

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**EFEECTO DE LA DISPONIBILIDAD DE AGUA
EN EL CRECIMIENTO, DESARROLLO, RENDIMIENTO Y CALIDAD
DE TOMATE PARA INDUSTRIA, cv. LOICA**

por

Mariana SCARLATO GARCÍA

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

**MONTEVIDEO
URUGUAY
2009**

Tesis aprobada por:

Director: -----
Ing. Agr. PhD. Santiago Dogliotti

Codirectora: -----
Ing. Agr. M.Sc. Lucia Puppo

Ing. Agr. Claudio García

Ing. Agr. José Ubilla

Fecha: -----

Autor: -----
Mariana Scarlato

AGRADECIMIENTOS

A los docentes Santiago Dogliotti y Lucía Puppo, por su continuo apoyo y motivación durante este proceso, y por brindarme la oportunidad de profundizar en esta temática.

A los funcionarios de horticultura del Centro Regional Sur, especialmente a Oscar Costa por su valiosa colaboración en las tareas de campo, sin la cual no hubiera sido posible llevar adelante este trabajo.

Al personal de la biblioteca de Facultad de Agronomía por su invaluable colaboración en la búsqueda del material bibliográfico.

A los docentes de horticultura CRS por abrirme las puertas, por su compañía y apoyo cotidiano.

Al Ing. Agr. Oscar Bentancourt por su colaboración en los análisis estadísticos, y a la Ing. Agr. Fernanda Zaccari por su colaboración en las evaluaciones post-cosecha. A los docentes de hidrología por su colaboración en las tareas a campo y en el laboratorio de suelos.

A la Asociación de Estudiantes de Agronomía.

Por último y no por eso menos importante, a mi familia y amigos, que me apoyaron y animaron en todo momento, como de costumbre.

3.5.2	<u>Preparación del terreno y fertilización de base</u>	41
3.5.3	<u>Trasplante</u>	41
3.5.4	<u>Manejo de malezas</u>	42
3.5.5	<u>Fertilización del cultivo</u>	42
3.5.6	<u>Manejo sanitario</u>	42
3.5.7	<u>Cosecha</u>	43
3.6.	OBSERVACIONES Y MEDICIONES REALIZADAS EN EL CULTIVO	44
3.6.1	<u>Evaluación de crecimiento y desarrollo del cultivo</u>	44
3.6.2	<u>Evaluación de resultados productivos</u>	45
3.7.	CARACTERIZACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO Y SU MANEJO.....	46
3.7.1	<u>Características del sistema de riego</u>	46
3.7.2	<u>Estimación de las necesidades de agua</u>	46
3.7.3	<u>Cuantificación de los aportes de agua y el balance hídrico del cultivo</u>	47
3.8.	OBSERVACIONES Y MEDICIONES DE AGUA EN EL SUELO	48
3.9.	ANÁLISIS ESTADÍSTICO	49
4.	<u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u>	50
4.1.	DATOS AGROCLIMÁTICOS	50
4.1.1	<u>Precipitaciones</u>	50
4.1.2	<u>Temperatura y radiación</u>	51
4.1.3	<u>Humedad relativa</u>	52
4.1.4	<u>Demanda atmosférica</u>	53
4.2.	BALANCE DE AGUA EN EL CULTIVO Y EVOLUCIÓN DEL CONTENIDO DE AGUA EN EL SUELO	53
4.2.1	<u>Estimación de la evapotranspiración del cultivo y balance de agua en el cultivo</u>	53
4.2.2	<u>Evolución del contenido de agua en el suelo</u>	56
4.3.	CRECIMIENTO Y DESARROLLO.....	60
4.3.1	<u>Crecimiento y desarrollo vegetativo</u>	60
4.3.2	<u>Desarrollo reproductivo</u>	64
4.3.3	<u>Acumulación de materia seca en los órganos aéreos</u>	69
4.3.4	<u>Partición de materia seca entre órganos aéreos</u>	71
4.4.	RESULTADOS PRODUCTIVOS.....	73
4.4.1	<u>Rendimiento total y comercial</u>	73
4.4.2	<u>Análisis de los componentes del rendimiento</u>	75
4.4.3	<u>Distribución de la cosecha</u>	77

4.4.4	<u>Eficiencia de uso del agua de riego</u>	78
4.5.	CALIDAD INDUSTRIAL DE LOS FRUTOS COMERCIALES	79
5.	<u>CONCLUSIONES</u>	81
6.	<u>RESUMEN</u>	83
7.	<u>SUMMARY</u>	84
8.	<u>BIBLIOGRAFÍA</u>	85
9.	<u>ANEXOS</u>	91

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Principales diferencias entre cultivares determinados e indeterminados	4
2. Temperatura óptima durante las diferentes etapas del cultivo de tomate.....	10
3. Condiciones ambientales que provocan alteraciones en etapas previas al cuajado	14
4. Valores orientativos de la composición del fruto maduro de tomate	17
5. Cuadro resumen de los efectos de la variación de humedad del suelo sobre el cultivo de tomate	22
6. Rendimiento comercial promedio, en kilos y número de frutos, según nivel de déficit hídrico hasta inicio de cosecha	25
7. Ciclo general del cultivo	37
8. Características iniciales de las plantas, al momento de trasplante. Datos promedios de 10 plantas tomadas al azar.....	41
9. Comparación datos históricos promedio de precipitaciones para la zona y precipitaciones ocurridas durante el período en estudio.	50
10. Temperatura media, máxima y mínima históricas promedio, y para el período de cultivo 2008-2009	51
11. Humedad relativa media histórica, y humedad relativa media, máxima y mínima para el período de cultivo 2008-2009	52
12. Demanda estimada, aportes y balance de agua en todo el ciclo del cultivo (trasplante a fin de cosecha) según tratamiento	54
13. Déficit estimado desde inicio de aplicación de tratamientos (30/10/08) a fin de cuajado (50 días post trasplante).....	55
14. Déficit estimado durante el período de crecimiento de los frutos: desde 50 días pos trasplante hasta inicio de cosecha.....	55
15. Déficit estimado durante el período de cosecha: desde inicio a fin de cosecha.....	55
16. Niveles de tensión de agua en el suelo (expresada en KPa) citados de diversos autores a los cuales se lograron los mejores resultados.	58

17. Niveles de tensión de agua en el suelo (expresada en KPa) estimados en la tesis.....	59
18. Rendimiento total, comercial y descartes por ha y por planta, por categoría según tratamiento.....	73
19. Rendimiento total, comercial, descartes y composición de descarte, en valores relativos respecto al rendimiento total, según tratamiento.....	74
20. Número de frutos por ha (en miles ha ⁻¹) y número de frutos por planta, por categoría según tratamiento.....	75
21. Peso medio de frutos comerciales según tratamiento.....	76
22. Eficiencia de uso del agua de riego estimada, en relación al rendimiento total y comercial, según tratamiento.....	78
23. Contenido de SST (°Brix) por cosecha según tratamiento.....	79
24. Materia seca en fruto (%MS) por cosecha según tratamiento.....	80

Figura No.

1. 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.....	5
2. Modelo Cualitativo de la formación del rendimiento de un cultivo anual.....	6
3. Efecto de la intensidad de luz (1000, 750, 500 y 250 luxes/pie ²) 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.....	12
4. Efecto de la concentración de azúcares reductores en el porcentaje de cuajado en tomate.....	13
5. Cambios en el metabolismo y composición durante la maduración.....	16
6. Componentes del rendimiento en el cultivo de tomate.....	18
7. Evapotranspiración diaria en pulgadas día ⁻¹ de agua y porcentaje de cobertura foliar según días luego de trasplante.....	21
8. Rendimiento comercial en función del déficit hídrico hasta inicio de cosecha.....	25

9.	Tamaño del fruto en función en función del déficit hídrico para la variedad Loica.....	25
10.	Repartición de la ET en evaporación y transpiración durante el período de crecimiento de un cultivo anual	27
11.	Factores que afectan la evapotranspiración con referencia a conceptos relacionados de ET	28
12.	Coeficiente de cultivo para tomate industria en relación a la cobertura foliar	29
13.	Curva de Kc de un cultivo anual.....	30
14.	Balace de agua en el suelo de la zona radicular	31
15.	Curvas de desorción para distintos tipos de suelos.....	32
16.	Balace de agua en la zona radicular	34
17.	Esquema del ensayo a campo	38
18.	Curva de Kc para el cultivo de tomate.....	47
19.	Precipitaciones por quincena durante el período de cultivo.....	51
20.	Heliofania diaria (hs), valores históricos medios, superiores e inferiores y valores para el año 2008-2009.	52
21.	Evapotranspiración de tanque A (mm), valores históricos medios, superiores e inferiores y valores medios año 2008-2009.....	53
22.	Déficit acumulado estimado a lo largo del ciclo según tratamiento.....	54
23.	Evolución del contenido de agua en el suelo y contenido de humedad del suelo estimado a capacidad de campo (CC), punto de marchitez permanente (PMP) y agua fácilmente asimilable (AFA) a 20, 50 y 70 cm. de profundidad.	57
24.	Evolución del índice de área foliar según tratamiento de riego.....	60
25.	Evolución del número de hojas por planta según tratamiento de riego.....	62
26.	Evolución de IAF y número de hojas en tratamiento en secano	63
27.	Evolución de IAF y número de hojas en tratamientos con riego	63
28.	Evolución del número de racimos florecidos por planta según tratamiento de riego	64
29.	Evolución del número de racimos cuajados por planta según tratamiento de riego	66

30. Evolución del número de frutos por planta según tratamiento de riego.....	66
31. Evolución del número de frutos promedio por racimo según tratamiento de riego	68
32. Peso seco acumulado de la parte aérea según tratamientos	69
33. Peso seco por órgano según tratamiento.....	70
34. Evolución de la partición de materia seca entre órganos aéreos a lo largo del ciclo del cultivo, promedio de los tres tratamientos.	72
35. Comparación de los resultados de rendimiento comercial según nivel de déficit hasta inicio de cosecha con los obtenidos por Berrueta (2008).	74
36. Diferencias de los tratamientos en los componentes del rendimiento	76
37. Distribución de la cosecha comercial según tratamiento	77
38. Rendimiento total y comercial del cultivo en función de los mm de riego aportados	78
39. Curva teórica de rendimiento en función del agua aportada.....	79

1. INTRODUCCIÓN

Desde el año 2003 se ha retomado la producción de tomate con destino a industria en el país, luego de casi una década con muy bajos niveles de producción. El Plan Tomate del Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca (MGAP) ha sido en estos últimos 6 años un instrumento importante del re-inicio de la producción. En el marco de este Plan se impulsó la adopción de determinadas tecnologías (a través de condiciones para acceder a los subsidios) que no han sido suficientemente evaluadas en términos de sus resultados económicos, físicos y ambientales. En más de una década sin investigación nacional en este rubro, el marco tecnológico y económico del sector ha cambiado radicalmente, por lo que es necesario volver a evaluar el efecto de factores básicos del manejo debido a que las tecnologías disponibles para la producción de plantas, nuevos cultivares, el control de malezas, plagas y enfermedades, así como la difusión y abaratamiento del sistema de riego por goteo, permiten expectativas de rendimiento alcanzable muy superiores a los de la década del 80.

Según Berrueta et al. (2009) la producción de tomate con destino industria ha alcanzado en las últimas cinco zafras un volumen entre 8 y 10 mil toneladas, involucrando a más de 200 productores de la zona Sur del Uruguay. El rendimiento promedio obtenido por los productores ha oscilado entre 30 y 40 toneladas por ha. Esto dista mucho del potencial estimado para la zona en base a resultados experimentales y a los rendimientos más altos obtenidos por productores, los cuales rondan las 90 toneladas por ha.

Por otra parte existe una gran variabilidad de resultados productivos entre productores en una misma zafra. Según la información obtenida por Berrueta (2008) durante la zafra 2007-2008 la variable que explicó en mayor medida estas diferencias entre productores fue el balance hídrico. Se detectó una relación lineal entre el grado de satisfacción de las demandas hídricas y el rendimiento comercial. Incrementar el conocimiento sobre la demanda total de agua de este cultivo en nuestras condiciones ambientales, permitirá ajustar mejor el manejo del riego y la eficiencia de uso del agua, factor limitante en la mayoría de los predios del Sur de Uruguay.

La generación de nuevos avances relevantes en el conocimiento, que permitan continuar el proceso de incremento del rendimiento y aumento en la eficiencia de uso de insumos en tomate industria, requiere de una estrategia de investigación basada en un enfoque integrador que privilegie el análisis cuantitativo y dinámico de las interrelaciones entre los componentes del sistema. La adaptación de un modelo de simulación puede aportar a este tipo de enfoque. Los modelos de simulación de cultivos son una herramienta que

sintetiza el conocimiento generado por distintas disciplinas aportando una visión holística, dinámica y cuantitativa del sistema cultivo. Cuando estos modelos se construyen y usan razonablemente son una poderosa herramienta de apoyo a la investigación (potenciando el aprovechamiento de la información empírica y ayudando a la planificación de futuros experimentos), a la enseñanza y a la toma de decisiones tácticas y estratégicas en producción de cultivos.

Los factores básicos que afectan el rendimiento de los cultivos en cualquier situación de producción pueden agruparse en tres grupos según el nivel de rendimiento sobre el que inciden. En primer lugar el rendimiento potencial de un cultivo está determinado por la radiación solar, el CO₂, la temperatura y las características del cultivo como fisiología, fenología y arquitectura del canopeo determinadas por el genotipo. En segundo lugar el rendimiento alcanzable del cultivos es aquel definido por la disponibilidad de agua y nutrientes (factores limitantes), afectados entre otras cosas por la calidad del suelo. Finalmente, el rendimiento real del cultivo está definido por los factores reductores del rendimiento: malezas, plagas y enfermedades. Esta estructura de clasificación de los factores que definen el rendimiento de los cultivos, ha sido seguida a lo largo de su desarrollo por los modelos de simulación de cultivos y representan situaciones de complejidad creciente para simular.

Es necesario generar información detallada de indicadores de crecimiento y desarrollo del cultivo de tomate industria bajo diferentes condiciones de manejo que sirva para adaptar, calibrar y validar un modelo de simulación para este cultivo en las condiciones del Sur de Uruguay.

En este contexto nacional para la producción de tomate industria la Facultad de Agronomía, entre otras instituciones, ha retomado las investigaciones en este cultivo. El presente trabajo se planteó como objetivo general contribuir a la generación de conocimiento acerca del cultivo de tomate para industria y las tecnologías utilizadas en su producción en el Sur del país.

En particular el objetivo de esta tesis fue estudiar el efecto de diferentes niveles de estrés hídrico en el crecimiento, desarrollo, rendimiento y calidad del tomate para industria cv. Loica con el propósito de contribuir a definir una estrategia de manejo del riego en este cultivo, que permita combinar altos rendimientos y buena eficiencia de uso del agua de riego, recurso muy escaso en muchos predios del Sur de Uruguay.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. CRECIMIENTO Y DESARROLLO DE LA PLANTA DE TOMATE

2.1.1 Introducción

El tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) es una planta dicotiledónea perteneciente a la familia de las solanáceas, de hábito perenne y porte arbustivo o rastrero (Nuez, 1995). El centro de origen del género *Lycopersicum* se encuentra en zonas de baja altitud y costeras del Perú, de clima generalmente tropical, pero con bajo nivel de precipitaciones. El tomate es capaz de crecer en un rango amplio 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, no tolera heladas ni condiciones de anegamiento del suelo (Dogliotti, 2007). Por esto, si bien la especie es potencialmente perenne en su lugar de origen, en regiones de clima templado como los de Uruguay, presentan un ciclo anual definido por la ocurrencia de heladas y bajas temperaturas durante la estación invernal (Aldabe, 2000).

Las hojas son compuestas, imparipinnadas, con 7 a 9 folíolos. La inflorescencia es un dicasio compuesto, generalmente con 4 a 12 flores (Nuez, 1995). El fruto es una baya formada por una pared carnosa (pericarpo), que dentro presenta cavidades locales rellenas de tejido placentario envolviendo las semillas. Los frutos de las especies cultivadas presentan dos o más carpelos (Atherthon y Rudich 1986, Nuez 1995). Está unido a la planta por un pedicelo, la separación del fruto en la recolección puede realizarse por la zona de abscisión o por la zona peduncular de unión al fruto. En las variedades industriales la presencia de parte del pedicelo es indeseable por lo que se prefieren cultivares que se separen fácilmente por la zona peduncular (Nuez, 1995).

El crecimiento de la planta es simpodial, es decir que una vez iniciada la fase reproductiva la yema apical luego de formar 2 a 4 hojas se diferencia en una yema floral; la yema axilar de la última hoja formada retoma el crecimiento y desarrolla un tallo secundario que crece como una prolongación del tallo primario y desplaza lateralmente la inflorescencia. Ese patrón de crecimiento se repite sucesivamente, produciendo una inflorescencia cada 2-4 hojas. A esta porción que contienen 2 a 4 hojas y un racimo se le denomina simpodio. El aspecto es el de un tallo principal, que crece de forma continua con inflorescencias internodales laterales cada 3 hojas (Nuez, 1995).

Los cultivares pueden clasificarse según su hábito de crecimiento en “indeterminado” o “determinado”, aunque estrictamente ambos tipos son determinados, dado que siempre el meristemo apical es diferenciado de vegetativo a reproductivo, y las yemas axilares son quienes retoman el crecimiento vegetativo (Atherthon y Rudich, 1986). Las principales diferencias entre cultivares de tomate con hábito de crecimiento de tipo “determinado” e “indeterminado” se plantean en el cuadro 1.

Cuadro No. 1: Principales diferencias entre cultivares determinados e indeterminados

Determinado	Indeterminado
<ul style="list-style-type: none"> - fuerte tendencia a la ramificación - 1 o 2 hojas por simpodio - floración y maduración de frutos concentrada - hábito arbustivo - no se realiza poda ni raleo - producción a campo de estación, sin conducción y con posibilidades de cosecha mecánica - tomate industria o doble propósito 	<ul style="list-style-type: none"> - ramificación débil - 3 o 4 hojas por simpodio - floración y maduración distribuida en un largo período - hábito rastrero - se podan y pueden ralearse frutos - producción a campo o invernáculo, siempre se conducen y cosechan manualmente - tomate de mesa

Fuente: Dogliotti (2007).

En la planta de tomate inicialmente se produce una fase de crecimiento y desarrollo vegetativo, posteriormente se genera de forma simultánea crecimiento y desarrollo vegetativo y reproductivo. En los cultivares indeterminados esto se mantiene indefinidamente hasta que el ambiente determina el fin del cultivo, en cambio en los determinados la competencia de los frutos aumenta de forma exponencial provocando la reducción del crecimiento vegetativo, el cual finalmente cesa debido a la fuerte competencia por los fotoasimilados (Figura No. 1).

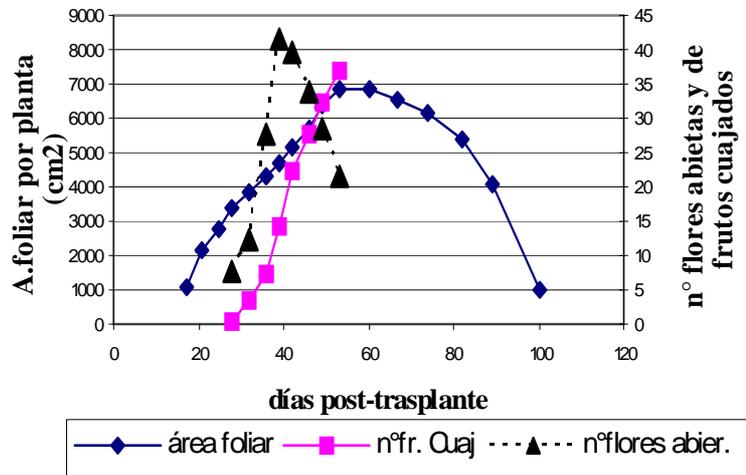


Figura No. 1: Evolución del área foliar, número de flores abiertas y número de frutos por planta en función del tiempo desde el trasplante, para la variedad Loica.

Fuente: Nuñez y Palotti (2004).

En el modelo de crecimiento de estas variedades determinadas el alcance de la máxima área foliar coincide con el momento de fin del período de cuajado de frutos. Luego de este momento el área foliar comienza a descender debido a la senescencia de hojas viejas sin generación de nuevas hojas.

2.1.2 Formación del rendimiento

Para el estudio del análisis del rendimiento y los factores que influyen en su determinación se tomó como base el Modelo Cualitativo de la formación del rendimiento de un cultivo anual elaborado por Lövenstein et al. (1993) (Figura No. 2).

