tomato in relation to water availability at different soil depths. *Acta Horticulturae*. no. 228:119-126.
22. GIMÉNEZ, G.; CABOT, M.; MORI, C.; SANTOS, C. 2004. Evaluación de variedades de tomate para industria. *In: Resultados Experimentales en Tomate (2004, Canelones, Uruguay). Trabajos presentados*. Montevideo, INIA. pp. 1-3 (Actividades de difusión no. 366).
23. GIORDANO, L. B.; SILVA, J. B. C.; BARSBOSA, V. 2000. Escolha de cultivares e plantío. *In: Silva, J. B. C.; Giordano, L. B. eds. Tomate para processamento industrial*. Brasília, EMBRAPA Comunicación para Transferencia de Tecnología / Embrapa Hortalizas. pp. 36-59.
24. GONZALEZ M. 2005. La cadena agroindustrial del tomate, el caso Valentín Martínez y Cía. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 114 p.
25. _____; CABOT, M.; CARBALLO, S. 2006. Evaluación de variedades de tomate para industria. *In: Reunión Técnica de Resultados Experimentales en Tomate para Industria (2006, Canelones, Uruguay). Trabajos presentados*. Montevideo, INIA. pp. 2-15. (Actividades de Difusión no. 464).
26. _____; BERRUETA, C.; CARBALLO, S. 2007. Evaluación de cultivares de tomate para industria. Canelones, Uruguay, INIA. 15 p. (Actividades de Difusión no. 494).
27. _____; _____. 2008. Evaluación de cultivares de tomate para industria. *In: Jornada Técnica de Divulgación en el Cultivo de Tomate (2008, Canelones, Uruguay). Trabajos presentados*. Montevideo, INIA. pp. 1-12. (Actividades de Difusión no. 537).
28. GOULD, W.A. 1992. *Tomato production, processing and technology*. 3th. ed. Ohio, CTI. 535 p.
29. GRIERSON, D.; KADER, A. 1986. Fruit ripening and quality. *In: Atherton, J.; Rudich, J. eds. The tomato crop; a scientific basis for improvement*. London, Chapman and Hall. pp. 241-280.
30. HEUVELINK, E. 1996a. Dry matter partitioning in tomato: validation of a dynamic simulation model. *Annals of Botany*. 77: 71-80.

31. _____; MARCELIS, L.F.M. 1996b. Influence of assimilate supply on leaf formation in sweet pepper and tomato. *Journal of Horticultural Science*. 71: 405-414.
32. HO, L.; HEWITT, J. 1986. Fruit development. *In*: Atherton, J.; Rudich, J. eds. *The tomato crop; a scientific basis for improvement*. London, Chapman and Hall. pp. 201-239.
33. INTA. 1994. *El cultivo de tomate para industria*. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Centro Regional Cuyo: Mendoza (Argentina). Agro de Cuyo. Manuales no. 1. 118 p.
34. KANISZEWSKI S.; ELKNER K.; RUMPEL J. 1987. Effect of nitrogen fertilization and irrigation on yield, nitrogen status and quality of direct seeded tomatoes. *Acta Horticulturae*. no. 200:195-202.
35. LIBARDI, P.L., 2000. *Dinamica da água no solo*. 2ª ed. São Paulo, EDUSP. 509 p.
36. MARCELIS, L.F.M.; HO, L.C. 1999. Blossom-end rot in relation to growth rate and calcium content in fruits of sweet pepper (*Capsicum annum* L.). *Journal of Experimental Botany*. 50 (332) : 357-363.
37. MOORE, J.N.; KATTAN, A.A.; FLEMING, J.W. 1958. Effect of supplemental irrigation, spacing and fertility on yield and quality of processing tomatoes. *American Society for Horticultural Science*. 71: 356- 368.
38. NUEZ, F. 1995. *El cultivo del tomate*. Madrid, Mundi-Prensa. 793 p.
39. NÚÑEZ F. A.; PALOTTI L. J. 2004. *Efecto de la densidad en la productividad de tres cultivares de tomate para industria*. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 63 p.
40. RENQUIST, A. R.; REID, J. B. 2001. Processing tomato fruit quality: influence of soil water deficits at flowering and ripening. *Australian Journal of Agricultural Research*. 52: 793-799
41. REY, I.; COSTES, C. 1965. *La physiologie de la tomate*. Paris, INRA. 111 p.