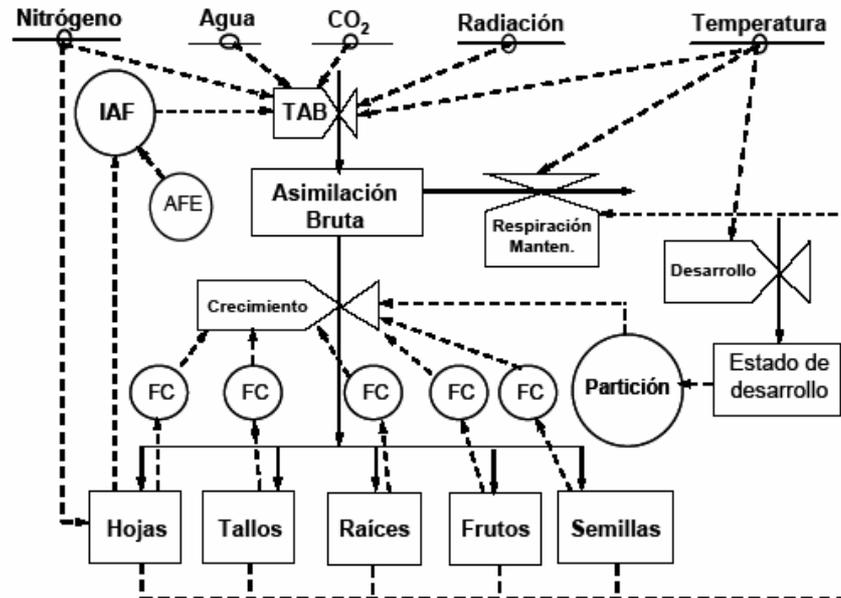


Figura No. 2: Modelo Cualitativo de la formación del rendimiento de un cultivo anual.

Fuente: adaptado de Lövenstein et al. (1993) por Dogliotti (2007).

La fijación total de CO₂ del aire en un día determinado (asimilación bruta, Kg CO₂ ha⁻¹) depende de la tasa fotosintética (TAB, Kg CO₂ ha⁻¹ 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 (IAF) y la arquitectura foliar del cultivo, y por supuesto de la cantidad de radiación incidente. La eficiencia con que se usa esa radiación depende de la temperatura, disponibilidad de agua y CO₂, así como del estado nutricional del cultivo y edad promedio del follaje. El CO₂ fijado es transformado en azúcares simples y éstos son utilizados por las plantas, en parte, para el mantenimiento de las funciones metabólicas y de las estructuras celulares. Este gasto de energía o pérdida de CO₂ se llama Respiración de Mantenimiento (RM). La cantidad de azúcares simples remanente luego de deducido el gasto por respiración de mantenimiento se denomina asimilación neta y es lo que dispone el cultivo para la producción de nuevas estructuras vegetales o para el almacenamiento de reservas, es decir para el crecimiento (Dogliotti, 2007).

Según plantea Dogliotti (2007), a partir del modelo se identifican diferentes estrategias para incrementar el rendimiento del cultivo de tomate. En primer lugar, es posible realizar medidas de manejo para incrementar la TAB,

disminuir la RM y por lo tanto aumentar la tasa de asimilación neta (TAN), es decir aumentar la cantidad de asimilados disponibles para el crecimiento de todo el cultivo. En segundo lugar es posible realizar medidas para maximizar la partición de esos asimilados hacia los frutos y de esta forma incrementar el índice de cosecha. Pero estos dos mecanismos no son completamente independientes. Si a través del manejo se incrementa la partición de asimilados a los frutos, de tal manera que los asimilados que se dirigen al crecimiento de las hojas no son suficientes para reponer el área foliar que va senesciendo, entonces se provoca una reducción de la TAB futura, pudiendo provocar en casos extremos la finalización anticipada del cultivo. El rendimiento final del cultivo está fuertemente relacionado al largo de ciclo del cultivo, de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$R = TC * LC * IC$$

Donde: R es rendimiento en Kg ha⁻¹

TC es la tasa de crecimiento del cultivo en Kg ha⁻¹ día⁻¹

LC es el largo del ciclo del cultivo en días

IC es el índice de cosecha

2.1.3 Partición de asimilados

Cuando se expresa el crecimiento de una planta o cultivo como acumulación de materia seca, la proporción del crecimiento total del cultivo que corresponde a una determinada parte (hojas, tallos, raíces, frutos, semillas, entre otros) es lo que se denomina “partición de materia seca” (Dogliotti, 2007).

La habilidad competitiva de un órgano o fosa para atraer asimilados desde las fuentes se denomina Fuerza de fosa. Es la capacidad potencial de un órgano de acumular o consumir asimilados en un determinado período de tiempo (g CH₂O pl⁻¹ día⁻¹). La fuerza de fosa de un órgano se puede cuantificar a través de la tasa de crecimiento de ese órgano cuando la disponibilidad de asimilados no es limitante, o sea a través de la tasa de crecimiento potencial (Heuvelink, 1996a).

La cantidad de asimilados disponibles por día para el crecimiento del cultivo (TAN) también se denomina fuente (Dogliotti, 2007). Un órgano fuente es aquel que es neto exportador de asimilados; en tanto que fuerza de fuente refiere a la tasa de producción de asimilados (Marcelis, 1996).

La partición de la materia seca en un cultivo es el resultado final del flujo de los asimilados desde las fuentes hacia las fosas a través de las vías de transporte (floema). La partición de materia seca entre las distintas fosas está determinada por las propias fosas y su habilidad competitiva. El mecanismo

principal que gobierna la partición de asimilados en la planta de tomate es la competencia entre fosas (Heuvelink, 1996a). El efecto de la fuerza de la fuente sobre la partición de materia seca no es directa, pero si indirectamente en el largo plazo, a través de la formación de los órganos fosa. Al reducirse la fuerza de fuente, la iniciación de órganos decrece y los abortos de otros órganos se incrementan, como consecuencia en el largo plazo el número de órganos fosa se reduce considerablemente y esto sí provoca una modificación en la partición de materia seca. La capacidad de la vía de transporte de los asimilados y la distancia entre órgano fuente y fosa tienen una incidencia muy menor en la partición de asimilados a nivel de toda la planta (Marcelis, 1996).

La relación fuente/fosa de suministro y demanda de asimilados es dinámica y compleja (Atherthon y Rudich, 1986). La forma en que la fuente se distribuye entre las fosas (partición) varía fuertemente a lo largo del ciclo fenológico, es decir depende del estado de desarrollo del cultivo (Dogliotti, 2007).

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

La tasa de crecimiento potencial de una planta en un momento dado de su ciclo de desarrollo es igual a la sumatoria de las fuerzas de fosa de cada una de las partes u órganos de la planta. La cantidad de asimilados que recibe cada una de estas partes de la planta en un momento dado va a ser proporcional al cociente entre la fuerza de fosa de cada uno y la fuerza de fosa total de la planta (Dogliotti, 2007).

Como se mencionó anteriormente la partición de asimilados varía a lo largo del ciclo del cultivo. En el período entre la emergencia y el cuajado de los primeros frutos, el crecimiento se concentra en el área foliar, los tallos y las raíces. A medida que va aumentando el número de frutos en crecimiento, la proporción del crecimiento total de la planta que corresponde a los frutos va aumentando. Después del cuajado del primer racimo, el porcentaje de partición a los frutos aumenta rápidamente, a medida que aumenta el número de frutos creciendo en la planta (Dogliotti, 2007). Debido a que la demanda de asimilados por el fruto es mayor que por ningún otro órgano en crecimiento, tanto la velocidad de exportación como el reparto de los asimilados en la planta, están afectados por la velocidad de crecimiento del fruto (Nuez, 1995).

La fuerza de fosa (FF) de los frutos en una planta, y por tanto la partición a los frutos, depende del número de frutos que está creciendo simultáneamente en la planta (Dogliotti, 2007).

$$\text{Fracción asimilados a los frutos} = \frac{\text{FF frutos}}{(\text{FF frutos} + \text{FF vegetativa})}$$

$$\text{FF frutos} = \text{N}^\circ \text{frutos} * \text{FF fruto promedio}$$

En general en condiciones donde los asimilados son limitante, las fosas más fuertes atraen una mayor proporción de asimilados que la normal, y por ende las fosas más débiles sufren más la deficiencia de asimilados (Atherthon y Rudich, 1986). Wardlaw, citado por Marcelis (1996) plantea que existe una jerarquía entre los órganos fosa, frente a una reducción en el suministro de asimilados algunos tienen prioridad y sufren menos que otro órganos. En estas condiciones de restricción de suministro de asimilados en una planta, se encontrará la situación de que un racimo en iniciación (fosa débil) puede abortar, un racimo ya florecido (fosa media) importa una menor proporción y cantidad absoluta de asimilados que lo normal, mientras que un brote con hojas nuevas (fosa fuerte) importará una mayor proporción de los asimilados (Atherthon y Rudich, 1986).

Existe también competencia entre racimos. Cuando la cantidad de asimilados es limitante, el crecimiento de los racimos fructificados puede inhibir la floración de los racimos más tardíos. En general aparecen nuevos racimos en floración cada 6-7 días, pero puede haber retrasos de hasta un mes por competencia entre asimilados (Atherthon y Rudich 1986, Nuez 1995). Según Dogliotti (2007), si ocurre un período prolongado (varias semanas) en el cual la planta mantiene una alta carga de frutos, además de provocar un período de bajo porcentaje de cuajado, también provoca una disminución del área foliar por planta al bajar la partición de asimilados hacia el crecimiento del follaje. Esta caída en el IAF del cultivo es mucho más lenta y costosa de recuperar que simplemente un par de racimos con poco cuajado.

Por último existe competencia también por asimilados entre frutos dentro de un mismo racimo: el menor crecimiento de los frutos en posición distal, puede estar dado por el crecimiento más vigoroso de los frutos en posición proximal los cuales se desarrollan antes y presentan una mayor fuerza de fosa (Atherthon y Rudich 1986, Nuez 1995).

La tasa de crecimiento potencial de cualquier órgano vegetal no es un parámetro estático, el mismo puede cambiar debido a cambios en el estado de desarrollo, o por la temperatura por ejemplo, pero no por factores tales como la intensidad de radiación o la concentración de CO₂, los cuales solamente afectan el suministro de asimilados (Marcelis, 1996).

La temperatura incide a varios niveles en la determinación del rendimiento del cultivo. Por un lado es el factor del ambiente que determina el largo del período de crecimiento del fruto; en la medida que se acorta el período de crecimiento del fruto, disminuye su tamaño potencial, simplemente porque dispone de menos tiempo para crecer. Por otra parte, la temperatura también afecta la fuerza de fosa en forma instantánea, es decir, las oscilaciones de temperatura que pueden darse en periodos cortos de tiempo (pocos días) también afectan la fuerza de fosa de los órganos vegetativos a través de modificar la velocidad de las reacciones metabólicas. Las reacciones químicas se aceleran al aumentar la temperatura (Dogliotti, 2007).

Atherthon y Rudich (1986), Nuez (1995) plantean que la respuesta a las temperaturas varía para el desarrollo de los diferentes órganos: a 30°C/24°C (día/noche) se particiona una mayor proporción de asimilados a los racimos fructificados, a los 17°C/12°C se prioriza el crecimiento de las raíces. En general el rendimiento se reduce con temperaturas del aire menores a 18°C.

2.1.4 Crecimiento y desarrollo vegetativo

Según Nuez (1995), las condiciones que favorecen el desarrollo vegetativo inicial (aumentan el número y superficie de las hojas), es lo que posteriormente permitirá a la planta sostener el crecimiento de las futuras inflorescencias y frutos. Por tanto, una reducción en la duración de la etapa vegetativa provocará una menor producción. Por el contrario, si el período vegetativo se extiende puede permitir la formación de una mayor área foliar que permitirá soportar el desarrollo de más inflorescencias y frutos (Atherthon y Rudich, 1986).

La temperatura y la radiación son los factores más importantes en determinar la productividad (Rodríguez del Rincón, 1975). Las temperaturas toman rangos de valores óptimos diferentes según la etapa del ciclo del cultivo (Cuadro No. 2).

Cuadro No. 2: Temperatura óptima durante las diferentes etapas del cultivo de tomate

Etapa	Siembra a germinación		Germinación a repique		Repique a trasplante		Después de trasplante	
	día	Noche	Día	Noche	Día	Noche	Día	Noche
Temperatura óptima (°C)	25	22-25	18-24	17-19	17-20	12-16	18-22	15-17

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

En general, la producción de hojas y de primordios foliares aumenta con la irradiación diaria y con la temperatura, siendo constante cuando las condiciones ambientales lo son (Kinet, citado por Nuez, 1995). La tasa de aparición de hojas y de racimos está controlada por la temperatura. Según De Koning, citado por Dogliotti (2007) en tomate a 20°C de temperatura media aparece una nueva hoja cada 2,6 días. Por el contrario la tasa de crecimiento del tallo aumenta frente a una reducción de la irradiación y temperaturas mayores (Atherthon y Rudich, 1986).

El crecimiento y la acumulación de materia seca en la planta aumenta con la temperatura de la raíz hasta un óptimo de 30°C, a menos que la iluminación resulte limitante y, cuando la temperatura de la raíz desciende por debajo de 15°C, el crecimiento aéreo puede disminuir drásticamente (Picken et al., citados por Nuez, 1995). Según Atherthon y Rudich (1986), las plantas que crecen en condiciones de alta temperatura de suelo desarrollan una mayor área foliar, siempre y cuando se encuentren con alta radiación. Las restricciones en el crecimiento radicular provocan la formación de hojas más oscuras con un mayor porcentaje de materia seca. Se observó que plantas creciendo a una temperatura de suelo de 15°C tuvieron hojas más chicas, gruesas y verde oscuras que aquellas que crecieron a 25°C. El área específica de hojas a 15°C se redujo un 21% respecto a las plantas que crecieron a 25°C.

2.1.5 Desarrollo reproductivo

Para concretar el rendimiento, una vez ocurrida la floración es necesario que se cumpla correctamente la polinización (producción, transferencia, germinación del grano de polen) y fertilización para lograr finalmente un adecuado cuajado y crecimiento del fruto. Estas etapas son fuertemente afectadas por las condiciones ambientales pudiendo provocar mermas importantes en los rendimientos. A continuación se detallan algunos aspectos relevantes de cada etapa.

Floración

La planta de tomate no es sensible al fotoperíodo ni requiere de vernalización para florecer, sino que la diferenciación del primer racimo está determinada por la disponibilidad de asimilados en la planta, la cual se puede representar a través de la relación fuente/fosa (Heuvelink, citado por Dogliotti, 2007). Calvert, citado por Dogliotti (2007) estudió la interacción entre la radiación incidente y la temperatura, encontrando que a mayor radiación incidente, más temprano se diferencia el primer racimo (Figura No. 3). En relación al efecto de la temperatura observó que según la cantidad de radiación

incidente la respuesta cambia: con alta radiación y temperatura la diferenciación se da antes que a baja temperatura, pero en condiciones de baja radiación incidente y alta temperatura la diferenciación se produce más tardíamente que a baja temperatura. Esto se explica por el efecto sobre la relación fuente/fosa. A mayor temperatura la tasa potencial de crecimiento es mayor, pero con radiación incidente baja, la fotosíntesis está limitada, por tanto la relación fuente/fosa es más negativa que aquella existente a baja temperatura.

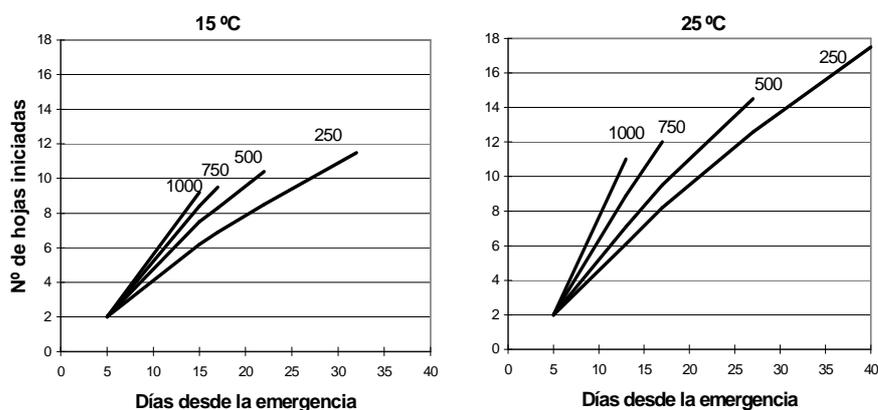


Figura No. 3: Efecto de la intensidad de luz (1000, 750, 500 y 250 luxes/pie²) y la temperatura media (15 y 25 °C) en el tiempo desde emergencia a inicio del primer racimo y en el número de hojas iniciadas antes del primer racimo en plantas de tomate.

Fuente: Calvert, citado por Dogliotti (2007).

Luego de la aparición 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 Atherthon y Rudich, 1986). La floración del tomate se ve favorecida con 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 baja, la floración se ve retrasada (Folquer, 1979).

En determinadas circunstancias la flor se separa de la planta antes de la apertura de los pétalos, lo cual se denomina aborto de flor, mientras que en otros casos se cae luego de la apertura de los pétalos, lo que se conoce como caída de flor. Es frecuente que las últimas yemas diferenciadas de una inflorescencia aborten cuando son aún muy pequeñas, y en determinados casos, puede producirse también el aborto de la primera yema floral, priorizando el crecimiento de las más grandes o de las yemas del centro de la inflorescencia. En una inflorescencia pueden observarse distintos estados del

desarrollo floral en un mismo momento, desde pequeños frutos a flores aún cerradas (Atherthon y Rudich, 1986).

Cuajado de los frutos

El porcentaje de cuajado $[(n^{\circ} \text{ de flores que cuajan}) / (n^{\circ} \text{ de flores totales} * 100)]$ es afectado por factores internos de la planta y por el ambiente. Sin embargo el factor más importante que determina el porcentaje de cuajado es la disponibilidad de asimilados en la planta, la cual puede representarse a través de la relación fuente/fosa. Se observó que al reducir la disponibilidad de asimilados (a través del aumento de la densidad de plantación) se reduce el porcentaje de cuajado significativamente (Figura No. 4). Este mecanismo de ajuste del cuajado según la relación fuente/fosa permite a la planta regular la competencia entre crecimiento vegetativo y crecimiento reproductivo, asegurando su supervivencia en el largo plazo (Dogliotti, 2007).

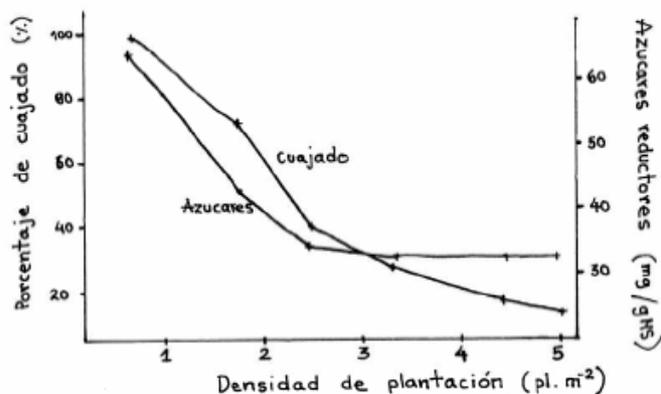


Figura No. 4: Efecto de la concentración de azúcares reductores en el porcentaje de cuajado en tomate.

Fuente: Dogliotti (2007).

En relación al ambiente, las condiciones óptimas de cuajado del tomate son alta radiación y buena disponibilidad de agua, acompañado por 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).

El cuajado es reducido por problemas ocurridos en etapas previas, durante la producción de polen, polinización y fecundación (Cuadro No. 3).

Cuadro No. 3: Condiciones ambientales que provocan alteraciones en etapas previas al cuajado

Producción de polen (desde 9 días pre antesis)	Polinización y adhesión al estigma	Germinación del grano y fecundación
Puede haber una baja producción de polen por: - bajo suministro de asimilados - altas temperaturas (más de 40°C) o bajas temperaturas (menos de 10°C).	La polinización y viabilidad del polen puede afectarse por: - temperaturas menores a 12°C o superiores a 35°C - HR% menor a 70% o mayor a 90% en los días cercanos a la antesis	La germinación es fuertemente reducida con temperaturas menores a 5°C o mayores a 37°C. El crecimiento del tubo polínico es adecuado en el rango de 10 a 35°C

Fuente: adaptado de Atherthon y Rudich (1986), Dogliotti (2007).

Crecimiento y desarrollo del fruto

El tiempo requerido desde fertilización del ovario hasta un tomate rojo maduro varía entre 7 y 9 semanas, dependiendo del cultivar, posición en el tallo y condiciones ambientales (Atherthon y Rudich 1986, Nuez 1995).

El crecimiento del fruto puede ser descrito por una curva sigmoide, en la cual se identifican tres etapas (Atherthon y Rudich 1986, Nuez 1995).

1ª etapa: de 2 a 3 semanas de duración. En este período se produce una acelerada división celular. La ganancia de peso del fruto es menor al 10% del peso final. La importación de asimilados por el ovario aumenta considerablemente durante los dos días posteriores a la polinización.

2ª etapa: de 3 a 5 semanas de duración. Durante este período se produce el agrandamiento celular. Se produce un crecimiento acelerado, alcanzando el peso y tamaño máximo de fruto. La mayor parte del peso del fruto es acumulada hasta el momento de fruto verde maduro. Hacia la mitad del período, a los 20-25 días después de la antesis, la velocidad de crecimiento es máxima.

3ª etapa: de 2 semanas de duración. El crecimiento es muy lento, prácticamente no hay ganancia de peso pero se producen intensos cambios metabólicos. El primer cambio de color se detecta 2 o 3 días luego del estado de verde maduro, y progresivamente pasa a amarillo, naranja y rojo. A los diez días desde el primer cambio de coloración se produce el cese de la importación

de carbohidratos al fruto, debido a la formación de la línea de abscisión entre el cáliz y el fruto.

El crecimiento del fruto está influenciado por factores internos de la propia planta u órgano, y por factores externos ambientales. Entre estos últimos se citan con mayor relevancia (Atherthon y Rudich, 1986):

- Radiación: Tanto el tamaño como el contenido de sólidos solubles están fuertemente relacionados con la radiación solar recibida durante su crecimiento, durante la importación de asimilados desde las hojas. Se ha constatado que en aquellos países donde existe radiación solar más elevada los frutos presentan mayor proporción de Materia Seca (%MS) y mayor contenido de sólidos solubles totales (SST).

- Temperatura: La tasa de crecimiento del fruto está directamente relacionada con la temperatura. Según Marcelis (1996), dado que el desarrollo está relacionado a la suma térmica, el período de crecimiento (en días) decrece con el incremento de las temperaturas; y la tasa de crecimiento generalmente se incrementa con la temperatura. Según Nuez (1995), la temperatura influye en la velocidad de respiración así como en la síntesis de almidón, y en consecuencia, en la velocidad de importación de asimilados. La temperatura nocturna óptima para el crecimiento del fruto se sitúa en el intervalo de 15-20 °C (Nuez, 1995).

- Agua: El tamaño de fruto se reduce en condiciones de estrés hídrico, debido mayoritariamente al acortamiento del período de crecimiento del fruto.

Entre los factores internos que afectan el crecimiento del fruto, se menciona la posición del racimo y del fruto en la planta. Según Atherthon y Rudich (1986) en la mayoría de los cultivares, el tamaño final del fruto está relacionado con su posición en el racimo, siendo mayores en posiciones proximales; siempre en estos frutos la tasa de crecimiento, de acumulación de almidón, y el contenido de SST a la madurez, es mayor que en los frutos en posición distal. Nuez (1995) agrega que el tamaño final del fruto también está correlacionado al número de semillas y al número de lóculos finales del fruto.

Tanto el tamaño como el contenido de SST de los frutos dependen de los fotoasimilados recibidos desde las hojas. Estos asimilados corresponden a asimilados recientemente generados por las hojas y a la re-movilización de reservas desde las hojas. En situaciones donde las hojas generan pocos fotoasimilados (por condiciones ambientales), frente a una alta demanda, puede también existir re-movilización de reservas desde los tallos, inclusive también desde las raíces (Atherthon y Rudich 1986, Nuez 1995).

Maduración del fruto

La conversión de un fruto verde maduro al estado de plena madurez, implica cambios significativos en el color, composición, aroma, sabor y textura (Atherthon y Rudich, 1986).

El tomate es un fruto climatérico, esto implica que la respiración desciende de forma continuada durante el crecimiento y desarrollo para llegar a un mínimo preclimatérico, poco antes del principio de la maduración. Al iniciarse la maduración, la respiración aumenta hasta alcanzar un pico máximo, llamado pico climatérico, y luego desciende progresivamente. Simultáneamente al incremento de la respiración, se produce un brusco aumento en la síntesis de etileno. El incremento en la síntesis de CO_2 y etileno es el primer indicador de inicio de la etapa de maduración (Atherthon y Rudich 1986, Nuez 1995).

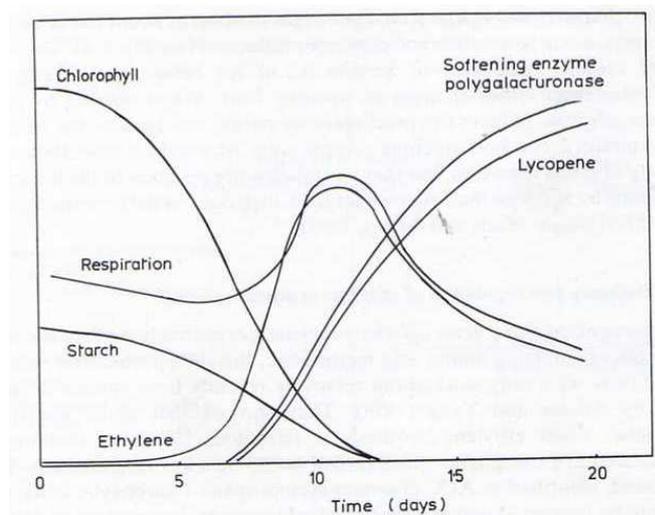


Figura No. 5: Cambios en el metabolismo y composición durante la maduración
Fuente: Atherton y Rudich (1986).

El pigmento predominante en fruto verde es la clorofila (a y b), los carotenoides solo se presentan en pequeñas proporciones, y la mitad de ellos corresponden a xantofilas en estados verdes inmaduros, luego a medida que va madurando se reduce esta proporción. El color rojo en el tomate maduro se debe a la destrucción de las clorofilas y a la acumulación de carotenoides, β -caroteno y licopeno. Los cloroplastos se transforman en cromoplastos (Atherthon y Rudich, 1986).

Durante el crecimiento de los frutos el contenido de materia seca en porcentaje desciende, y se incrementa el porcentaje de agua en los tejidos.

Previo a la fertilización del óvulo el %MS es de 17% del peso del ovario. Una vez que el fruto inicia su crecimiento, el %MS se reduce al 10% a los 10 días, y al 5-7% a los 20 días, valor que se mantiene hasta la madurez (Atherthon y Rudich 1986, Nuez 1995).

La tasa de acumulación de almidón durante la etapa de rápido crecimiento del fruto tiene gran influencia en el contenido final de sólidos solubles. La tasa de acumulación de almidón alcanza un máximo en el día 20 desde antesis, llegando a un contenido máximo de almidón en fruto en el día 25-30 post antesis. El contenido de almidón comienza a decrecer cuando el fruto alcanza su máximo tamaño, en estado de verde maduro representa el 1% de la MS, y en estado de rojo maduro el 0,03% del peso fresco. Dado que la degradación del almidón genera los azúcares reductores, existe una alta correlación entre el contenido de almidón en estado de verde maduro y los sólidos solubles totales en estado de fruto rojo maduro (Atherthon y Rudich 1986, Nuez 1995).

Cuadro No. 4: Valores orientativos de la composición del fruto maduro de tomate

componentes	Peso fresco %
Materia seca	6,50
Carbohidratos totales	4,70
Grasa	0,15
N proteico	0,40
Azúcares reductores	3,00
Sacarosa	0,10
Sólidos solubles totales	4,50
Ácido málico	0,10
Ácido cítrico	0,20
Fibra	0,50
Vitamina C	0,02
Potasio	0,25

Fuente: Nuez (1995)

El proceso de maduración está influenciado por un gran número de factores tales como genotipo, irradiancia, fertilización con K, y temperatura que afectan el color, acidez y contenido de azúcares (Atherthon y Rudich, 1986).

El contenido de sólidos solubles está inversamente relacionado con el rendimiento del cultivo, pero está directamente relacionado con la relación área foliar / número de frutos (Atherthon y Rudich 1986, Nuez 1995). Normalmente se utiliza el contenido de SST (°Brix) como un índice muy importante de calidad industrial. En la mayor parte de las variedades se sitúa entre 4,5 y 5,5 °Brix,

pero el carácter varietal influye poco sobre el contenido de sólidos solubles. Sin embargo los factores agroecológicos, especialmente la climatología durante el período de maduración y el riego (volumen total de agua, momento de corte de riego) pueden hacer variar los °Brix para frutos de una misma variedad entre 4 y 7 (Nuez, 1995).

2.1.6 Componentes del rendimiento

Muchos de los factores que inciden sobre el rendimiento del cultivo pueden ser controlados o al menos modificados mediante medidas de manejo del cultivo; pero para poder realizarlo es necesario conocer cómo se determina el rendimiento final. A continuación se presenta un esquema que describe cómo se compone el rendimiento final de un cultivo, esto permite visualizar de forma ordenada posibles estrategias de intervención para mejorar los resultados.

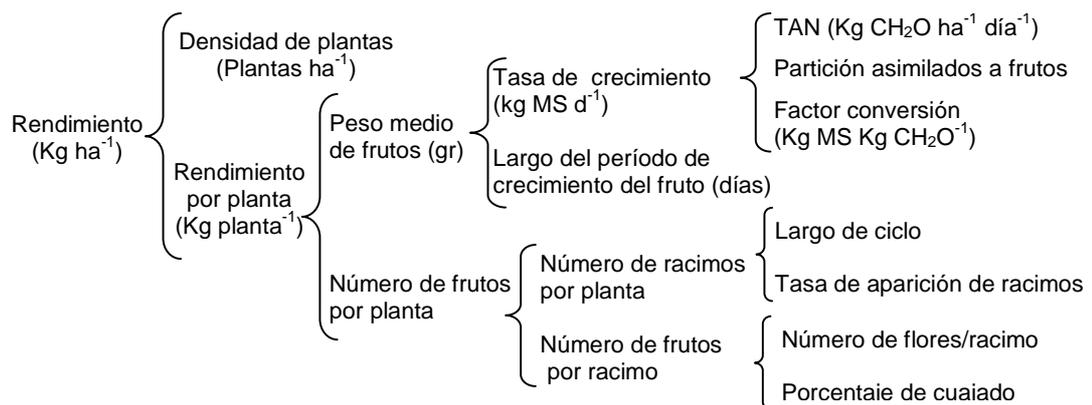


Figura No. 6: Componentes del rendimiento en el cultivo de tomate

Fuente: adaptado de Dogliotti (2007)

2.2. EL AGUA EN EL CULTIVO

2.2.1 El agua en la planta

El agua es el componente de mayor magnitud dentro del peso fresco de las plantas, constituyendo entre el 70 y 90% del peso fresco de las mismas. La importancia de tal hecho radica en que la mayor parte de esta agua se encuentra como contenido celular, siendo el medio más adecuado para muchas reacciones bioquímicas. Por otra parte cumple funciones como sustrato en otras

reacciones, es un medio excelente de disolución y transporte de nutrientes y asimilados por xilema y floema hacia hojas y raíces, respectivamente. Por otra parte el agua es la responsable de la turgencia de las plantas, permitiendo el crecimiento y la expansión celular, y manteniendo a la planta erguida. Del total de agua absorbida por la planta, la mayor parte se pierde como transpiración (Lövenstein et al., 1993).

El movimiento del agua en la planta se produce por gradiente de energía libre, expresado normalmente como diferencias de potencial hídrico, desde zonas de mayor a zonas de menor potencial, es decir desde las raíces hacia las hojas, lugar en donde se produce la mayor transpiración. A partir de esto en condiciones de sequía se genera tanto un aumento en la resistencia al flujo de agua desde el suelo hacia las raíces, como una disminución del potencial hídrico. Al aumentar el gradiente de concentración de vapor de agua desde la hoja al aire por encima de un valor límite, se produce el cierre de los estomas, lo cual aumenta la resistencia a la difusión del vapor de agua fuera de las hojas (reduce la transpiración) (Azcon y Talon, 2000). Si el cultivo no transpira, la radiación no es utilizada para generar calor latente de vaporización, lo cual permite regular la temperatura del cultivo. Por el contrario provoca un incremento de la temperatura del cultivo debido al aumento del calor sensible del aire.

El estatus hídrico de la planta depende del efecto combinado de la humedad del suelo, de la demanda atmosférica y de la planta misma. El agua disponible para la planta está afectada no solamente por la adhesión de la misma al suelo sino también por la condición del sistema radicular de la planta, su tamaño, densidad y actividad. Las pérdidas de agua de la planta aunque dependen de la humedad del aire, están más afectadas por el área foliar, actividad estomática y la capacidad de la planta de absorber agua del suelo. El estatus hídrico es dinámico. Cambios en la radiación, humedad y velocidad del viento fuerzan un cambio rápido en el estatus hídrico de la planta. Debido a esto la planta tiene rápidos mecanismos para el ajuste frente a cambios ambientales, así como mecanismos de lenta respuesta que reflejan cambios metabólicos en la actividad de la planta. Ambos mecanismos, el rápido y el lento, afectan la habilidad de la planta de tomate de crecer, desarrollarse y producir (Atherthon y Rudich, 1986).

Las fluctuaciones del potencial osmótico y de la turgencia constituyen el mecanismo que permite a la planta en condiciones de cultivo regular el proceso de transpiración desde las hojas. Sin embargo, el ajuste osmótico tiene sus límites, presenta un costo energético por la acumulación de asimilados y sales en las células. Las plantas de tomate tienen un rango moderado para el ajuste osmótico, pero este ajuste no permite una preservación completa de los

procesos fisiológicos: a pesar de mantener la turgencia siempre existe una reducción en la tasa de crecimiento de la planta (Atherthon y Rudich, 1986).

El agua realmente utilizada por un cultivo está determinada por el menor valor de la demanda o del suministro de agua. En el caso en que la oferta supera a la demanda, la apertura estomática es máxima y se alcanza el nivel potencial de transpiración del cultivo; en el caso contrario en que la oferta es menor a la demanda, la apertura estomática se reduce y la transpiración resulta menor a la potencial. En base a la relación existente entre producción y transpiración, la diferencia entre el valor real de transpiración y el valor potencial de la misma indica cuánto se aleja el rendimiento logrado del potencial. Frente a una situación de estrés hídrico, se reduce la apertura estomática y esto provoca la reducción del consumo y también de las pérdidas de agua por la planta con un mejor aprovechamiento de la misma. Sin embargo este cierre interfiere con la asimilación de CO₂, reduce la misma y como consecuencia disminuye la producción de materia seca (Lövenstein et al., 1993).

El agua tiene un rol crucial en la determinación del rendimiento del cultivo de tomate. El consumo de agua de un cultivo de tomate bajo condiciones ambientales controladas presenta una típica curva sigmoide (Figura No. 7). Presenta bajos valores al inicio del crecimiento del cultivo, luego se incrementa gradualmente hasta el comienzo de la floración, alcanzando su máximo valor durante el crecimiento de los frutos. El consumo de agua se mantiene constante hasta el inicio de la maduración de frutos. Luego, en los cultivares determinados, decrece debido al envejecimiento de las hojas y a la reducción en el crecimiento del follaje. Existe una correlación entre el máximo de actividad metabólica, máxima tasa de crecimiento en MS y el pico máximo de consumo de agua. Una reducción en el ritmo de acumulación de materia seca está asociada a un menor consumo de agua (Phill y Lambeth, citados por Atherthon y Rudich, 1986).

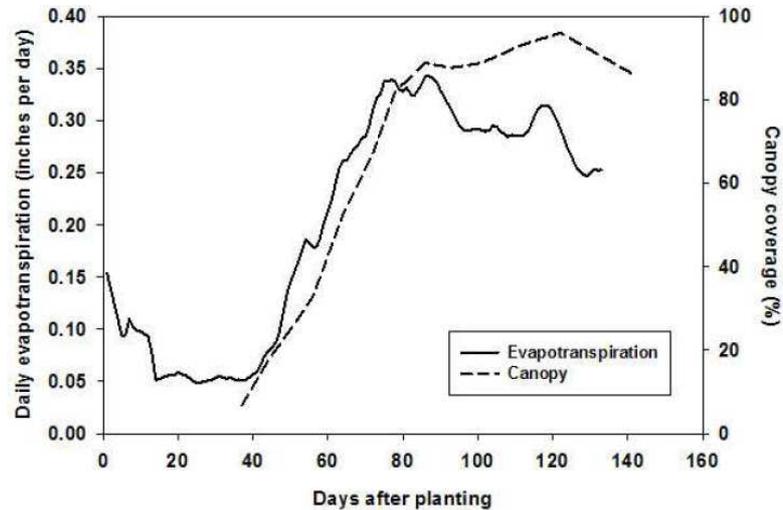


Figura No. 7: Evapotranspiración diaria en pulgadas día⁻¹ de agua y porcentaje de cobertura foliar según días luego de trasplante.

Fuente: Universidad de California, citado por Ubilla (2009).

Varios autores (Rudich et al. 1977, Aldabe 2000, Ubilla 2009) plantean que, en el cultivo de tomate para industria el período de floración, cuajado y crecimiento de fruto es el más sensible a altos niveles de tensión de humedad en el suelo. Ubilla (2009) complementa esta información señalando que el cultivo de tomate industria presenta tres etapas diferenciales en relación a las necesidades de riego. Una primera etapa desde trasplante hasta la 4^a-5^a semana (inicio floración), en la cual es necesario partir de capacidad de campo y lograr una buena implantación, pero generando cierto nivel de estrés hídrico que provoque desarrollo radicular en profundidad. Una segunda etapa desde inicio a fin de cuajado (aproximadamente desde 6^a hasta 11^a semana, se considera fin de cuajado cuando el fruto del primer racimo cuajado de la planta alcanza el estado verde maduro) donde es esencial mantener niveles de 70 a 100% de capacidad de campo. Finalmente una tercera etapa, coincidente con el período de maduración, en la cual es posible reducir el suministro de agua sin generar descensos importantes en el rendimiento.

Diversos autores coinciden en que el tomate es un cultivo muy exigente en agua para producir una abundante cosecha de calidad y que el suministro de agua debe ser cuidadoso porque tanto déficit como excesos, así como alternancias de humedad y sequía en el suelo, causan problemas (Cuadro No. 5).

Cuadro No. 5: Cuadro resumen de los efectos de la variación de humedad del suelo sobre el cultivo de tomate

Nivel de agua	Efecto sobre	
	Vegetación	Producción
Exceso: asfixia temporaria	Marchitamiento prolongado. Amarillamiento de hojas jóvenes.	Disminución del rendimiento.
Excesos ligeros	Amarilleo de hojas jóvenes.	Disminución del rendimiento.
Deficiencias temporarias	Plantas marchitas.	Frutos pequeños. Disminución del rendimiento.
Deficiencias temporarias con fuerte demanda	Plantas marchitas.	Necrosis apical en frutos. (Mayor si hay exceso de fertilización con N).
Deficiencias temporarias y suministro abundante	Plantas marchitas.	Rajaduras en los frutos: radiales y concéntricas en la zona del pedúnculo.
Deficiencias prolongadas	Crecimiento retardado, follaje verde oscuro. Caída de flores.	Frutos pequeños. Disminución del rendimiento. Necrosis apical en los frutos.

Fuente: Aldabe (2000).

2.2.2 Efectos del déficit hídrico

Los efectos del estrés hídrico varían con el momento, duración y severidad del mismo, así como con otros factores ambientales, tales como la radiación solar (Gates, citado por Nuez, 1995).

Efecto sobre el crecimiento vegetativo

De todos los procesos fisiológicos de la planta, el crecimiento es el más sensible al estrés hídrico (Bradford y Hsiao, Boyer, Acevedo et al., Hsiao et al., citados por Atherthon y Rudich, 1986). Diversos autores señalan que la reducción en el área foliar es el efecto principal y más sensible del déficit hídrico. (Hsiao, Tumer y Kramer, Hanson y Hitz, Lawlor, citados por García et al., 2004). La reducción en el número de hojas y en el área foliar (AF), implica una menor superficie fotosintética. Consecuentemente Acevedo et. al., citados por Atherthon y Rudich (1986) agregan que durante un estrés hídrico se produce una reducción en el potencial osmótico de la célula, lo cual es esencial para mantener la turgencia, y resulta en una reducción del crecimiento.

García et al. (2004) estudiaron la respuesta al déficit hídrico en el tomate var. Río Grande, a la cual se le suspendió el riego a los 41 días desde trasplante, se observó inicialmente una disminución en el número de hojas de un 20-25% respecto al testigo con riego, posteriormente esta diferencia se

incrementó. Por otra parte se constató que el déficit hídrico generó una reducción del área foliar por folíolo y una reducción del AF de la planta desde el inicio del ciclo.

El estrés hídrico limita la fotosíntesis en el tomate principalmente por el incremento de la resistencia al intercambio gaseoso a través de los estomas. Por otra parte el estrés impide la translocación de asimilados provocando que los mismos se acumulen en las hojas, lo cual puede inhibir la fotosíntesis. Muchas fuentes citan que el proceso de translocación de asimilados es más sensible al estrés que la fotosíntesis. La reducción en la translocación se atribuye a una inhibición de las fosas (Stevens y Rudich, citados por Atherthon y Rudich, 1986). La mayor fosa en la planta de tomate es el fruto en su máximo crecimiento, una reducción en su turgencia, reduce la tasa de crecimiento y la actividad de la fosa. A su vez la actividad metabólica y la tasa de crecimiento del fruto de tomate están estrechamente relacionadas con la tasa de translocación (Ho, citado por Atherthon y Rudich, 1986).