42. RICHARDS, L.A. 1965. Physical conditions of water in soil. In: Black, C. A. ed. Methods of soil analysis. Michigan, ASA. pp. 128-151.
43. RODRÍGUEZ DEL RINCÓN, A. 1975. El tomate para conserva. Madrid, Ministerio de Agricultura. 210 p.
44. RODRÍGUEZ, S.; LEMA, J.; CABEZAS, A.; HOFSTADTER, R.; MAESO, C. 1984. Efecto del régimen hídrico sobre la producción de diferentes cultivares de tomate tipo industria. In: Reunión Técnica de la Facultad de Agronomía (7^a, 1984, Montevideo, Uruguay). Resúmenes. Montevideo, Facultad de Agronomía. p. 11.
45. RODRÍGUEZ R.; TABAREZ J.M.; MEDINA J.A. 1984. Cultivo moderno del tomate. Madrid, Mundi-Prensa. 206 p.
46. SOIL CONSERVATION SERVICE, 1972. Soil survey investigations. Washington, USDA. 63 p. (Report no. 1)
47. UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA (URUGUAY). FACULTAD DE AGRONOMÍA. 2005. Curso de fertilidad de suelos y su manejo. (en línea). Montevideo. Consultado 15 ago. 2008. Disponible en <http://www.fagro.edu.uy/~fertilidad/curso/curso.html>
48. _____. _____. 2007. Tomate y morrón 2007. (en línea). Montevideo. Consultado 15 jun. 2008. Disponible en <http://www.fagro.edu.uy/~prodveg/index.html>.
49. URUGUAY. MINISTERIO DE GANADERÍA, AGRICULTURA Y PESCA. DIRECCIÓN DE ESTADÍSTICAS AGROPECUARIAS. 2005. Encuesta hortícola Sur y Norte. (en línea). Montevideo. Consultado 7 ago. 2008. Disponible en http://www.mgap.gub.uy/DIEA/Encuestas/Se236/SE236_EncuestasHortícolas2005.htm
50. _____. _____. _____. 2006. Encuesta hortícola Sur y Norte. (en línea). Montevideo. Consultado 7 ago. 2008. Disponible en http://www.mgap.gub.uy/DIEA/Encuestas/Se251/SE251_EncuestasHortícolas2006.htm.
51. _____. _____. _____. 2007. Encuesta hortícola Sur y Norte. (en línea). Montevideo. Consultado 8 ago. 2008. Disponible en http://www.mgap.gub.uy/Diea/Novedades/Novedades_EncuestaHortícola_Sur2008.htm.

52. _____. _____. DIRECCIÓN GENERAL DE LA GRANJA. 2006. Planes de negocios de industrialización de tomate, temporada 2005-2006. Montevideo. 5 p.
53. _____. _____. _____. 2007. Planes de negocios de industrialización de tomate, temporada 2006-2007. Montevideo. 6 p.
54. _____. _____. _____. 2008. Planes de negocios de industrialización de tomate, temporada 2007-2008. Montevideo. 6 p.
55. USHERWOOD, N.R., 1985. The role of potassium in crop quality. In: Munsoon, R.S. ed. Potassium in agriculture. Madison, ASA/CSSA/SSSA. pp. 929–954.
56. 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.

9. ANEXOS

ANEXO No. 1_Revisión de información anterior de los productores del Plan Tomate.