A partir de la revisión realizada podría resumirse que las plantas presentan tres mecanismos de ajuste posibles frente a situaciones de estrés hídrico. Inicialmente se reduce la expansión celular a nivel foliar favoreciendo el desarrollo radicular. En segundo lugar, si el estrés se incrementa, la planta realiza un ajuste osmótico, bombeando K hacia dentro de las células lo cual le permite mantener la turgencia a mayores niveles de presión. Finalmente si el estrés se agudiza se produce el cierre estomático, lo cual genera una reducción en la tasa de crecimiento.

Finalmente, según Dell'Amico et al. (2006), en trabajos realizados en tomate y lechuga se señala que la respuesta adaptativa a condiciones sub-óptimas (sequías y salinidad), comienza por un desarrollo mayor de la raíz antes de que las diferencias sean significativas en la parte aérea. Esto coincide con el planteo de Atherthon y Rudich (1986), quienes agregan que, debido a la pérdida de humedad de las capas superficiales del suelo, las raíces se ven forzadas a penetrar capas más profundas del suelo. Cutler et al., citados por Atherthon y Rudich (1986) agrega a lo anterior que, una exposición a estrés hídrico en etapas tempranas del desarrollo, puede reducir el impacto de situaciones de estrés tardías en el crecimiento, dado que incrementa la relación raíz/parte aérea en términos de MS acumulada, y reduce el umbral de potencial hídrico al cual se incrementa la resistencia estomática.

Efecto sobre la floración

El efecto del estrés hídrico sobre la floración es complejo de analizar, dado que depende del grado de estrés, del momento en que se produce y de las condiciones ambientales reinantes.

Existen diversas experiencias y opiniones acerca de este tema, no siempre coincidentes. Russell y Morris, Ho, citados por García et al. (2004) encontraron un retraso en la aparición de yemas florales en plantas bajo déficit hídrico con respecto al control con riego, y señalan que la floración es un proceso muy sensible a la escasez de asimilados que puede producirse bajo condiciones limitantes, pudiendo conducir al retraso o reabsorción de yemas florales. Por otro lado Nuez (1995), plantea que cuando la iluminación limita severamente el crecimiento, el estrés hídrico puede estimular el desarrollo floral. Esta afirmación coincide con la opinión de Atherthon y Rudich (1986), quienes señalan que bajo condiciones de estrés hídrico el crecimiento vegetativo es retrasado y el reproductivo es acelerado. A partir de lo anterior es claro que el efecto depende de un número importante de factores, y por tanto la única forma de entender estos efectos es mediante el análisis de la relación fuente-fosa, y cómo esto influye sobre la diferenciación de flores y su crecimiento hasta antesis.

Efecto sobre el rendimiento y la calidad de los frutos

Según los resultados experimentales de Dumas y Baselga et al., citados por Nuez (1995) se establece que el déficit hídrico ocurrido durante el período de cuajado de frutos afecta negativamente el número de frutos por unidad de superficie. En la fase de crecimiento y maduración del fruto, niveles hídricos insuficientes provocan una reducción del peso unitario y pérdidas de rendimiento, pero por otro lado, tiene un efecto positivo sobre el contenido de sólidos solubles y por ende mayor rendimiento industrial (Rodríguez del Rincón 1975, Rudich et al. 1977).

Berrueta (2008) concluye que el déficit hídrico hasta inicio de cosecha fue la variable que explicó en mayor medida las variaciones de rendimiento entre los productores del plan tomate industria en la zafra 2007-2008, constituyendo el 43% de la variación. Observó una reducción significativa en el rendimiento comercial, explicado principalmente por una reducción en el número de frutos por hectárea, cuando el déficit hídrico hasta inicio de cosecha superó los 200 mm (Cuadro No. 6 y Figura No. 8).

Cuadro No. 6: Rendimiento comercial promedio, en kilos y número de frutos, según nivel de déficit hídrico hasta inicio de cosecha

Nivel de déficit hídrico	Rendimiento comercial promedio (Kg. ha ⁻¹)	Miles de frutos por ha
Mayores a 202 mm	32418 a	889.4 a
De 121-201 mm	54351 b	1290.6 ab
Menores a 120 mm	66310 b	1408.2 b

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

Fuente: adaptado de Berrueta (2008).

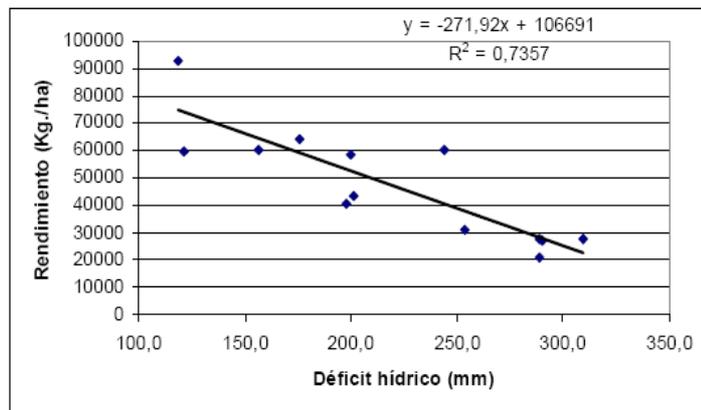


Figura No. 8: Rendimiento comercial en función del déficit hídrico hasta inicio de cosecha.

Fuente: Berrueta (2008).

Berrueta (2008) también encontró dentro de la variedad Loica una tendencia a que cuanto mayor es el déficit hídrico, menor es el peso medio de los frutos comerciales (Figura No. 9).

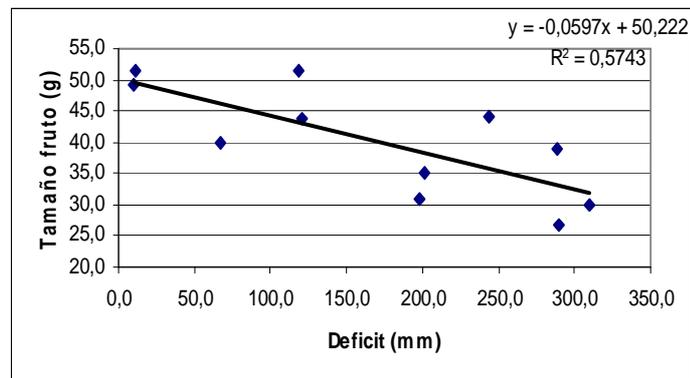


Figura No. 9: Tamaño del fruto en función del déficit hídrico para la variedad Loica.

Fuente: Berrueta (2008).

En relación a los motivos de descarte a la cosecha, Aldabe (2000) plantea que la alternancia en la disponibilidad de agua suele ser la causa principal de los problemas de podredumbre apical y rajado de los frutos.

De acuerdo a Blancard (1990), Aldabe (2000), la podredumbre o necrosis apical es una alteración fisiológica generada por falta de calcio en los órganos del fruto en activo crecimiento. El calcio es un nutriente esencial para la formación de las células, proceso que ocurre en etapas tempranas de formación, aunque su deficiencia sea visible en el fruto ya desarrollado. El calcio se traslada en la planta vía xilema hacia los órganos que transpiran, una vez que llega resulta muy poco móvil dentro de la planta. Los frutos son órganos con baja transpiración en relación al follaje, por ende generalmente tienen bajo suministro de calcio durante el día y deben abastecerse de este durante la noche. Condiciones de activo crecimiento (alta radiación, alto nitrógeno, etc.) y baja disponibilidad de agua predisponen a la aparición de esta alteración. Existen también diferentes susceptibilidades entre variedades.

Peet, citado por Pascual et al. (1998) plantea como principales factores inductores del rajado del tomate la irregularidad en el suministro hídrico, sobre todo desde un suelo muy seco a un suelo muy húmedo. Se ha observado que existe una mayor incidencia en situaciones de temperatura y radiación luminosa elevadas, humedades relativas altas, oscilaciones térmicas pronunciadas entre el día y la noche, así como la susceptibilidad varietal. Rodríguez et al., citados por Pascual et al. (1998), agregan a los factores anteriores, el riego con aguas de baja concentración salina en suelos con alta concentración de sales.

2.2.3 Estimación de los requerimientos de agua del cultivo

Los requerimientos totales de agua de un cultivo resultan de la suma de las pérdidas por transpiración del cultivo (T), la cual depende principalmente de la conductancia estomática; más las pérdidas por evaporación directa desde el suelo (E), las cuales están relacionadas al nivel de humedad del suelo particularmente de la superficie. A la suma de estos dos componentes se la conoce como la evapotranspiración (ET). Esta demanda de agua, a su vez, está determinada por la radiación incidente y por el poder desecante del ambiente (el cual comprende la humedad relativa y el viento) (Lövenstein et al., 1993).

Evaporación y transpiración ocurren simultáneamente, pero la importancia relativa de cada proceso a lo largo del ciclo del cultivo evoluciona conjuntamente con el área foliar como se refleja en la figura No. 10.

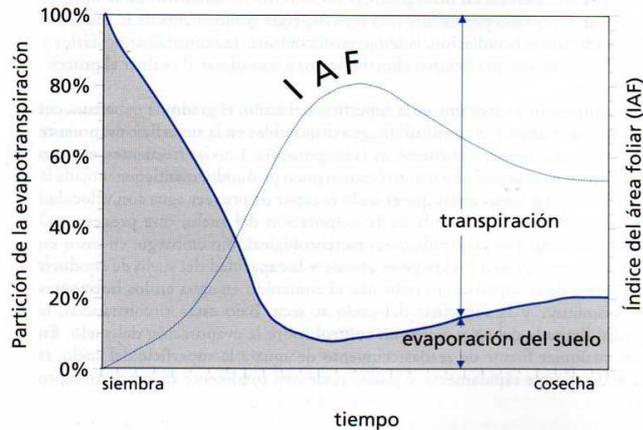


Figura No. 10: Repartición de la ET en evaporación y transpiración durante el período de crecimiento de un cultivo anual

Fuente: Allen et al. (2006).

Dentro del concepto de evapotranspiración se incluyen tres diferentes definiciones: evaporación del cultivo de referencia (E_{To}), evaporación del cultivo bajo condiciones estándar (E_{Tc}), y evaporación del cultivo bajo condiciones no estándar ($E_{Tc\ aj}$) (Allen et al., 2006). (Figura No. 11)

Donde E_{To} es un parámetro relacionado con el clima, expresa el poder evaporante de la atmósfera, dado que no considera las características del cultivo ni los factores de suelo. E_{Tc} es la ET de cualquier cultivo cuando éste se encuentra exento de enfermedades, con buena fertilización, en parcelas amplias, con óptimas condiciones de suelos y agua, y que logra alcanzar las máximas producciones de acuerdo a las condiciones climáticas reinantes. La cantidad de agua requerida para compensar la pérdida por evapotranspiración del cultivo se define como necesidad de agua de cultivos. Si bien ambos valores son iguales, conceptualmente corresponden a cosas distintas. Las necesidades de agua del cultivo se refieren a la cantidad de agua que necesita ser proporcionada al cultivo como riego o precipitación; mientras que la evapotranspiración del cultivo se refiere a la cantidad de agua perdida a través de la evapotranspiración. Finalmente $E_{Tc\ aj}$ se refiere al cultivo que crece bajo condiciones ambientales y de manejo diferentes a las estándar. En condiciones reales de cultivo la E_{Tc} puede desviarse debido a presencia de plagas y enfermedades, salinidad de suelo, baja fertilidad o limitación/exceso de agua. Esto puede reducir el crecimiento de las plantas, o lograr una menor densidad del cultivo, y así reducir la tasa de evapotranspiración por debajo de los valores calculados de E_{Tc} . La $E_{Tc\ aj}$ se calcula multiplicando la E_{Tc} por un coeficiente de corrección.

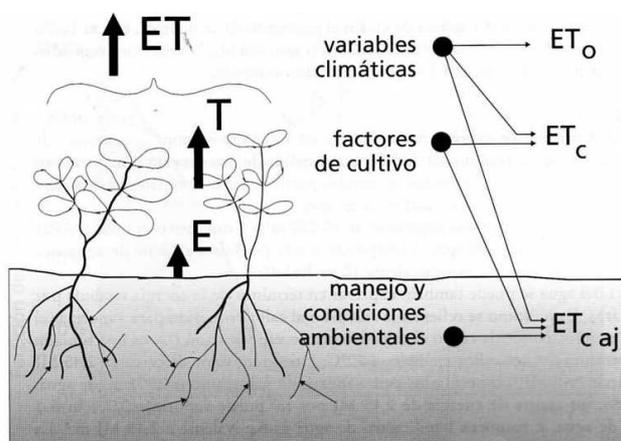


Figura No. 11: Factores que afectan la evapotranspiración con referencia a conceptos relacionados de ET

Fuente: Allen et al. (2006).

La ET_0 puede ser calculada mediante métodos directos (lisímetro o balance hídrico) o de forma indirecta con el método de FAO Penman-Monteith. Este último se recomienda como el método estándar para la definición y el cálculo de la ET_0 con parámetros climáticos (Allen et al., 2006). Para su utilización requiere datos de radiación, temperatura del aire, humedad del aire y velocidad del viento.

$$\text{Penman-Monteith, FAO: } ET_0 = \frac{0.408\Delta^*(R_n G) + \rho \frac{900}{T+273} u_2^*(e_s - e_a)}{\Delta + \rho^*(1 + 0.34 u_2)}$$

Donde:

ET_0 : evapotranspiración del cultivo de referencia (mm d^{-1})

R_n : radiación neta en la superficie del cultivo ($\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$)

G : calor sensible desde la superficie al interior del suelo ($\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$)

T : T media diaria medida a 2m de altura ($^{\circ}\text{C}$)

u_2 : vel. Viento media diaria medida a 2m de altura (ms^{-1})

e_s : presión de vapor a saturación (KPa)

e_a : presión de vapor real del aire (KPa)

$e_s - e_a$: déficit de presión de vapor (KPa)

Δ : pendiente de la curva T -presión de vapor a saturación ($\text{KPa } ^{\circ}\text{C}^{-1}$)

ρ : cte psicrométrica del aire ($\text{KPa } ^{\circ}\text{C}^{-1}$)

La relación ET_c/ET_0 que puede ser determinada para diferentes cultivos se conoce como coeficiente del cultivo (K_c), de forma que: $ET_c = ET_0 * K_c$. (Allen et al., 2006).

Dadas las variaciones en las características del cultivo a lo largo de su ciclo, el K_c del cultivo adquiere diferentes valores desde la siembra hasta la

cosecha. Durante el período de crecimiento del cultivo, la variación de coeficiente K_c expresa los cambios en la vegetación y en el grado de cobertura del suelo (Figura No. 12).

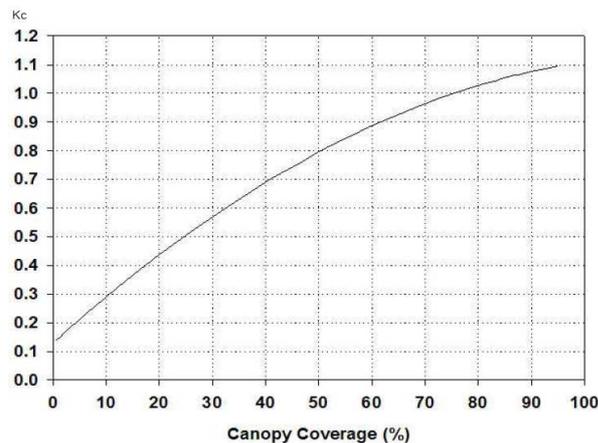


Figura No. 12: Coeficiente de cultivo para tomate industria en relación a la cobertura foliar

Fuente: Universidad de California, citado por Ubilla (2008).

La variación del K_c a lo largo del crecimiento está representada por la curva del coeficiente del cultivo (Figura No. 13). Para describir y construir esta curva se necesitan solamente tres valores de K_c : el correspondiente a la etapa inicial (K_c ini), la etapa de mediados de temporada (K_c med), y la etapa final (K_c fin). Por otra parte se requiere conocer de forma adecuada el ciclo del cultivo en las condiciones reales de estudio (Allen et al., 2006).

Las distintas etapas de desarrollo para los cultivos anuales, como el caso del tomate, se definen como:

- fase inicial: desde inicio hasta que el cultivo sombrea el 10% de la superficie del suelo.
- fase de rápido desarrollo: hasta que el cultivo sombrea el 70-80% de la superficie, donde se alcanza el máximo desarrollo de área foliar del cultivo.
- fase de mediados de período: hasta el inicio de la maduración, período en el cual la máxima área foliar se mantiene activa.
- fase final: de maduración a cosecha, donde se produce el comienzo de la senescencia del área foliar.

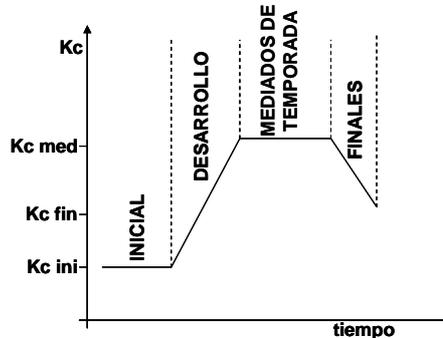


Figura No. 13: Curva de Kc de un cultivo anual

Según Allen et al. (2006) los valores de Kc del tomate requeridos para la construcción de la curva de evolución durante el ciclo del cultivo son:

etapa	Valor Kc
Kc ini	0.60
Kc med	1.15
Kc fin	0.70

A partir de estos cálculos se obtiene el volumen de agua requerido por el cultivo, mientras que el volumen neto de riego resulta de descontar al mismo el volumen de agua aportado por las lluvias. La eficiencia de aplicación inherente al método del riego y de conducción, así como el coeficiente de uniformidad, permitirá estimar las necesidades brutas de riego.

La eficiencia de aplicación indica cuánto del total del agua aportado permanece en el volumen del suelo explorado por el sistema radicular de la planta, mientras que el coeficiente de uniformidad indica la homogeneidad de riego de los goteros en un cuadro.

2.3. EL AGUA EN EL SUELO

2.3.1 Balance de agua en el suelo

El riego y las precipitaciones proporcionan agua a la zona radicular. Parte de esta agua que ingresa al sistema puede perderse por escurrimiento superficial y percolación profunda, la cual eventualmente recargará la capa freática. El agua también puede ser transportada a la superficie mediante capilaridad desde la capa freática sub-superficial hacia la zona de raíces o ser incluso transferida horizontalmente por flujo sub-superficial hacia dentro o fuera de la zona radicular. Sin embargo, excepto bajo condiciones de pendientes pronunciadas, normalmente estos valores son mínimos y pueden no ser

considerados. Por otra parte los procesos de evaporación, transpiración del cultivo y las pérdidas por percolación remueven agua de la zona radicular y aumentan el agotamiento de la humedad del suelo (Allen et al., 2006). (Figura No. 14)

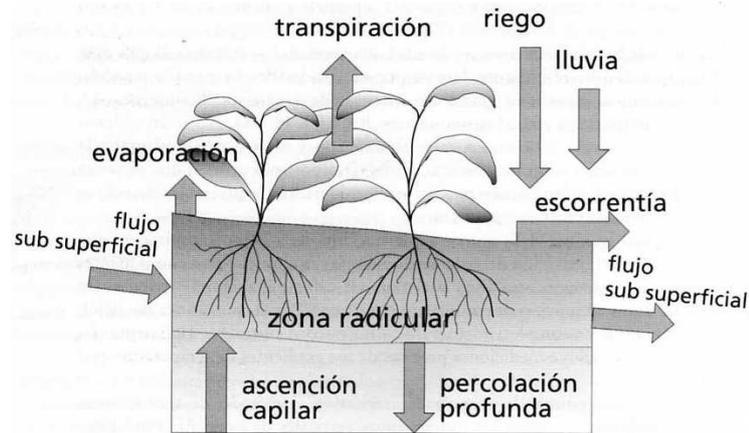


Figura No. 14: Balance de agua en el suelo de la zona radicular

Fuente: Allen et al. (2006).

El balance puede resumirse esquemáticamente en (Lövenstein et al., 1993):

$$\Delta H = P + R + C \pm F - T - E - D$$

Donde: ΔH es la variación del contenido de humedad del suelo en la zona radicular

P: precipitaciones, R: riego, C: capilaridad ascendente, F: flujo sub superficial

T: transpiración, E: evaporación, D: drenaje profundo

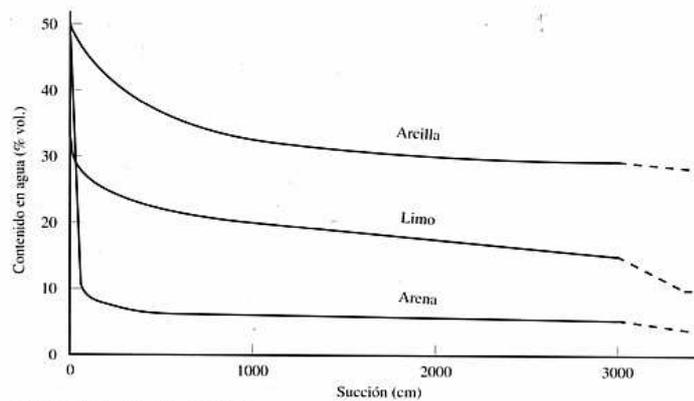
El movimiento del agua en el suelo depende fundamentalmente de su potencial matricial. La capacidad de retener agua está relacionada al potencial hídrico del suelo, depende del tamaño y la naturaleza química de las partículas sólidas, en especial de su carga eléctrica superficial y la manera en que se disponen.

2.3.2 Estimación del agua disponible en el suelo y agua fácilmente utilizable por la planta

No toda el agua presente en la zona radicular se encuentra disponible para las plantas, dado que una parte de ella está fuertemente retenida por la fase sólida del suelo y las plantas no tienen suficiente fuerza para extraerla. La magnitud de esta fracción de agua fuertemente retenida depende no solo del contenido volumétrico de humedad sino también del potencial hídrico del suelo.

Suelos más pesados con poros más pequeños retienen más agua a un mismo nivel de potencial hídrico que un suelo liviano. A partir de esta relación es posible construir una curva de retención de agua del suelo, en la cual el contenido volumétrico de humedad del suelo se expresa en función del potencial hídrico (Lövenstein et al., 1993). La curva de retención hídrica refleja la capacidad de un suelo, o cualquier otro medio poroso, para retener el agua en función de la succión (tensión o potencial matricial) ejercida (Martínez, 1995).

Si bien cada curva resulta característica y diferente para cada tipo de suelo (Martín de Santa Olalla et al., 2005) en todos los casos es fuertemente no lineal (Koorevaar et al., citados por Martínez, 1995). El suelo retiene el agua con más fuerza a medida que se vuelve más seco, debido a que las fuerzas de retención aumentan, por ende es necesario realizar una tensión mayor para continuar extrayendo el agua (Figura No. 15).



Fuente: Handreck y Black (1991).

Figura No. 15: Curvas de desorción para distintos tipos de suelos

Fuente: Hendreck y Black, citados por García (2007).

Esta relación entre tensión y retención de agua está afectada por el fenómeno de histéresis (Koorevaar et al., citados por Martínez, 1995). Normalmente, si no se señala lo contrario, las curvas son de desorción, es decir se parte de saturación del suelo y se van registrando los valores durante la fase de secado (Martín de Santa Olalla et al., 2005).

Las curvas de retención de humedad se utilizan principalmente para determinar el agua disponible aprovechable por las plantas, determinar valores de humedad característicos como capacidad de campo, punto de marchitez permanente, entre otros (Stakman, citado por Martínez, 1995).

En cada suelo es posible distinguir algunos valores característicos (Lövenstein et al., 1993):

Punto de saturación de agua: contenido de agua a 0 KPa, punto en el cual el contenido de aire es nulo y toda la porosidad está saturada con agua. En estas condiciones el crecimiento de la mayor parte de los cultivos es seriamente afectado por la reducción del proceso de respiración a nivel radicular.

Capacidad de campo: corresponde al máximo contenido de agua retenida por un suelo en condiciones de libre drenaje, luego que se perdió el agua gravitacional. La gravedad provocará el drenaje del agua retenido en la macroporosidad, permitiendo el ingreso de aire. Aproximadamente corresponde al agua retenida a una tensión entre 10 y 12,5 KPa.

Punto de marchitez permanente: si gradualmente el agua se continúa perdiendo por evaporación y transpiración, se comienza a reducir el contenido de agua en la microporosidad del suelo, provocando una reducción importante del potencial hídrico del suelo. Cuando la tensión del agua en el suelo se aproxima a 1500-1600 KPa, las raíces no pueden realizar suficiente fuerza de succión del agua, provocando la deshidratación y eventualmente el marchitamiento de la planta. Esta situación es definida como el Punto de Marchitez Permanente (PMP), y representa el límite inferior del contenido de agua disponible del suelo.

A partir de lo anterior se deduce que el agua disponible para el cultivo es la diferencia entre el contenido de agua a capacidad de campo y el punto de marchitez permanente, es decir al agua retenida a tensión entre 10 KPa y 1500 KPa respectivamente. Sin embargo antes de que el contenido de agua del suelo alcance el PMP, la extracción de agua por el cultivo ya está siendo afectada por la mayor fuerza de retención de la misma, encontrándose en una situación de estrés. (Lövenstein et al., 1993).

En relación a lo anterior, Allen et al. (2006), agregan que la fracción de agua disponible total (ADT) que un cultivo puede extraer de la zona radicular sin experimentar estrés hídrico es denominada agua fácilmente aprovechable (AFA) en el suelo:

$$\text{AFA (mm)} = p * \text{ADT (mm)}$$

Donde p corresponde a la fracción promedio del total ADT que puede ser agotada de la zona radicular antes de presentarse estrés hídrico (reducción de la ET).

El coeficiente p toma valores de 0 a 1 dependiendo del cultivo. Por otro lado está fuertemente influenciado por la textura del suelo (cuanto mas fina

mayor fuerza de retención y por tanto p se reduce) y la demanda atmosférica (en situación de alta demanda: cálido y seco, p será menor). En este sentido Allen et al. (2006) plantean que el valor p puede ser ajustado reduciendo un 5 a 10% su valor en suelos de textura más fina, y corrigiéndolo para diferentes valores de ET_c de acuerdo a la siguiente expresión:

$$P = p_{ETP=5\text{mm/d}} + 0,04 (5 - ET_c)$$

Donde p está expresado como una fracción, y ET_c en mm día^{-1} .

Según los datos de FAO (Allen et al., 2006) el valor p estimado para el cultivo de tomate en condiciones sin estrés, con un desarrollo radicular de entre 0.7-1.5 m y una ETP de 5 mm día^{-1} es de 0,40. Debido a su dependencia respecto a la demanda atmosférica cuando la ET_c es alta, p será entre un 10-25%, y el suelo continuará relativamente húmedo aun cuando comience a ocurrir situaciones de estrés. En cambio con ET_c baja, el valor p será hasta un 20% mayor.

Los conceptos desarrollados previamente se representan de forma esquemática en la Figura No 16. Se puede representar el suelo en la zona radicular como un prisma en el cual según los flujos de ganancia y pérdida de agua el contenido total de humedad fluctúa. Según las características del suelo, existirá un volumen de ADT correspondiente al agua retenida entre CC y PMP. Pero solamente una fracción del ADT, retenida hasta ciertos niveles de tensión, podrá ser utilizada por el cultivo antes de que éste comience a sufrir estrés. Este valor crítico de tensión (umbral) depende principalmente de cada cultivo presente, así como de la demanda atmosférica reinante y la textura del suelo.

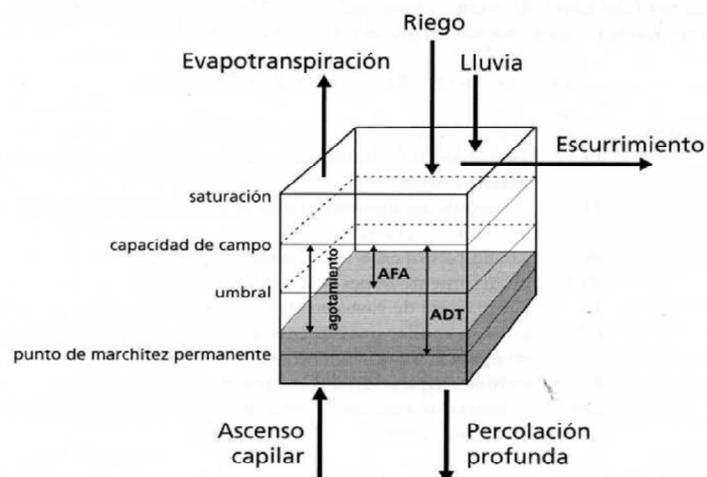


Figura No. 16: Balance de agua en la zona radicular

Fuente: Allen et al. (2006).

2.3.3 Métodos de estimación del contenido de agua y potencial de agua en el suelo

A continuación se desarrollan brevemente las bases conceptuales de las metodologías empleadas durante el ensayo.

Sonda de neutrones

La sonda de neutrones permite medir el contenido de agua en el suelo. Su funcionamiento se basa en la emisión de neutrones a alta velocidad por una fuente radioactiva, cuya energía cinética disminuye de forma importante cuando colisiona con los átomos de H presentes en el suelo (principalmente en el agua del suelo) que generan pérdidas de energía. La sonda detecta estos neutrones desacelerados, los cuales son medidos por el tubo detector y el contador de impulsos. Es decir que la lectura está relacionada directamente al contenido de agua del suelo. Este instrumento permite realizar medidas en el intervalo entre 0 y 100% de humedad (Martin de Santa Olalla et al. 2005, Brady, citado por García et al. 2008).

Existen dos aspectos fundamentales a considerar al momento de emplear la sonda de neutrones. En primer lugar, todas las medidas se apoyan en la calibración en cada suelo, es decir que si ésta no es correcta las medidas tampoco lo serán (Ramos et al., 1985); para realizarla se extraen muestras de suelo cuyo contenido de humedad se determina por el método gravimétrico (Martin de Santa Olalla et al., 2005). En segundo lugar requiere realizar las mediciones en emplazamientos representativos, especialmente en estudios de riego y evapotranspiración, en los que además de la variabilidad del suelo existe variación debida a la distribución irregular de raíces y a la falta de uniformidad en la aplicación del agua de riego (Ramos et al., 1985).

Tensiómetro

El tensiómetro permite medir el potencial de agua en el suelo. Consiste en un tubo impermeable al agua que en el extremo inferior presenta una cápsula de cerámica permeable, en la parte superior un pequeño receptáculo por donde se añade el agua y un indicador de vacío o vacuómetro donde se realizan las lecturas de presión (Martin de Santa Olalla et al., 2005).

Una vez en contacto con el suelo, permite que la solución del suelo se equilibre con el agua que contiene en su interior a través de la cápsula. La disminución del contenido de agua en el suelo provoca cierta tensión que extrae agua del tensiómetro. El indicador de vacío señala la potencia de agua en la

nueva condición de equilibrio que se alcanza. Para un correcto funcionamiento es esencial que esté ubicado en una zona representativa y que se logre un buen contacto entre cápsula y suelo (Martin de Santa Olalla et al., 2005).

La principal aplicación de este instrumento es para la programación de riegos de los cultivos con sistemas de riego de alta frecuencia. Permite un intervalo de medida de entre 0 a -85 KPa (Martin de Santa Olalla et al., 2005).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. ESTABLECIMIENTO DEL EXPERIMENTO

El presente ensayo se realizó durante los meses de setiembre 2008 a febrero 2009 en el Centro Regional Sur de la Facultad de Agronomía, ubicado en la localidad de Progreso, Canelones, Uruguay, 34° 36' latitud Sur.

El cultivar evaluado fue Loica. Es una variedad de tomate tipo industria, obtenida por el INTA (Roma por Platense), introducido en el país por la Estación Experimental del CIIAB en la década del 70. A partir del año 2003 este cultivar comenzó a re-evaluarse. Presenta ciclo determinado de medio a largo, planta de tamaño grande, con elevado vigor y porte semierecto. Floración a partir de los 30-35 días desde trasplante y cosecha extendida de 30 a 45 días a partir de los 90 días desde trasplante (González, 2006). Los frutos son tipo perita, de tamaño pequeño (80-100 g) (Aldabe, 2000).

Cuadro No. 7: Ciclo general del cultivo

Siembra de almácigo	4/09/08
Trasplante	22/10/08
Inicio de cosecha	14/01/09
Fin de cosecha	19/02/09

3.2. TRATAMIENTOS

Se evaluó una única variedad bajo 3 tratamientos diferenciales de aporte de agua. Los tratamientos de riego incluidos en el ensayo correspondieron a una proporción de la ETc del cultivo, regulando el aporte a través del tiempo de riego. Los mismos fueron:

- a. Secano
- b. Riego parcial: 70% de la ETc
- c. Riego total: 100% de la ETc

Los tratamientos se comenzaron a aplicar desde los 8 días post trasplante (30/10/2008), momento en el cual las plantas ya estaban enraizadas. Previamente se realizaron riegos manuales de forma homogénea en todas las parcelas.

3.3. DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño experimental utilizado fue de bloques completos al azar (DBCA), con cuatro repeticiones (cuatro bloques) y tres tratamientos, lo que hace un total de 12 parcelas.

$$\text{Modelo estadístico: } Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \epsilon_{ij}$$

Donde Y_{ij} son las variables aleatorias observables

ϵ_{ij} corresponde al error experimental

τ_i corresponde al efecto del tratamiento

β_j corresponde al efecto del bloque

Cada parcela correspondió a un cantero, con 108 plantas subdivididas en dos zonas: A (56 pl) y B (52 pl), destinadas a evaluar rendimiento final y realizar seguimiento durante el cultivo respectivamente. En los extremos de las parcelas y a los lados de las parcelas más externas se establecieron canteros del cultivo para evitar el efecto "borde". (Figura No. 17)

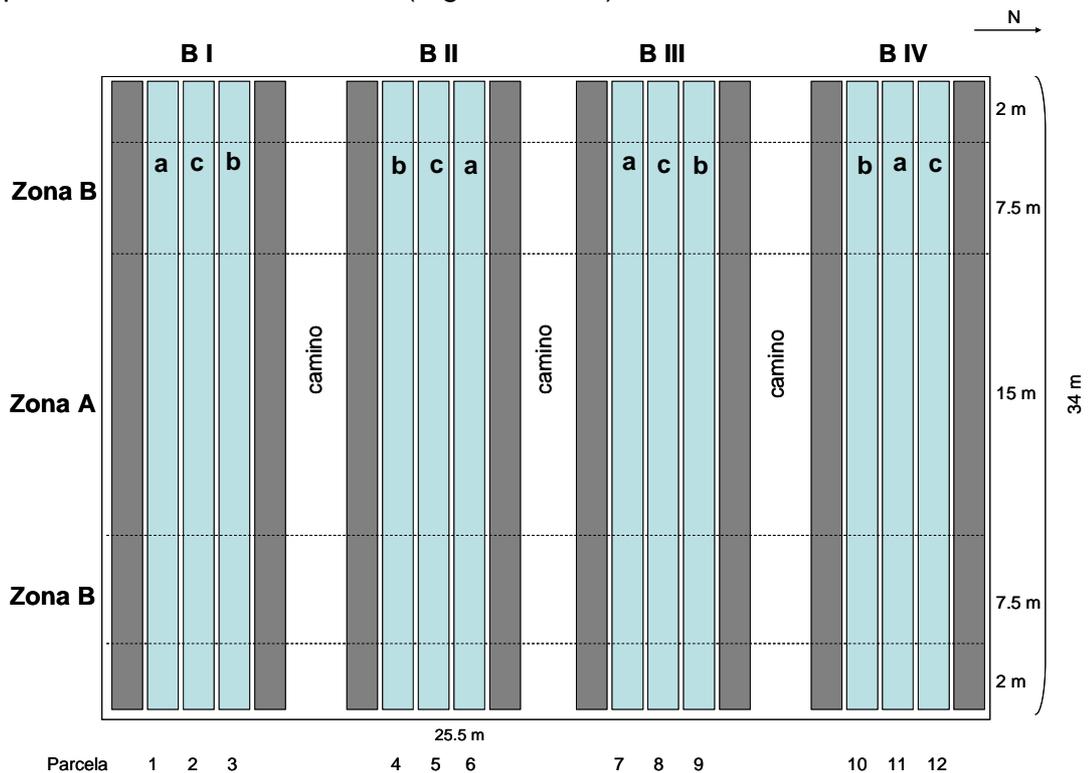


Figura No. 17: Esquema del ensayo a campo

3.4. CARACTERIZACIÓN DEL SUELO

El cuadro utilizado para el ensayo fue el A61L, de 1800 m² (36 * 50 m). En el mismo durante el verano 2006-2007 se cultivó morrón y poroto, y en el verano del 2008 se realizó sorgo forrajero como abono verde, el cual fue incorporado durante la primera semana de setiembre del 2008. Al momento del trasplante todavía se encontraban abundantes restos frescos del material.

La caracterización del suelo se realizó mediante análisis químico y textural en los primeros 20 cm de suelo; determinación de la densidad aparente y la curva de retención de agua a tres profundidades (20, 50 y 70 cm).

3.4.1 Análisis químico y textural

El 26/09/08 se realizó un muestreo de suelos (muestra compuesta por 20 sub-muestras extraídas en zigzag al azar, de 20 cm de profundidad). El análisis se realizó en el laboratorio de suelos y aguas, MGAP.

pH		%	*	**	**	**	**	%	%	%	Clase textural
H ₂ O	KCl	M.O.	P	K	Ca	Mg	Na	Arena	Limo	Arcilla	
5.7	4.8	3.3	44	0.94	11.1	4.7	0.45	24	46	30	FRANCO ARCILLOSO

* Partes por millón

** Miliequivalentes por 100 gramos de muestra

Análisis de textura: Método Bouyoucos

3.4.2 Densidad aparente

La densidad aparente se midió de forma directa a través de muestreos con aros imperturbados, realizando tres repeticiones a distintas profundidades de suelo (20, 50 y 70 cm).

profundidad	Dap promedio
20 cm	1,29
50 cm	1,45
70 cm	1,50

3.4.3 Curva de retención de agua

Se realizó la curva de retención de agua del suelo, con el fin de determinar el contenido de agua a capacidad de campo (CC), contenido de

agua en el punto de marchitez permanente (PMP), y con esto el agua disponible total (ADT). Se midió el porcentaje de humedad en volumen a los siguientes valores de tensión: 1, 6, 10, 30, 100 y 300 kPa. Los dos primeros puntos de tensión se realizaron en la mesa de tensión (Reichardt y Timm 2004, Cassaro et al. 2008), mientras que los puntos restantes se realizaron en la olla de presión (Richards, 1947). La humedad correspondiente al coeficiente de marchitez permanente se estimó con la regresión de Silva et al. (1988) a partir de la humedad correspondiente a capacidad de campo.

Se determinó la función matemática de mejor ajuste mediante el programa SWRC, versión 2.0 (Dourado-Neto et al., 2000).

La ecuación utilizada en el ajuste fue la de Van Genuchten (1980):

$$H = H_{res} + \frac{H_{sat} - H_{res}}{(1 + (\alpha \cdot T_s)^n)^m} \cdot 100$$

Donde:

H: humedad del suelo (%)

H_{sat}: humedad a saturación (cm³ cm⁻³)

H_{res}: humedad residual (cm³ cm⁻³)

T_s: tensión del agua en el suelo (cm. c.a)

El programa se corrió con las siguientes condiciones: m (m>0) independiente de n; los contenidos de humedad a saturación y humedad residual fueron estimados por el método de extrapolación de Jong Van Lier y Dourado-Neto (1993).

3.5. MANEJO GENERAL DEL CULTIVO

3.5.1 Almácigo

La semilla fue brindada por el INIA, cosecha 2008 con un porcentaje de germinación del 99%. Previo a la siembra se les realizó un tratamiento químico (inmersión por 1 min en solución de hipoclorito de sodio al 10%) y térmico (inmersión por 25 min en agua a 25°C), posteriormente se secaron sobre papel absorbente por 24 hs.

El cantero utilizado para el almácigo provenía de almácigos de cebolla, y fue solarizado durante el verano del 2008. La siembra se realizó el 4 setiembre 2008 en un cantero a campo, protegido con una malla agril (brinda cierta protección contra áfidos) y microtúnel de nylon, se colocaron dos líneas de goteros. La semilla fue colocada a una profundidad de 1-1,5 cm, con un marco

de plantación de 2*10 cm mediante la utilización de una cuadrícula. Se realizó un almácigo de 23 m de largo por 0.60 de ancho lo que permitió una adecuada selección de plantines en el trasplante (homogeneidad de tamaño, desarrollo y sanidad).

A los 11 días de la siembra se detectó un elevado porcentaje de emergencia de plántulas. Durante el período de almácigo no se realizaron fertilizaciones, se realizaron dos curas por presencia de pulgones.

3.5.2 Preparación del terreno y fertilización de base

La primer semana del mes de setiembre se incorporaron 10 m³ de abono de pollo en el cuadro, equivalente a 55,5 m³ abono ha⁻¹. No se realizó fertilización química de base.

Previo a la implantación del cultivo, entre la segunda quincena del mes de setiembre y la primera de octubre, se realizaron los laboreos mecánicos (pasada de excéntrica, cincel/rastra y encanteradora).