Productor	Ubicación	Patrocinante	Superficie tomate (ha)	Rendimiento (Kg/ha)	Riego
Abreu, Walter	Los arenales	Copronec	0,45	9747	si
Alvarez, Luis	Colonia Berro	Copronec	sd	sd	no
Arbelo, Alfredo	Migues	Copronec	sd	sd	no
Artigas, Juan	Colonia Berro	Copronec	0,5	1963	no
Bauter, Walter	Ombues	Copronec	0,9	5037	no
Bentancur, Sergio	Migues	Copronec	1	49596	si
Bentancur, Walter	Colonia Berro	Copronec	0,75	7833	no
Blanco, Artigas	Migues	Copronec	0,5	24612	no
Blanco, Walter	Colonia Berro	Copronec	1	19928	si
Bogres, Alejandro	Ombues	Copronec	0,5	8257	no
Bonifacio, Silvia	Colonia Berro	Copronec	0,5	20678	no
Bonomi, Cesar	Colonia Berro	Copronec	0,9	8764	si
Borges, Carlos	Ombues	Copronec	0,5	12562	no
Briozzo, Carlos	Colonia Berro	Copronec	1	2486	no
Cabana, Alberto	Migues	Copronec	1	16540	no
Cabrera, Hortensia	San Jacinto	Copronec	0,5	25514	si
Cabrera, Pedro	Migues	Copronec	0,5	16093	no
Cabrera, Miguel	Colonia Berro	Copronec	1	16486	si
Camejo, José	Colonia Berro	Copronec	1	12136	no
Camejo, Hugo	Colonia Berro	Copronec	0,5	3149	no
Cancela, Miguel	Migues	Copronec	1	21500	no
Castro, Hugo	Ombues	Copronec	0,5	6972	no
Cedres, Jesús	Migues	Copronec	1	27287	si
Curbelo, Luis	Los arenales	Copronec	0,5	8549	no
De Amore, Alex	Migues	Copronec	0,5	4414	no
De León, Alfaro	San Jacinto	Copronec	0,5	20353	si
Duque, Raul	Migues	Copronec	0,88	11544	no
Esposito, Cristina	Migues	Copronec	1	18663	no
Estévez, Isidro	Migues	Copronec	1,5	29044	si
Etchart, Armando	Migues	Copronec	0,5	18550	no
Falero, Bruno	San Jacinto	Copronec	0,93	8205	no
Garcia, Hugo	Migues	Copronec	0,5	39764	no
Garrido, Wilson	Migues	Copronec	1	14861	si
Gomes, Bolivar	Colonia Berro	Copronec	sd	sd	no
González, Oscar	Migues	Copronec	0,8	11789	no
González, Walter	Colonia Berro	Copronec	0,5	25357	si

Gonzalez, Angel	Migues	Copronec	0,9	9437	no
Gonzalez, Augusto	Migues	Copronec	1	12827	no
Gonzalez, Pablo	San Jacinto	Copronec	0,5	4206	no
Gonzalez, Robert	Ombues	Copronec	0,5	2171	no
Gonzalez, Ruben	San Jacinto	Copronec	0,5	24791	si
Gracian, José	Migues	Copronec	1,5	33107	si
Grascian, Juan	Migues	Copronec	sd	sd	no
Gutierrez, Atilio	Colonia Berro	Copronec	0,5	sd	no
Gutierrez, Marcelino	Colonia Berro	Copronec	0,5	6929	no
Hernandez, Cesar	Ombues	Copronec	0,5	10933	no
Hernández, Oscar	San Jacinto	Copronec	0,50	18535	no
Lecuna, Silvia	Tapia	Copronec	1	sd	no
Lista, Fernando	Los arenales	Copronec	0,5	15324	no
Lopez, Daniel	Migues	Copronec	0,5	50250	si
López, Darwin	Tapia	Copronec	sd	sd	no
Lopez, Wilmar	Migues	Copronec	1	11962	no
López, Antonio	Migues	Copronec	sd	sd	no
Marrero, Alberto	Tapia	Copronec	1	19207	si
Marrero, Sandro	San Jacinto	Copronec	0,9	24336	si
Martínez, Gerardo	Tapia	Copronec	1	10952	si
Martínez, Juan	Migues	Copronec	0,5	7873	no
Martínez, Roberto	Ombues	Copronec	0,5	12866	no
Martínez, Edgar	Colonia Berro	Copronec	sd	sd	no
Masikevisius, Celso	Colonia Berro	Copronec	sd	sd	no
Mattos, Manuel	Los arenales	Copronec	0,5	21417	no
Mesa, Miguel	Ombues	Copronec	0,5	15355	no
Molina, Hernán	Colonia Berro	Copronec	1,41	6418	no
Morales, Richard	Colonia Berro	Copronec	0,75	15504	no
Morales, Javier	Colonia Berro	Copronec	2	15121	no
Morales, Eduardo	Migues	Copronec	1,6	13125	no
Peña, Angel	Colonia Berro	Copronec	1	9608	no
Peña, Hubert	Migues	Copronec	1	17670	no
Peña, Javier	Colonia Berro	Copronec	1	8836	no
Perdomo, Diego	Colonia Berro	Copronec	1,5	44641	si
Perez, Robert	Colonia Berro	Copronec	0,5	16748	no
Perez, Roberto	Colonia Berro	Copronec	1	20093	0,5
Piriz, Marcelo	Migues	Copronec	sd	sd	no
Piriz, Gerardo	Colonia Berro	Copronec	1	24704	no
Pitamiglio, Juan	San Jacinto	Copronec	0,5	37073	si
Pizzorno, Niber	Migues	Copronec	0,5	19350	no
Ponce, Daniel	San Jacinto	Copronec	sd	sd	no
Rabellino, Luis	Colonia Berro	Copronec	0,5	14897	no
Ramos, Camilo	Migues	Copronec	0,5	41361	si
Risso, Eduardo	Migues	Copronec	1,91	32486	si
Rocha, Luis	Los arenales	Copronec	0,5	11672	no
Rocha, Pablo	Migues	Copronec	0,95	12963	no

Rodriguez, Mario	Colonia Berro	Copronec	1	20875	no
Rosas, Alberto	Migues	Copronec	1	17393	no
Saya, Luis	San Jacinto	Copronec	0,5	16020	si
Trujillo, Eduardo	San Jacinto	Copronec	sd	sd	no
Umpierrez, Juan	Migues	Copronec	1	20358	si
Umpierrez, Antonio	Los arenales	Copronec	0,5	7493	no
Varela, Pedro	Migues	Copronec	0,5	43496	si
Viera, Ives	Ombues	Copronec	0,5	7385	no
Viglieca, Freddy	Colonia Berro	Copronec	0,5	20812	si
Cherici, José	San Jacinto	Cowilfrut	0,8	24100	si
Collazo, Hedilberto	Colonia Berro	Cowilfrut	2	30000	si
Zinola, Juan	Colonia Berro	Cowilfrut	1,5	22100	no
Cardone, Carlos	Ruta 1 km 47	Ghelfa	1,00	1.889	si
Parodi, Jorge	Ruta 1 km 46	Ghelfa	2,47	8.104	si
Sosa, Javier	Ruta 1 km 46	Ghelfa	2,88	9.056	si
Parodi, Washington	Ruta 1 km 47	Ghelfa	1,50	13.496	si
Travieso, Pablo	Ruta 1 km 46	Ghelfa	0,50	13.908	si
Pacheco, Hebert	Ruta 1 km 47	Ghelfa	0,50	15.706	si
Palotti, Fabián	Ruta 1 km 39	Ghelfa	1,02	17.971	si
Pastorino, Pablo	Ruta 1 km 72	Ghelfa	0,84	17.972	si
Ramenghi, Henry	Ruta 1 km 47	Ghelfa	2,00	21.296	si
Rambalducci, Sergio	Ruta 1 km 45	Ghelfa	1,50	22.312	si
Rivera, Miguel	Ruta 1 km 47	Ghelfa	3,00	33.980	si
Passadore, Andres	Ruta 5 km 39	Ghelfa	1,30	23.688	si
Hyrata	Ruta 1 km 39	Ghelfa	0,98	23.880	si
Pira, Humberto	Ruta 1 km 39	Ghelfa	2,00	23.881	si
Remunian, Enrique	Ruta 1 km 46	Ghelfa	0,49	25.598	si
Pacheco, Walter	Ruta 1 km 47	Ghelfa	0,49	28.750	si
Kramarov, Marcos	Ruta 1 km 40	Ghelfa	1,00	30.444	si
Napoli, Marcelo	Ruta 1 km 39	Ghelfa	1,99	30.511	si
Bauza, Leonardo	Ruta 1 km 47	Ghelfa	0,50	35.158	si
Diepa, Hector	Ruta 1 km 35	Ghelfa	0,98	37.738	si
Palotti, Adrian	Ruta 1 km 39	Ghelfa	0,59	38.066	si
Napoli, Hugo	Ruta 1 km 36	Ghelfa	2,00	42.445	si
Pastorino, Rafael	Ruta 36 km 31	Ghelfa	1,50	43.689	si
Sellanes, Luis	Ruta 1 km 36	Ghelfa	1,50	44.144	si
Moizo, Andres	Melilla	Ghelfa	1,25	45.283	si
Perez, Fernando	Ruta 1 km 39	Ghelfa	0,50	54.990	si
Parodi, Ruben	Ruta 1 km 46	Ghelfa	1,00	57.233	si
Kanisaj, Cono	Ruta 1 km 39	Ghelfa	1,25	69.057	si
Legarde, Graciela	Ruta 1 km 47	Ghelfa	2,00	34.050	si
Abergo, Gonzalo	sd	Pancini	1	20000	si
Ramos, Adhemar	sd	Pancini	1	50000	si
		Varela			
Llama, Almir	sd	Radio	0,5	20000	si