3.5.3 Trasplante

El trasplante se realizó el 22 octubre del 2008, a los 49 días desde la siembra. El marco de plantación utilizado fue plantas en doble fila, en tresbolillo, a 50 cm entre planta, 20 cm entre filas y 150 cm entre canteros. Dando una densidad de cultivo de 2,7 pl m⁻² (27.000 pl ha⁻¹).

Características iniciales de las plantas

Al momento del trasplante, se muestrearon al azar 10 plantas y se les realizó un análisis destructivo para caracterizar los plantines. Las mismas se detallan en el cuadro a continuación.

Cuadro No. 8: Características iniciales de las plantas, al momento de trasplante. Datos promedios de 10 plantas tomadas al azar.

Altura de planta desde el cuellos (cm)	18.30
Diámetro de tallo (mm)	4.71
Nº de hojas	5.60
Peso seco de tallo (g/pl)	0.20
Peso seco de hojas (g/pl)	0.34
Peso seco total de planta (g/pl)	0.55
Área foliar específica (cm ² hoja/g hoja)	203.77

Dado que al momento del trasplante, y previo al establecimiento de los tratamientos de riego, el suelo se encontraba extremadamente seco fue necesario realizar riegos manuales con regadera, y en forma uniforme, hasta lograr establecer las plantas. En total se realizaron 4 riegos (al trasplante, 1, 5 y 6 días post-trasplante). Junto con el riego realizado 5 días post-trasplante se realizó una fertilización con urea de forma homogénea en todos los tratamientos, a razón de 43 Kg N ha⁻¹.

3.5.4 Manejo de malezas

El control de malezas se realizó con herbicida la primer quincena del mes de noviembre, posteriormente se realizó una carpida manual en todos los bloques a inicios del mes de diciembre.

Se constató a través de observaciones a campo una mayor presencia de malezas en el bloque IV, generando una elevada competencia con el cultivo. Las malezas presentes en mayor proporción fueron verdolaga, corrihuela y gamba rusa, su incidencia fue mayor desde inicios de enero hasta el fin del ensayo.

3.5.5 Fertilización del cultivo

En los tratamientos regados se realizaron 4 re-fertilizaciones a partir del 4/12/08 con una frecuencia quincenal. En las mismas se aplicó Nitrato de K, Nitrato de Ca y Urea conjuntamente con el riego, a razón de 195, 133 y 227 kg ha⁻¹ respectivamente. En el tratamiento de secano se realizó una única aplicación el 4/12/08, a razón de 15, 17 y 12 Kg ha⁻¹ respectivamente. (Ver Anexo 1).

3.5.6 Manejo sanitario

Dadas las condiciones ambientales reinantes durante la mayor parte del ciclo del cultivo (alta temperatura, baja humedad relativa y escasas precipitaciones), los mayores problemas se refirieron a la presencia de insectos. Inicialmente se constató la presencia de pulgones y trips, de relevancia dado que son vectores de virus; para lo cual se controló con Lorsban. Posteriormente se detectaron daños de ácaro del bronceado de tomate y arañuela roja, los mismos se controlaron con aplicaciones de Danisis y Score.

Las enfermedades presentes no fueron de gran relevancia durante la mayor parte del ciclo. A mediados de enero se realizaron aplicaciones preventivas de cobre, previo y/o posterior a la ocurrencia de lluvias para proteger el cultivo de enfermedades causadas por bacterias.

Al momento de inicio de cosecha se estimó la incidencia de virus en las parcelas, a través de la cuantificación de plantas con síntomas claros visibles. Se constató que en promedio, la incidencia de virus fue el doble en las parcelas con tratamiento seco frente a las regadas, con un 22% y 11% de plantas con síntomas visible respectivamente. (Ver anexo 2)

3.5.7 Cosecha

A los efectos del ensayo se delimitaron sub-parcelas de cosecha, las mismas fueron ubicadas en la zona A del cantero, en una zona representativa del cultivo, con un número de plantas sanas mayor a 15, e intentando dejar dentro de la misma el tubo de sonda de neutrones. Para cada parcela se calculó el área, densidad final de plantas totales, densidad final de plantas sanas (evaluando incidencia de virus). (Ver anexo 2)

De esta caracterización de las parcelas surge que en promedio la densidad total de plantas no tuvo diferencias claras entre tratamientos (promedio de 26510 pl ha⁻¹), en cambio la densidad de plantas sanas resultó mayor en las parcelas regadas en comparación con las de seco, siendo de 19124, 21111, 21944 pl ha⁻¹, para seco, 70 y 100% respectivamente.

El inicio de la cosecha se realizó simultáneamente en todos los tratamientos. El criterio utilizado para determinar la fecha fue que aproximadamente 1/3 de los frutos estuviera en estado rosado a rojo maduro. El índice de cosecha fue el color de los frutos, en estado rojo y rojo maduro. La totalidad de los mismos fue cosechada, tanto frutos comerciales como descartes.

Se realizaron 5 cosechas, las cuatro primeras con una frecuencia semanal y una última 15 días posterior (los días 85, 92, 99, 106 y 121, considerando día 1 = 22/10/08).

3.6. OBSERVACIONES Y MEDICIONES REALIZADAS EN EL CULTIVO

3.6.1 Evaluación de crecimiento y desarrollo del cultivo

Durante el ciclo del cultivo se realizaron evaluaciones, mediante seguimiento no destructivo y muestreos destructivos, con las plantas ubicadas en la zona B de las parcelas.

Evaluaciones a través de métodos no destructivos

En cada parcela se marcaron 2 plantas al azar, en las cuales se realizó el seguimiento del desarrollo vegetativo y reproductivo con una frecuencia semanal. Este seguimiento se inició una semana post-trasplante (28/10/08) hasta el 29/12/08, momento en el cual aproximadamente se alcanzaría el máximo número de racimos cuajados. Las variables monitoreadas fueron:

- número de racimos florecidos por planta (aquel que presentaba al menos 1 flor abierta al momento de la evaluación).
- número de racimos cuajados por planta (aquel que presentaba al menos 1 frutito visible al momento de la evaluación).
- número de frutos por racimo

A partir de estos datos se determinó los días de trasplante a plena floración, días de trasplante a fin de cuajado, y días desde trasplante a inicio y fin de cosecha.

Previo al inicio de cosecha (14/1/09) se realizó el conteo final de racimos y frutos en las plantas de seguimiento, de forma de detectar posibles variaciones respecto al último día de seguimiento.

Evaluaciones a través de métodos destructivos

Se realizaron muestreos destructivos de 2 plantas por parcela cada 4 semanas desde el trasplante hasta fin del cultivo (los días 1, 28, 56, 84 y 112, considerando 22/10/08=día 1) con el fin de determinar:

- número de hojas por planta
- número de racimos florecidos por planta
- número de racimos cuajados por planta
- número de frutos por racimo
- área foliar por planta
- peso seco de frutos, hojas y tallos por planta

Para la determinación del área foliar se extrajo una hoja de edad media y en buen estado de cada planta. Se midió su área y su peso seco, a partir de estos datos se calculó el área foliar específica (AFE, $\text{cm}^2 \text{ hoja gr hoja}^{-1}$), y con

ésta el área foliar por planta (AF, cm^2 hoja planta⁻¹) y el índice de área foliar del cultivo (IAF, cm^2 hoja cm^{-2} suelo).

Para la determinación del peso seco todos los órganos de la planta fueron secados de forma independiente en una estufa a 60°C. Las hojas y tallos se secaron durante 48 hs y los frutos durante 96 hs. Cabe aclarar que el peso de tallo incluye el peso de peciolo de hojas, racimos florecidos y pedicelos de frutos.

3.6.2 Evaluación de resultados productivos

Evaluaciones a la cosecha

Al momento de la cosecha se realizaron evaluaciones en las sub-parcelas delimitadas a tales efectos ubicadas en la zona A de los canteros. En cada fecha de cosecha se evaluó:

- número de frutos comerciales por parcela
- número de frutos de descarte por parcela, clasificándolos en 3 grupos: podredumbre apical, rajados, otros descartes (registrando las causas principales en estos).
- peso total de frutos comerciales por parcela
- peso total de descarte por parcela, y peso según categoría de descarte

A partir de estos datos fue posible estimar los rendimientos en Kg ha^{-1} y N° frutos ha^{-1} según cada categoría, y el peso medio de fruto comercial. Por otra parte se determinó la distribución de la cosecha a lo largo de las cinco cosechas.

Evaluaciones post-cosecha

Luego de cada cosecha se realizaron evaluaciones de algunos parámetros de calidad interna del fruto de importancia a nivel industrial:

- sólidos solubles totales (°Brix)
- porcentaje de materia seca de los frutos

Para la medición de SST se utilizó un refractómetro manual, se midieron gotas de jugo de 5 frutos sanos comerciales y en estado maduro por parcela. Estos mismos frutos luego se secaron en estufa a 60°C por 96 hs para obtener el contenido de materia seca.

3.7. CARACTERIZACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO Y SU MANEJO

3.7.1 Características del sistema de riego

El sistema de riego utilizado fue localizado de alta frecuencia (goteo). Se instaló una línea de goteros al centro del cantero (entre las dos hileras de plantas) con goteros distanciados cada 30cm. Las características técnicas del gotero fueron: caudal nominal 2 litros por hora, presión nominal 1 bar.

El equipo se evaluó mediante la realización del coeficiente de uniformidad, a partir del cual pudo establecerse el caudal real de los goteros y su coeficiente de uniformidad. Las mediciones se realizaron en cuatro canteros, en cada uno de los cuales se midió el caudal en cuatro goteros distribuidos uno a cada extremo del cantero y dos a 1/3 y 2/3 de distancia.

A partir de lo anterior se constató que el caudal unitario promedio fue de 0.95 lt/h y el coeficiente de uniformidad medido en el ensayo fue del 90%. Durante el ensayo el sistema permaneció funcionando a una presión baja, lo cual determinó que se redujera el caudal de los goteros.

Los dos tratamientos con riego, 70% ETc y 100% ETc, se efectuaron mediante la variación de los tiempos de riego. El criterio de definición de los tiempos de riego se realizó en base a la estimación teórica de los requerimientos del cultivo (ver sección 3.7.2.). Como apoyo para el monitoreo diario del contenido de agua del suelo se contó con 2 tensiómetros. Uno de ellos a 20 cm de profundidad, donde la concentración de raíces era mayor; y el otro ubicado por debajo de las raíces, a los 50 cm.

3.7.2 Estimación de las necesidades de agua

Para la estimación de la demanda hídrica del cultivo se utilizaron los datos de evapotranspiración diarios del cultivo de referencia (ETo), estimada por el método de Penman-Monteith modificado por FAO (ver sección 2.2.3). Los datos climáticos se obtuvieron a partir de la estación agrometeorológica del CRS y se utilizaron los coeficientes de cultivos (Kc) establecidos por FAO para tomate a campo con 60 cm de altura máxima (Allen et al., 2006).

Según lo establecido por FAO se dividió el período de crecimiento del cultivo en cuatro etapas generales que describen la fenología/desarrollo del cultivo, definiendo teóricamente el inicio, fin y duración de cada una. Se asignaron los valores de Kc para cada período (Figura No. 18).

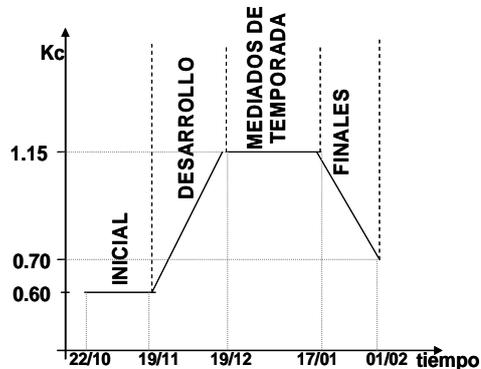


Figura No. 18: Curva de Kc para el cultivo de tomate

A partir de este gráfico se calcularon los Kc diarios mediante la interpolación de los valores tabulados. Con los Kc diarios y los valores de ETo se calculó la ETc diaria, a partir de la cual se estimó la dosis neta de riego.

$$ETc \text{ (mm día}^{-1}\text{)} = ETo \text{ (mm día}^{-1}\text{)} * Kc$$

Corrigiendo la dosis neta por la eficiencia global del sistema de 0.81 (considerando el coeficiente de uniformidad: 0.9, y la eficiencia de aplicación: 0.9) se obtuvo la dosis bruta de riego ($L m^{-1}$ de cantero) y el tiempo de riego diario.

$$\text{Dosis Bruta (mm día}^{-1}\text{)} = ETc \text{ (mm día}^{-1}\text{)} / (\text{Eficiencia} * \text{Coef. Uniformidad})$$

3.7.3 Cuantificación de los aportes de agua y el balance hídrico del cultivo

Para cuantificar los volúmenes de agua realmente aportados a cada tratamiento se contempló el riego y las precipitaciones. Los datos de precipitación se obtuvieron de la estación meteorológica del CRS. A partir del registro de la frecuencia y duración de los riegos en las planillas de campo, y con las características del sistema de riego, se cuantificó el volumen de agua aportada por el riego.

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

A partir de los aportes de agua al cultivo y la estimación de las demandas hídricas se estimó el balance hídrico:

$$\text{Contenido de agua en el suelo (mm)} = \text{entradas (mm)} - \text{salidas (mm)}$$

Para el balance se consideraron las entradas y salidas más significativas. Los aportes totales consideraron el riego (mm) y las precipitaciones (mm); y como salida se consideró la evapotranspiración del cultivo (mm).

A partir de lo anterior si las entradas son mayores a las salidas, se cubren las demandas del cultivo y aumenta el contenido de humedad del suelo hasta cierto límite, a partir del cual aumentan las pérdidas por percolación. Por el contrario, si las entradas son menores a las salidas, no se cubren las demandas del cultivo y desciende el contenido de humedad del suelo, hasta cierto punto a partir del cual la fuerza de retención es muy fuerte. En este caso la magnitud de la variación en el contenido de agua del suelo estará directamente relacionada a la magnitud del déficit al cual es expuesto el cultivo.

Los aportes de agua (lluvia y riegos) y la ETc se calcularon para el total del ciclo del cultivo y para tres etapas del ciclo con el fin de analizar más detalladamente cada una de ellas. El año del ensayo la curva de crecimiento y desarrollo del cultivo no fue la normal: existió crecimiento vegetativo y reproductivo paralelamente hasta el fin de ciclo, lo cual impidió definir claramente cada etapa. Por tal motivo se optó por establecer las mismas en base a los resultados de Nuñez y Palotti (2004) como se detalla a continuación:

- Durante crecimiento de follaje, floración y cuajado: trasplante hasta 50 días post trasplante.
- Durante período de crecimiento de los frutos: desde 50 días pos trasplante hasta inicio de cosecha
- Durante período de cosecha: inicio a fin de cosecha

3.8. OBSERVACIONES Y MEDICIONES DE AGUA EN EL SUELO

Para monitorear la evolución de contenido de agua en el suelo se utilizó una sonda de neutrones. Para esto se instaló en cada subparcela (zona A), en el centro del cantero, alejado 15 cm de la tubería porta gotero y equidistante entre dos plantas, el tubo de acceso de la sonda de neutrones. Se tomaron medidas con una frecuencia semanal durante todo el ciclo del cultivo, a tres profundidades: 20, 50 y 70 cm de profundidad.

La calibración de la sonda se realizó para las tres profundidades de medición establecidas. Para esto se tomaron 16 muestras de suelo a cada profundidad establecida, en diferentes momentos, logrando así muestras con diferente nivel de contenido de humedad en el suelo. El contenido volumétrico de humedad se estimó para cada punto a partir del contenido gravimétrico de humedad y de la densidad aparente media a cada profundidad correspondiente.

Contenido volumétrico = Contenido gravimétrico * Dap

A partir de estos resultados se graficaron los pares de datos: contenido volumétrico - ratio (medida sonda/estándar sonda), y se ajustó una recta de calibración para cada profundidad. La recta de calibración permite tener las medidas de la sonda traducidas en contenido volumétrico (mm^{-1}).

Vinculando los datos obtenidos de las mediciones de la sonda en contenido volumétrico con la curva de retención de agua del suelo, fue posible determinar la tensión a la cual se encontraba el agua en el suelo a lo largo del ciclo, así como estimar el contenido de agua a CC, el PMP y el ADT.

3.9. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Todas las variables fueron analizadas mediante Análisis de Varianza (ANAVA) con prueba de comparación de medias de Tukey con un 95% de confianza ($\alpha=0.05$).

Las variables en porcentaje (como son: distribución de la cosecha en el tiempo, partición de MS y composición de la cosecha según categoría) previo a realizar el análisis de varianza, los datos fueron transformados con la fórmula de transformación angular: $\text{ArcSen}\sqrt{(p+0.01)}$, siendo p un valor entre 0 y 1 correspondiente a la variable en estudio. En la presentación de los resultados de estas variables se expresa las medias comunes (% real), y las diferencias significativas (diferentes letras) obtenidas con el análisis de los datos transformados y comparación de medias mediante Tukey ($\alpha=0.05$).

Para la realización de los análisis estadísticos de los resultados se utilizó el programa Info-STAT.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. DATOS AGROCLIMÁTICOS

4.1.1 Precipitaciones

Las precipitaciones ocurridas durante el año 2008 resultaron inferiores a la media histórica anual para la zona. Las escasas precipitaciones durante el 2008 provocaron que los suelos acumularan poca agua durante otoño e invierno, la cual se perdió en gran parte durante el laboreo en los meses de agosto y setiembre. Por lo tanto, el ensayo se comenzó sobre un suelo muy por debajo de capacidad de campo. Por otra parte, si se considera el período en el cual se desarrolló el ensayo a campo (octubre a febrero), las precipitaciones fueron 143 mm inferiores a los valores históricos promedio. Se produjeron lluvias importantes sobre el final del ciclo del cultivo (fin de enero y febrero).

Cuadro No. 9: Comparación datos históricos promedio de precipitaciones para la zona y precipitaciones ocurridas durante el período en estudio.

mes	datos históricos ¹	2008-2009 ²	Pp ocurridas-Pp histórica
	mm	mm	mm
enero	86,2	62,7	-23,5
febrero	93,9	102,9	9,0
marzo	85,6	71,2	-14,4
abril	85,9	32,0	-53,9
mayo	73,7	128,4	54,7
junio	65,9	66,3	0,4
julio	72,1	64,3	-7,8
agosto	72,1	70,3	-1,8
setiembre	83	20,9	-62,1
octubre	95,7	29,3	-66,4
noviembre	90,8	16,9	-73,9
diciembre	70,8	29,6	-41,2
enero	86,2	60,6	-25,6
febrero	93,9	158,4	64,5

¹Datos Estación Experimental INIA Las Brujas, serie histórica 1971-2000.

²Datos Centro Regional Sur, Facultad de Agronomía

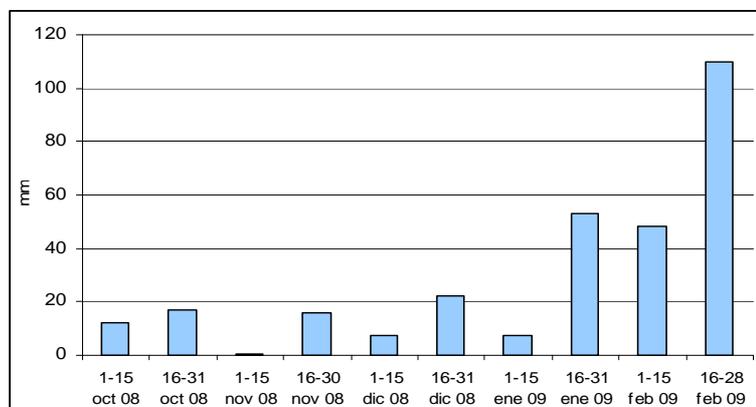


Figura No. 19: Precipitaciones por quincena durante el período de cultivo. (Trasplante: 22 oct 2008, fin cosecha: 19 feb 2009).

4.1.2 Temperatura y radiación

Si bien durante la temporada 2008-2009 las temperaturas tendieron a ser mayores a las medias históricas, igualmente estuvieron en el rango de temperaturas apropiadas para la producción de tomate. Las temperaturas máximas fueron 1-2 °C superiores a las históricas (particularmente noviembre), lo cual pudo haber afectado negativamente el crecimiento del cultivo y acelerado el desarrollo.

Cuadro No. 10: Temperatura media, máxima y mínima históricas promedio, y para el período de cultivo 2008-2009

mes	Temperaturas históricas promedio (°C) ¹			Temperaturas 2008-2009 (°C) ²		
	T media	T max	T min	T media	T max	T min
octubre	15,9	21,1	10,7	15,9	22,1	9,8
noviembre	18,4	23,8	12,8	21,8	29,2	15,1
diciembre	21,3	27,1	15,3	21,9	28,8	15,3
enero	23,0	28,9	17,0	23,2	30,0	16,8
febrero	22,1	27,8	16,8	22,3	28,6	16,8

¹Datos Estación Experimental INIA Las Brujas, serie histórica 1971-2000.