Suárez, Alcides	sd	Pancini	3	40000	si
		Varela			
Rodriguez, Alicia	sd	Radio	3	50000	si
Vero, Alvaro	sd	Pancini	0,5	30000	si
		Varela			
Bruzzzone, Anibal	sd	Radio	1	30000	si
Bagnasco,		Pancini			
Armando	sd		1	40000	si
Calione, César	sd	Pancini	1	40000	si
Santos, Santos	Carr. del Sauce	Pancini	1,5	40000	si
Delgado, Darío	sd	Pancini	1,5	35000	si
Rodríguez, Diego	Cuch. Rocha	Pancini	0,5	35000	si
Griñolo, Eduardo	sd	Pancini	0,5	40000	si
Ruggiero, Eduardo	sd	Pancini	0,5	30000	si
Bonilla, Ever	sd	Pancini	2	50000	si
		Varela			
Álvarez, Fernando	sd	Radio	0,5	20000	si
		Varela			
Facelli, Gabriel	sd	Radio	1	35000	si
		Varela			
Bonilla, Hugo	sd	Radio	1	35000	si
		Varela			
Perrone, Jorge	sd	Radio	1,5	50000	si
		Varela			
Clavijo, Joselo	sd	Radio	0,5	20000	si
Mazzuchelli, Juan	Cuch de Rocha	Pancini	3	40000	si
Ramos, Juan	Migues	Pancini	1	40000	si
Biganzoli, Jose	sd	Pancini	0,5	30000	si
Moreira, Juan	sd	Pancini	0,5	40000	si
		Varela			
Bentancour, Loenel	sd	Radio	0,5	20000	si
Sánchez, Mario	sd	Pancini	1,5	30000	si
Uhligh, Marta	Villanuava	Pancini	2	50000	si
		Varela			
González, Miguel	sd	Radio	1	20000	si
Silva, Miguel	sd	Pancini	0,5	40000	si
		Varela			
Perez, Nelson	sd	Radio	1,5	30000	si
		Varela			
Fernández, Omar	Canelón Chico	Radio	3	55000	si
		Varela			
Caprio, Rafael	sd	Radio	1,5	45000	si
		Varela			
Giacosa, Ricardo	sd	Radio	0,5	30000	si
Hernandez,					
Richard	sd	Pancini	0,5	30000	si
		Varela			
Ruiz, Roberto	sd	Radio	3	50000	si
Piñeiro, Robinson	sd	Pancini	0,5	20000	si

Damían, Rosario	sd	Pancini	0,5	20000	si
Berro, Sergio	sd	Pancini	0,5	20000	si
Magrassi, Luis	Ptas de Manga	sd	1,25		sd si
Castro, Gustavo	San Jacinto	sd	4		sd si
Delgado, Eduardo	Cañada Grande	sd	4		sd si
Juan Peisino	Colonia Wilson	Cowilfrut	3		sd si
José Carballo	Colonia Wilson	Cowilfrut	5		si

ANEXO No. 2- Entrevista realizada a los productores de la muestra

ENTREVISTA

Organización del predio

Productor:	Industria a la que remite:
Ubicación:	Nº de padrón:
Antigüedad en el plan tomate:	
Superficie total:	Superficie hortícola:
Superficie de tomate industria:	Principal fuente de ingreso:

Maquinaria e instalaciones

Tractor:	Pulverizadora:
Encanterador:	Transplantador:
Otros implementos:	
Fuente de agua:	% de área regada:
Equipo de riego:	

Mano de obra

Familiar:	Asalariada (permanente/zafral):
-----------	---------------------------------

Uso anterior del suelo

Cultivos anteriores desde verano 2005/06:
Abonos verdes:

Instalación del cultivo

Variedades:	
Origen de la semilla:	Desinfección:
Medio de cultivo:	Método de almácigo:
Fecha de siembra:	
Preparación de suelo para transplante:	
Fecha de transplante: (del cuadro de estudio)	
Forma de transplante:(manual o mecánica)	Tamaño del plantín:
Encalado:	
Fertilización de base:	
Herbicidas pre-transplante:	

ANEXO No. 3: Análisis químico de la composición de la cama de pollo,
Productor Carlos Repetto.

Nutriente	Cama de Pollo
PH(H ₂ O)	6,75
C total (g kg ⁻¹)	320
N total (g kg ⁻¹)	28
C:N	11,5
C soluble (g kg ⁻¹)	167,3
N org soluble (g kg ⁻¹)	17,2
N-NO ₃ (mg kg ⁻¹)	38,7
N-NH ₄ (mg kg ⁻¹)	939,6
P (g kg ⁻¹)	17,2
Ca (g kg ⁻¹)	22,3
Mg (g kg ⁻¹)	4,9
K(g kg ⁻¹)	17,7
Na (g kg ⁻¹)	4,6
Cenizas (g kg ⁻¹)	333

ANEXO No. 4: Densidad aparente, porosidad total y agua almacenada por profundidad de suelo y por productor.

Profundidad	Productor	Densidad aparente	Porosidad total (%)	Agua almacenada (mm/10 cm)
0-20	21	1,13	42,10	6,51
20-40	21	1,22	44,51	1,44
40-60	21	1,21	53,91	19,55
0-20	3	1,40	41,70	35,74
20-40	3	1,30	60,47	35,10
40-60	3	1,52	40,47	20,85
0-20	16	1,50	54,40	38,47
20-40	16	1,4096	51,78	20,36
40-60	16	1,4728	45,56	22,35
0-20	8, 9	1,03	49,35	33,84
20-40	8, 9	1,40	41,75	22,12
40-60	8, 9	1,4221	36,61	14,32
0-20	15	1,10	67,82	67,51
20-40	15	1,55	44,04	13,44
40-60	15	1,32	64,47	44,82
0-20	17	1,36	45,53	39,89
20-40	17	1,687	41,69	29,34
40-60	17	1,6034	38,40	8,63
0-20	1	1,49	34,37	7,92
20-40	1	1,49	38,11	9,24
40-60	1	1,42	40,72	13,14
0-20	13	1,279	48,32	16,68
20-40	13	1,27	44,96	10,57
40-60	13	1,3257	50,62	39,62
0-20	12	0,71	28,24	17,42
20-40	12	1,32	32,08	17,54
40-60	12	1,65	52,51	47,98
0-20	23	1,03	68,18	60,83
20-40	23	1,20	53,88	24,07
40-60	23	1,26	45,37	24,22
0-20	5	1,36	35,71	15,75
20-40	5	1,65	33,49	16,97
40-60	5	1,66	37,48	12,08
0-20	2	1,34	38,69	10,42
20-40	2	1,50	38,96	5,91