²Datos Centro Regional Sur, Facultad de Agronomía

La radiación incidente durante el período del ensayo fue elevada, situándose durante gran parte del mismo entre los valores promedio y máximo históricos para la zona.

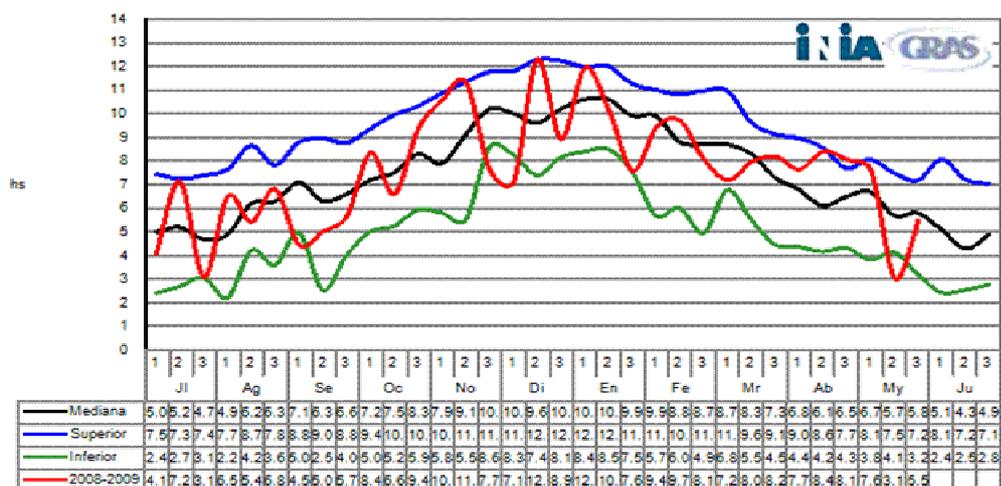


Figura No. 20: Heliofania diaria (hs), valores históricos medios, superiores e inferiores y valores para el año 2008-2009.

Fuente: INIA (s.f).

4.1.3 Humedad relativa

Los niveles de humedad relativa del aire fueron menores a los valores medios históricos. Según la bibliografía, con niveles de humedad relativa del aire por debajo del 70% pueden existir problemas en el período de floración y cuajado, situándose el valor óptimo en el entorno del 80%. En este sentido los bajos niveles de HR durante este período pudieron provocar problemas de cuajado, más aún, si a esta situación se suma el estrés hídrico generado.

Cuadro No. 11: Humedad relativa media histórica, y humedad relativa media, máxima y mínima para el período de cultivo 2008-2009

mes	HR media histórica (%) ¹	HR 2008-2009 (%) ²		
		HR media	HR max.	HR min.
octubre	75	73	94	45
noviembre	72	61	88	34
diciembre	69	63	89	35
enero	70	60	84	35
febrero	74	71	94	43

¹Datos Estación Experimental INIA Las Brujas, serie histórica 1971-2000.

²Datos Centro Regional Sur, Facultad de Agronomía

4.1.4 Demanda atmosférica

Los meses de octubre 2008 a febrero 2009 se caracterizaron por tener una baja humedad relativa, alta radiación incidente y temperaturas medias mayores a las históricas. Esto generó que la demanda atmosférica fuera también mayor a la media histórica. Principalmente desde los meses de noviembre hasta principios de enero, los valores de evaporación de tanque A se ubicaron por encima de la media histórica, cercana a los valores máximos históricos e incluso superándolos.

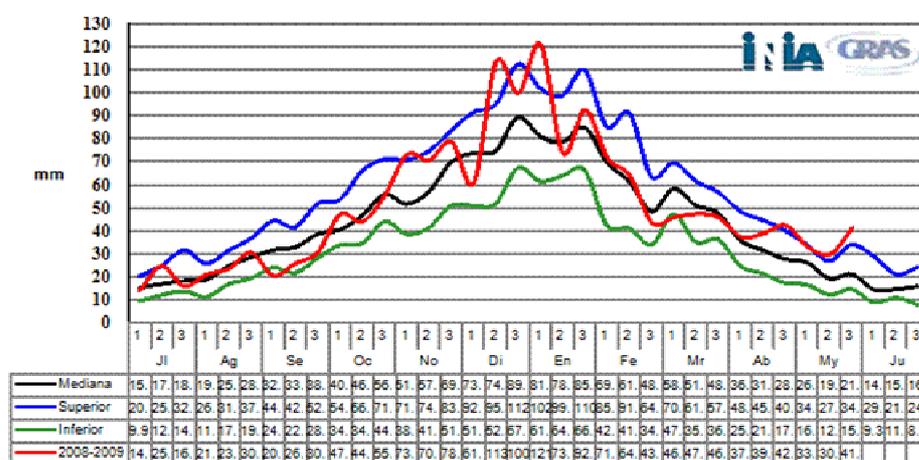


Figura No. 21: Evapotranspiración de tanque A (mm), valores históricos medios, superiores e inferiores y valores medios año 2008-2009.

Fuente: INIA (s.f.).

4.2. BALANCE DE AGUA EN EL CULTIVO Y EVOLUCIÓN DEL CONTENIDO DE AGUA EN EL SUELO

4.2.1 Estimación de la evapotranspiración del cultivo y balance de agua en el cultivo

La evapotranspiración del cultivo (ET_c) estimada para todo el ciclo fue de 578mm, que corregido por la eficiencia de aplicación estimada y el coeficiente de uniformidad (0,81), determinó una demanda bruta estimada de 714 mm para todo el ciclo. (Ver anexo 3)

Si bien los tratamientos planteados inicialmente fueron secano, 70% ET_c y 100% ET_c; a consecuencia de que la presión operativa del sistema de riego quedó regulada por debajo de la requerida para que el gotero aplicara el caudal

nominal, no se llegó a satisfacer los aportes predefinidos en los dos tratamientos con riego. Se constató que el tratamiento de riego parcial cubrió el 54% de la ETc y el tratamiento de riego total el 69%. El tratamiento en seco no contó únicamente con el aporte de las lluvias, el cual representó el 24% de la ETc (cuadro No. 12, ver anexo 4).

Cuadro No. 12: Demanda estimada, aportes y balance de agua en todo el ciclo del cultivo (trasplante a fin de cosecha) según tratamiento

Tratamiento	Demanda bruta estimada (mm)	Aportes (mm)		Balance	
		Lluvias	Riego	Déficit (mm)	% Cubierto
Secano	714	169	0	545	24
Parcial	714	169	220	325	54
Total	714	169	325	220	69

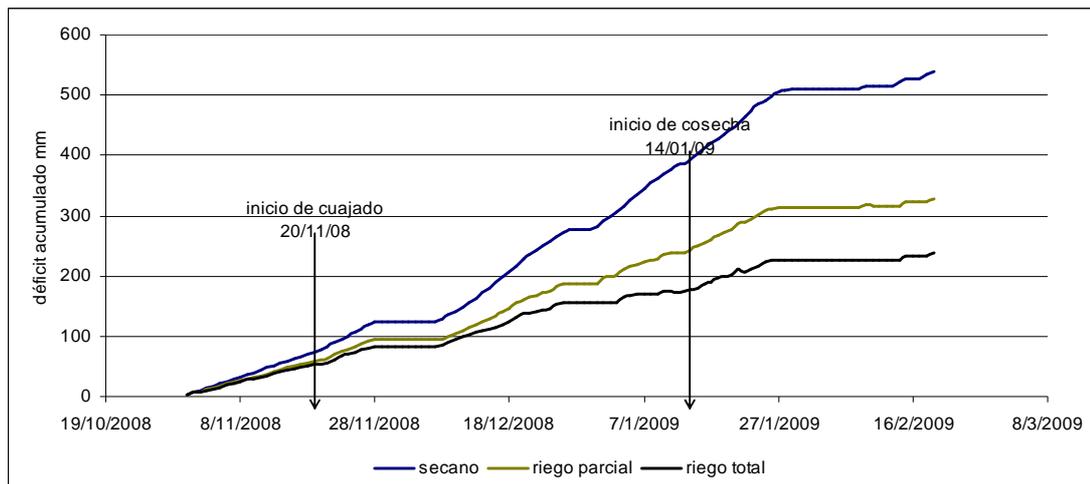


Figura No. 22: Déficit acumulado estimado a lo largo del ciclo según tratamiento

A lo largo de todo el ciclo del cultivo se mantuvieron niveles elevados de déficit hídrico. Si se analiza la evolución del déficit acumulado estimado por la ecuación de Penman-Monteith, FAO y los Kc de FAO, éste tuvo un incremento prácticamente lineal en los tres tratamientos hasta fines de enero, donde se produjeron lluvias importantes que provocaron una reducción parcial del déficit (Figura No. 22).

Dado que no todas las etapas del ciclo del cultivo presentan igual susceptibilidad al déficit hídrico, resulta interesante analizar el déficit parcial estimado para cada etapa del cultivo. El año del ensayo la curva de crecimiento y desarrollo del cultivo no fue la normal (ver capítulo 4.3), existiendo crecimiento vegetativo y reproductivo paralelamente hasta el final de ciclo. Por este motivo,

para definir estos períodos se utilizó la duración de cada etapa observada en el trabajo de Nuñez y Palotti (2004) para la variedad Loica.

Cuadro No. 13: Déficit estimado desde inicio de aplicación de tratamientos (30/10/08) a fin de cuajado (50 días post trasplante)

Tratamiento	Demanda bruta estimada (mm)	aporte total (mm)	Déficit (mm)	%Cubierto
secano	189	24	165	13
parcial	189	65	124	34
total	189	82	107	43

Cuadro No. 14: Déficit estimado durante el período de crecimiento de los frutos: desde 50 días pos trasplante hasta inicio de cosecha

Tratamiento	Demanda bruta estimada (mm)	aporte total (mm)	Déficit (mm)	%Cubierto
secano	282	29	253	10
parcial	282	154	128	55
total	282	212	70	75

Cuadro No. 15: Déficit estimado durante el período de cosecha: desde inicio a fin de cosecha

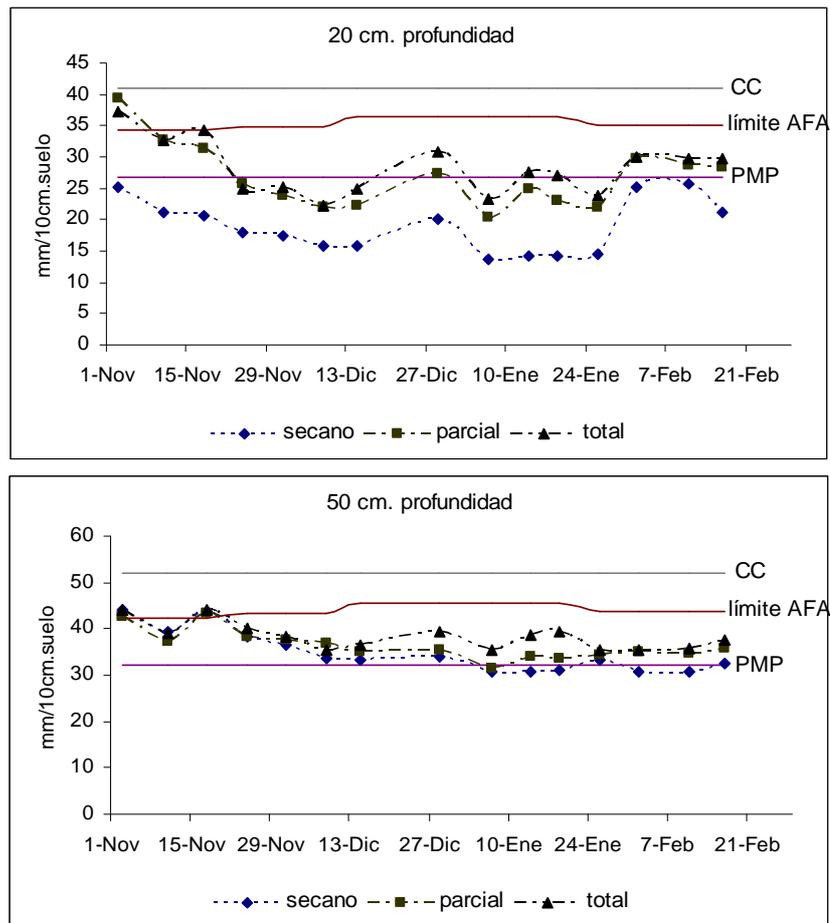
Tratamiento	Demanda bruta estimada (mm)	aporte total (mm)	Déficit (mm)	%Cubierto
secano	243	115	128	47
parcial	243	171	72	70
total	243	200	43	82

Como se observa en los cuadros No. 13, 14 y 15, si bien en los tres periodos existió déficit, éste se redujo durante la segunda y tercera etapa, aunque de todas formas en ningún momento los aportes cubrieron la estimación teórica de las necesidades del cultivo.

Es importante destacar que a lo largo de la etapa de floración, cuajado y crecimiento de los frutos, definidas como críticas por diversos autores en relación a los efectos del déficit hídrico, los tres tratamientos sufrieron estrés. Al momento de inicio de cosecha presentaban un déficit estimado de 418, 252 y 177 mm los tratamientos de secano, riego parcial y total respectivamente (Figura 22). Por otra parte, si bien la etapa inicial de crecimiento vegetativo no es tan sensible al déficit, sino que por el contrario cierto nivel de estrés favorece la exploración radicular (Atherthon y Rudich 1986, Dell'Amico et al. 2004), el estrés generado durante este ensayo fue excesivo y provocó una depresión importante en la formación de la fuente (ver capítulo 4.3.1) y por consiguiente, una reducción del crecimiento posterior (Atherthon y Rudich 1986, Nuez 1995).

4.2.2 Evolución del contenido de agua en el suelo

La evolución del contenido de agua en el suelo mostró diferencias significativas entre tratamientos y entre profundidades (Figura 23). A los 20 cm de profundidad se detectaron diferencias significativas entre los tratamientos con riego y el secano prácticamente durante todo el ciclo, pero no se detectaron diferencias entre los dos tratamientos con riego. A los 50 cm de profundidad los tres tratamientos se comportaron igual hasta el 7 de enero, momento a partir del cual se detectaron diferencias entre el tratamiento en secano y el más regado. Sobre el final del ciclo, en dos mediciones coincidentes con los momentos de lluvias más abundantes, los tratamientos no se diferenciaron. A los 70 cm de profundidad se encontraron diferencias entre tratamientos regados y secanos más tardíamente, a partir del 14 de enero hasta el fin del ciclo, por el contrario no existieron diferencias entre los tratamientos con riego.



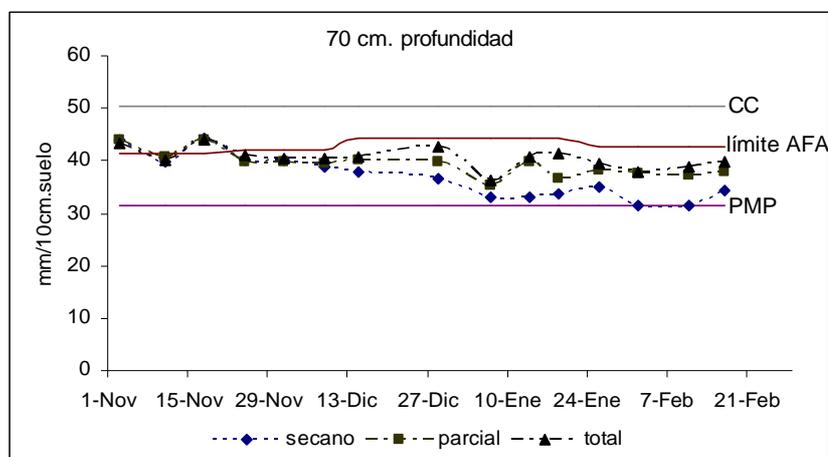


Figura No. 23: Evolución del contenido de agua en el suelo y contenido de humedad del suelo estimado a capacidad de campo (CC), punto de marchitez permanente (PMP) y agua fácilmente asimilable (AFA) a 20, 50 y 70 cm. de profundidad. (Por detalles de la estimación ver anexos 5 y 6)

Los resultados obtenidos muestran que la capa más superficial del suelo (20 cm) perdió agua muy rápidamente al comienzo del ciclo por evaporación y por extracción de las plantas. En secano el contenido de agua en esta capa se redujo más rápidamente, llegando a un contenido de agua muy por debajo del punto de marchitez permanente debido a las pérdidas por evaporación. A medida que avanzó el ciclo del cultivo, y debido a que en todos los tratamientos el aporte del riego fue menor a la demanda del cultivo, comenzó a agotarse el agua disponible más superficialmente, y esto promovió la absorción de agua desde capas más profundas (por exploración en profundidad y ascenso por capilaridad). Debido a esto aparecieron diferencias entre los tratamientos regados y el secano a los 50 cm, y finalmente a los 70 cm de profundidad. Santos Pereira (2004) plantea que en los primeros centímetros de suelo es posible que el contenido de humedad pueda descender hasta un 50% de PMP por efecto de evaporación directa desde el suelo, dado que a estos niveles de tensión las plantas ya no consiguen extraer agua. A profundidades mayores (50 y 70 cm) la evaporación directa desde el suelo se reduce, y por tanto el contenido de agua descende y se topea al alcanzar el punto de marchitez permanente. Esto estaría explicando lo observado en el presente ensayo.

Desde el comienzo de la aplicación de los tratamientos hasta aproximadamente el 18/12, el riego efectuado fue insuficiente para cubrir la ETc, dado que los goteros no aplicaron el caudal nominal. Hasta este momento, en los tratamientos regados se produjo un descenso progresivo del contenido de agua del suelo, donde la tensión alcanzó niveles mayores a 1500 KPa.

Luego de esta fecha y en adelante, aparentemente el riego cubrió la ETC, motivo por el cual el contenido de humedad a los 20 cm se mantuvo aproximadamente constante (de lo contrario hubiera continuado en descenso como el tratamiento secano). El contenido de humedad en el tratamiento más regado en este período osciló entre 22 y 30 mm 10cm suelo⁻¹, correspondiente a niveles de tensión entre 200 y más de 1500 KPa. En el tratamiento con riego parcial osciló entre 20 y 27 mm 10cm suelo⁻¹, alcanzando niveles de tensión entre 1000 y más de 1500 KPa. Da Fonte, citado por Ubilla (2009) señala que con niveles de tensión de 65-75 KPa la planta de tomate comienza a sufrir, en este caso siempre se mantuvieron niveles de tensión similares o superiores. En el Cuadro 16 se presentan resultados de varios autores sobre los niveles de tensión a los cuales se obtienen los mejores resultados productivos. En comparación con todos ellos, el presente ensayo se mantuvo a niveles de tensión sustancialmente mayores (Cuadro No. 17).

Las curvas de humedad de suelo en los tres tratamientos, para las tres profundidades y prácticamente a lo largo de todo el ciclo, se mantuvieron por debajo del nivel estimado de AFA según la ecuación de Allen et al.-FAO (ver sección 2.3.2.) (ver anexo 6). En el caso de los tratamientos con riego, hasta aproximadamente el 18 de noviembre, la humedad se mantuvo sobre el nivel de AFA, para luego descender. El nivel de tensión del agua siempre fue elevado, y el contenido de humedad a los 20 cm siempre se mantuvo cercano al 0% del ADT. Por ende en el tratamiento de riego total, a pesar de suministrarle el volumen que el cultivo extraía, las plantas continuaron estresadas, dado que necesitaron extraer agua más fuertemente retenida. Es decir que durante gran parte del ciclo aún el tratamiento de 100% de riego sufrió estrés por déficit hídrico, no pudiendo absorber el volumen de agua requerido y/o a la velocidad necesaria, lo que afectó el rendimiento del cultivo.

En el secano, claramente en ningún momento del ciclo se cubrieron las necesidades del cultivo. El contenido de humedad descendió progresiva y permanentemente durante todo el ciclo, alcanzando los niveles de humedad correspondientes al PMP tanto a 50 como 70 cm de profundidad.

Cuadro No. 16: Niveles de tensión de agua en el suelo (expresada en KPa) citados de diversos autores a los cuales se lograron los mejores resultados.

Citas	Crecimiento vegetativo	Crecimiento del fruto	Maduración del fruto
Canell y Asbell (1974)	40-60	40	40-60
Rudich et al. (1977)		20-30	
Marouelli et al. (2007)	35	12	15
Da Fonte, citado por Ubilla (2009)	75-30	25	30

Cuadro No. 17: Niveles de tensión de agua en el suelo (expresada en KPa) estimados en la tesis.