40-60	2	1,52	41,64	5,94
0-20	19	1,15	43,30	12,37
20-40	19	1,24	43,25	10,88
40-60	19	1,29	36,94	19,30
0-20	14	1,17	39,42	20,66
20-40	14	1,41	37,60	21,53
0-20	4	1,19	40,72	22,49
20-40	4	1,30	38,13	14,64
40-60	4	1,32	37,45	12,57
0-20	7	1,08	35,85	3,76
20-40	7	1,39	38,65	5,01
40-60	7	1,40	38,31	2,73
20-40	11	1,36	45,39	3,24
40-60	11	1,51	53,74	42,24
0-20	18	1,0082	43,53	7,61
20-40	18	1,2098	45,19	8,62
40-60	18	1,2155	43,28	8,25
0-20	6	1,13	41,80	8,92
20-40	6	1,25	44,21	4,94
40-60	6	1,35	63,40	57,55
0-20	22	1,1571	43,59	24,83
20-40	22	1,28	44,57	33,10
40-60	22	1,3221	44,29	8,76

Anexo No. 5: Resultados de análisis químico estándar de suelo y análisis foliar.

Análisis de suelo estándar

Productor	pH H₂O	pH KCl	M.O. (%)	P (ppm)	K (meq/100g)	Ca (meq/100g)	Mg (meq/100g)	Na (meq/100g)
1	6	5,4	2,6	>60	0,93	9,6	2,8	1,31
3	6	4,8	1,5	60	0,49	4,7	1	
4	5,4	4,4	1,7	60	0,45	3,8	1	0,17
5	5,8	4,7	1,0	>60	0,34	3,3	0,8	0,28
6	5,9	5,2	2,9	>60	0,7	9,4	4,1	0,67
7	7,8	7	4	>60	1,01	36,7	3,2	0,1
8	6,2	5,0	2,6	50	0,34	22,0	5,3	0,16
9	6,2	5,0	2,6	50	0,34	22,0	5,3	0,16
10	6,9	6	2,7	>60	0,73	20	4,4	0,5
11	5,7	4,9	2,6	23	0,34	6,2	2,3	0,15
12	5,5	4,6	4,3	19	0,70	11,5	3,2	0,10
13	7,7	6,8	2,9	33	0,58	28,0	2,1	0,05
14	5,6	4,4	2,7	10	0,31	10,3	3,6	0,17
15	6,0	4,9	3,2	16	0,57	18,1	3,2	0,18
16	5,7	4,7	2,4	6	0,50	11,5	3,8	0,28
17	6,0	4,8	2,4	60	0,62	8,3	2,8	0,15
18	6,2	5,5	3,5	37	0,47	18,3	4,6	0,12
19	6,8	6,0	7,0	>60	>2,00	7,0	2,3	0,34
20	6	5	5,2	47	0,92	11,6	3,7	0,13
21	7,4	6,3	2,3	>60	0,69	24,1	4,7	0,18
22	5,7	4,7	2,8	18	0,43	8,0	2,0	0,19
23	5,8	4,9	3,3	59	0,59	13,8	4,2	0,17

Análisis foliar

Productor	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Ca	Mg	Zn	Fe	Mn
	%	%	%	%	%	ppm	ppm	ppm
1	4,38	0,51	2,13	2,7	0,44	42	132	189
2	3,37	0,32	2,43	3,22	0,52	64	144	222
3	3,83	0,63	2,21	3,16	0,59	32	138	121
4	2,90	0,43	2,11	3,40	0,52	51	129	140
5	4,27	0,63	2	1,65	0,4	26	140	240
8	3,4	0,39	2	2,76	1,1			
9	4,34	0,46	1,78	3,18	1,55			
13	4,34	0,41	2,22	3,82	1,08			
15	6,85	0,67	2,35	2,06	1,01	176	52	148
16	6,29	0,53	2,28	1,93	1,17	148	29	125
17	6	0,49	2,16	2,18	1,19	155	40	137
18	3,75	0,54	2,31	2,12	1,01			
19	4,52	0,42	2,41	2,13	1,1			
22	6,32	0,85	2,3	2,21	1,09			
23	4,97	0,45	2,35	2,54	1,19			