Ensayo de tesis	Crecimiento vegetativo	Crecimiento del fruto	Maduración del fruto
Tratamiento seco	>1500	>1500	>1500-1000
Tratamiento riego parcial	>1500-15	≥1500	>1500-200
Tratamiento riego total	>1500-25	>1500-50	>1500-200

Del análisis anterior surge la pregunta: ¿por qué el contenido de agua en el suelo en los tratamientos regados no sigue bajando a partir del 18 de diciembre, a pesar de que el déficit estimado por el método de Penman-Monteith FAO continuó aumentando aún en el tratamiento de 100% de riego (Figura 22)?

Una primera hipótesis de esta divergencia es que el déficit teórico no se tradujo en una reducción del contenido de agua en el suelo debido a que, si bien se aportó menos de la ETc estimada por el método Penman-Monteith FAO (desde que se corrigieron los aportes, 18/12/08, en el tratamiento más regados se cubrió el 80% de las necesidades aproximadamente), el menor crecimiento del área foliar generado por el déficit hídrico inicial determinó una demanda de agua menor a la ETc estimada, ya que esta estimación no se ajustó según el IAF, motivo por el cual se mantuvo el nivel de humedad del suelo.

Una segunda hipótesis a tener en cuenta es la adecuación de la sonda de neutrones como método de medición del contenido de agua del suelo en una situación de suelo muy seco y regado por goteo. El contenido de agua en el suelo en el entorno del tubo de la sonda fue extremadamente variable, con zonas muy húmedas cercanas al gotero y las plantas, zonas intermedias entre goteros y alejadas de la cinta, y zonas muy secas en los bordes de los canteros. Por otro lado cuanto más seco está el suelo más volumen exploran los neutrones. A partir de lo anterior los valores promedios obtenidos podría no reflejar el nivel de agua realmente disponible en la zona radicular. Sin embargo este método sí permitió observar la evolución del contenido de humedad en el suelo.

4.3. CRECIMIENTO Y DESARROLLO

Los tres tratamientos se manejaron de forma similar por lo cual en todos los casos la duración del ciclo del cultivo (desde trasplante hasta última cosecha) fue de 120 días, iniciando la cosecha a los 85 días post trasplante.

4.3.1 Crecimiento y desarrollo vegetativo

Área foliar e Índice de Área Foliar

Se observaron diferencias significativas en la evolución del área foliar por planta (AF) e índice de área foliar (IAF) entre los tratamientos regados y el seco, desde el inicio (detectado en el muestreo destructivo del día 28 post-trasplante) hasta el fin del ciclo del cultivo.

Desde el trasplante hasta aproximadamente el día 60 el crecimiento del IAF fue exponencial. A partir de ese momento en los tratamientos de secano y de riego parcial la tasa de crecimiento se tornó decreciente pero sin llegar a cero hasta el final del ciclo, mientras que en el tratamiento de 100% de riego la tasa de crecimiento fue casi constante hasta el final del ciclo (Figura No. 24). Si se considera el IAF a los 60 días post-trasplante, momento en que según Núñez y Palotti (2004) debería de haberse alcanzado su máximo valor, en todos los tratamientos del ensayo se constató un nivel de IAF menor al esperado. En este momento se alcanzó un IAF de 1,7 y 0,75 en los tratamientos regados y el secano respectivamente, en tanto que Núñez y Palotti (2004) registraron un IAF de 2,2 para la var. Loica en una densidad similar ($27.7 \text{ mil pl ha}^{-1}$). Sin embargo, dado que los valores de IAF en el experimento continuaron incrementándose, a los 82 días post-trasplante los tratamientos regados alcanzaron niveles similares a los determinados por Núñez y Palotti (2004) (2,2-2,3 IAF). Al final del ciclo (día 112) llegan a niveles máximos de 3, 2,4 y 1,4 de IAF para los tratamientos de riego total, parcial y secano respectivamente.

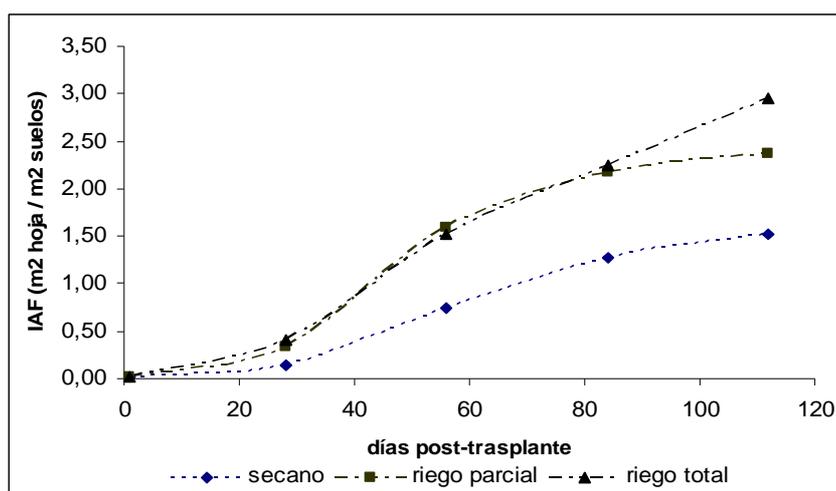


Figura No. 24: Evolución del índice de área foliar según tratamiento de riego

Esta curva de evolución del área foliar difiere de la típica para este cultivo, donde se esperaría que el AF, luego de alcanzar un máximo coincidente con el fin de período de cuajado, dejara de crecer debido a la competencia por asimilados generada por los frutos, para luego empezar a descender próximo al momento de inicio de cosecha. Sin embargo durante este experimento, el área foliar continuó creciendo hasta el final del ciclo. Varios factores pueden haber causado este comportamiento. En primer lugar una tasa de crecimiento más baja de lo normal a comienzo del ciclo, que determinó un IAF menor al potencial al inicio del cuajado y mucho espacio aún sin ocupar en el cantero hasta el final del ciclo. En segundo lugar una baja tasa de cuajado de frutos que resultó en un período de cuajado prolongado en el tiempo y por lo tanto la fuerza de fosa de los frutos nunca fue suficientemente alta como para provocar por completo la detención del crecimiento vegetativo y finalmente la ocurrencia de lluvias abundantes sobre final de ciclo que, junto con una relación fuente/fosa favorable (baja carga de frutos en las plantas), provocaron un fuerte rebrote de las plantas, sobre todo en el tratamiento de 100% de riego.

Los resultados anteriores ponen de manifiesto que el cultivo presentó una expansión foliar inicial muy lenta y por tanto alcanzó más tardíamente los niveles esperados de índice de área foliar. Éste efecto fue más marcado cuanto mayor fue el estrés hídrico sufrido por el cultivo.

Número de hojas

En relación al número de hojas se observaron diferencias significativas entre tratamientos. Los cultivos regados siempre presentaron un número mayor de hojas respecto al secano. En los muestreos de los días 84 y 112 post-trasplante también se observan diferencias significativas entre los tratamientos con riego (Figura No. 25).

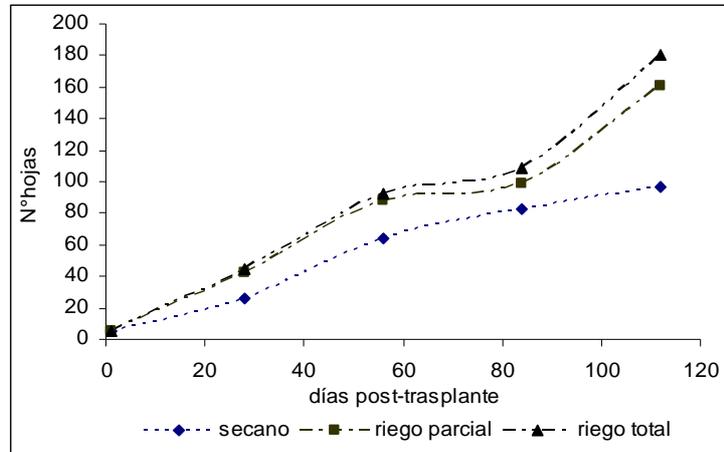


Figura No. 25: Evolución del número de hojas por planta según tratamiento de riego

En los tratamientos con riego se alcanzó una meseta en la curva de evolución del número de hojas alrededor del día 60 post-trasplante. En el tratamiento en seco, si bien existió una reducción en la tasa de aparición de hojas, no llegó a estabilizarse.

Los cultivos regados alcanzaron un máximo de 160-180 hojas promedio por planta al final de ciclo, en tanto que el seco presentó 80 hojas por planta. Sin embargo en un año típico el máximo de hojas se hubiera alcanzado y mantenido entre los 60 y 80 días post-trasplante. En el gráfico se observa que en este momento los tratamientos presentaron 60-80 y 90-100 hojas pl^{-1} , seco y regados respectivamente. Según los resultados de Nuñez y Palotti (2004) el número máximo de hojas por planta promedio en la var. Loica para tres densidades (27, 33 y 44 mil $pl\ ha^{-1}$) fue de 62 hojas pl^{-1} y se alcanzó a los 74 días post-trasplante. Este mayor número de hojas en los regados respecto a los resultados de Nuñez y Palotti (2004) podría deberse en parte, al mayor período de desarrollo vegetativo y a una mayor tasa de aparición de hojas debido a las temperaturas medias mayores ocurridas durante este ensayo.

A partir del día 80 post-trasplante en vez de ocurrir un descenso en el número de hojas, como era esperable, se produjo un rebrote coherente con lo observado para el IAF. Este efecto tuvo mayor magnitud en los cultivos regados, donde en el último muestreo prácticamente un tercio de las hojas correspondían a brotes nuevos.

Área foliar y número de hojas

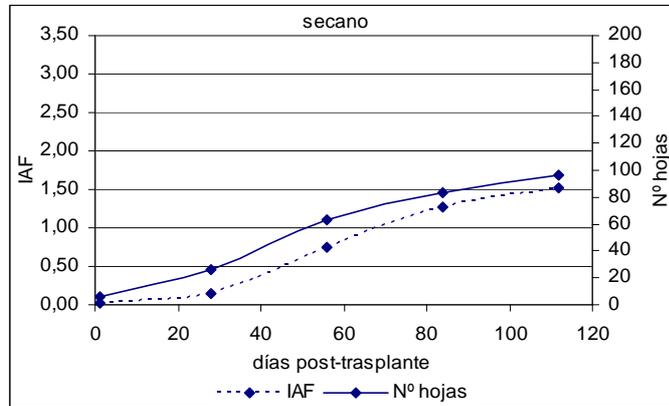


Figura No. 26: Evolución de IAF y número de hojas en tratamiento en seco

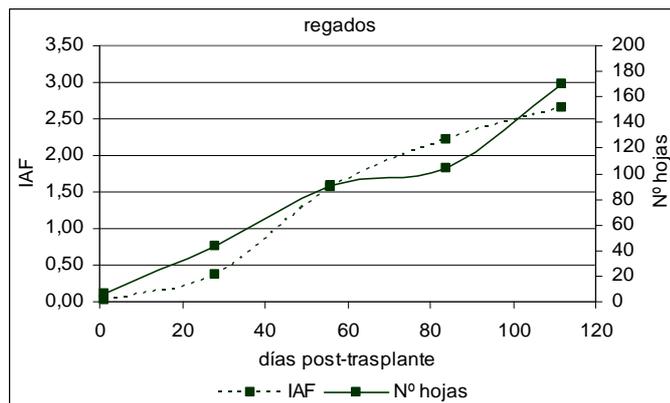


Figura No. 27: Evolución de IAF y número de hojas en tratamientos con riego

La relación entre número de hojas e IAF se comportó de forma diferente entre el tratamiento seco y los regados. En el primero, el IAF estuvo directamente relacionado al incremento en el número de hojas, por otro lado cada hoja aportó menos al AF (fueron más pequeñas), motivo por el cual requirió más hojas para alcanzar un mismo nivel de IAF (Figura No. 26). Esto último podría estar explicado por problemas de expansión foliar debido al déficit hídrico sufrido.

Al relacionar las curvas de IAF con las de número de hojas por planta de los tratamientos regados (Figura No. 27) se observa que, a pesar de que el IAF fue siempre creciente, existió una meseta en el número de hojas entre los días 60 y 80. Es decir que durante este período el incremento en el área foliar estuvo dado por la expansión de las hojas ya presentes y no por la aparición de otras

nuevas. Esto podría estar explicado por un descenso en la relación fuente/fosa, en la medida que a los 60 días se alcanza el máximo número de frutos por planta.

Si estos datos se comparan con los resultados obtenidos por Nuñez y Palotti (2004), en los tratamientos regados se requirieron más hojas para alcanzar una misma IAF, cada hoja aportó una proporción menor al IAF. Esto estaría explicado por una expansión foliar menor debido al déficit hídrico sufrido.

Área foliar específica

En relación al área foliar específica (AFE) no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos. Alcanzó valores de 149, 160 y 154 cm²hoja g.hoja⁻¹ promedio para el ciclo en secano, riego parcial y riego total respectivamente, no presentando variaciones importantes a lo largo del ciclo del cultivo.

4.3.2 Desarrollo reproductivo

Floración

La evolución del número de inflorescencias (racimos con flor) presentó diferencias significativas entre los tratamientos regados y el secano únicamente en los muestreos realizados entre los días 40 y 50 post trasplante.

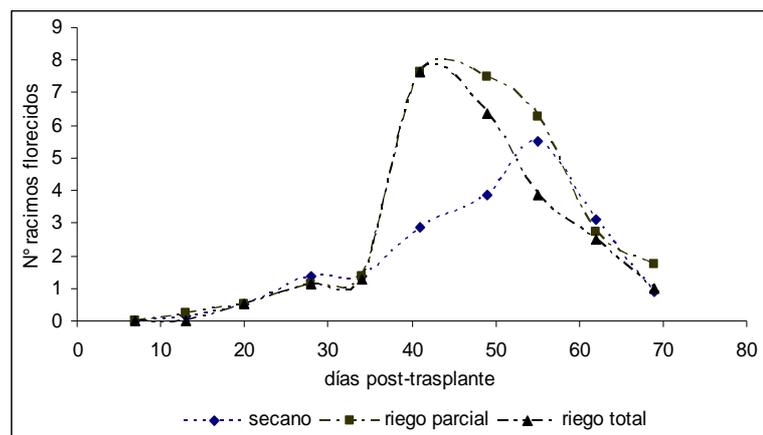


Figura No. 28: Evolución del número de racimos florecidos por planta según tratamiento de riego

En la Figura No. 28 se observa que la antesis comenzó en los tres tratamientos aproximadamente a los 25 días desde trasplante. El cultivo en seco presentó un incremento de la floración más lento, y un pico de floración menor y más tardío que los tratamientos regados. En el caso de estos últimos, la plena floración se alcanzó a los 41 días del trasplante llegando a los 8 racimos florecidos pl^{-1} , en tanto que en el seco se produjo 15 días después (a los 55 días post-trasplante) y alcanzó 5,5 racimos florecidos pl^{-1} .

El retraso en la aparición de yemas florales y el menor número de las mismas en el seco podría deberse a que este proceso es sumamente sensible a la escasez de asimilados, generada por la situación de déficit hídrico (Russell y Morris, Ho, citados por García et al., 2004). En esta situación de asimilados limitantes, las fosas más débiles (como son las inflorescencias) sufren más la deficiencia, y las más fuertes (brotes con hojas nuevas) se apropian de una proporción mayor de los asimilados (Atherthon y Rudich 1986, Wardlaw, citado por Marcelis 1996).

Los resultados obtenidos en los tratamientos regados coinciden con los de Nuñez y Palotti (2004) para un cultivo var. Loica con riego, en donde se inició la floración a los 25 días post-trasplante y llegó al momento de plena floración a los 39 días desde trasplante, momento en el cual se alcanzó un promedio de 8,2 racimos florecidos por planta.

Número de racimos cuajados y número de frutos por planta

Se registraron diferencias significativas entre tratamientos en el número de racimos con frutos cuajados por planta y en el número de frutos por planta (Figuras No. 29 y 30). Estas diferencias se detectaron en el día 49 post-trasplante, y desde el día 62 hasta el fin del ciclo del cultivo.

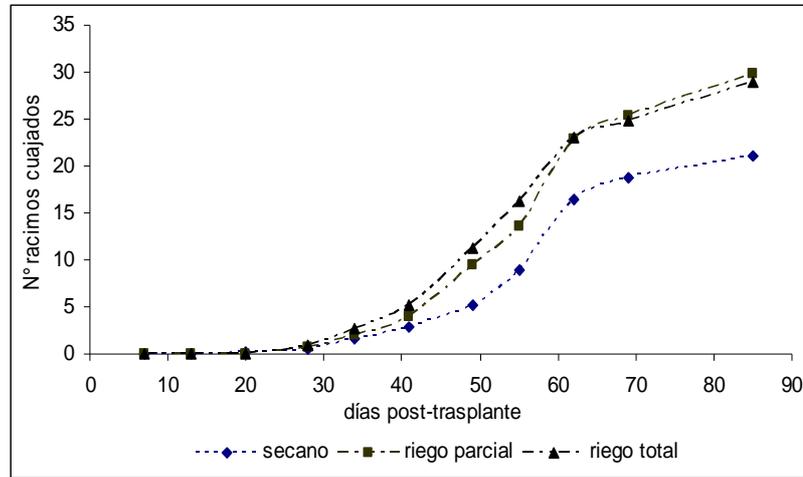


Figura No. 29: Evolución del número de racimos cuajados por planta según tratamiento de riego

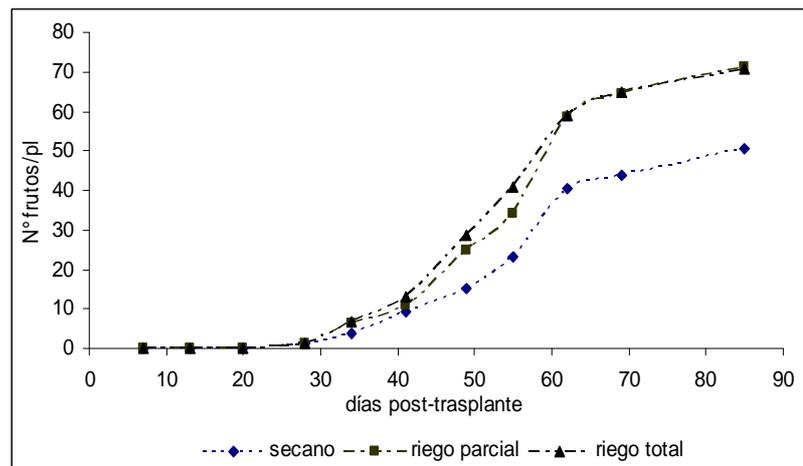


Figura No. 30: Evolución del número de frutos por planta según tratamiento de riego

Si bien la evolución del número total de frutos por planta fue similar para los tres tratamientos, el secano siempre mantuvo un menor número promedio de frutos por planta y alcanzó un valor máximo menor, de 55 frutos por planta. Acorde con esto se detectaron diferencias significativas entre los tratamientos regados y el secano a partir del día 49 post-trasplante, manteniéndose hasta el fin del ciclo, a excepción del muestreo del día 55. Entre los tratamientos regados no se detectaron diferencias significativas, ambos presentaron una evolución similar y alcanzaron un promedio de 70 frutos por planta.

Los tratamientos regados presentaron un número mayor de racimos cuajados y frutos por planta que los encontrados por Nuñez y Palotti (2004). Esto podría explicarse por las características del ciclo del cultivo, el ensayo de Nuñez y Palotti (2004) se trasplantó a mediados de diciembre y tuvo menor período de cuajado.

Entre los días 30 y 62 post-trasplante, en los tres tratamientos se produjo un período de intenso cuajado, luego del cual continuó en aumento pero a una tasa menor. El período de cuajado en todos los casos fue más extenso en comparación con los resultados obtenidos por Nuñez y Palotti (2004). Mientras que en el trabajo citado duró 20 días (32 a 52 días post-trasplante), en la presente tesis se extendió por 32 días.

Las lluvias al final del ciclo del cultivo no provocaron únicamente un reinicio del crecimiento y desarrollo vegetativo como se explicó anteriormente en la sección 4.3.1., sino que también promovió nuevas floraciones y cuajado de frutos. En el último muestreo (día 112) se detectaron racimos con frutitos nuevos en los tres tratamientos, por tal motivo las curvas de número de frutos por planta y racimos cuajados fueron crecientes hasta el final del ciclo, pero la mayor parte de estos frutos nuevos no llegaron a ser cosechados.

Número de frutos por racimo

En relación al número promedio de frutos por racimo, no se detectaron diferencias significativas entre los tratamientos. En todos los casos se mantuvo desde el día 35 hasta el final del ciclo un número promedio de entre 3 y 2,4 frutos por racimo (Figura No. 31). Estos resultados concuerdan con lo observado por Nuñez y Palotti (2004) de un promedio de 3 frutos por racimo que descendió progresivamente hasta el entorno de 2,2-2,5 frutos por racimo a los 50 días post-trasplante.

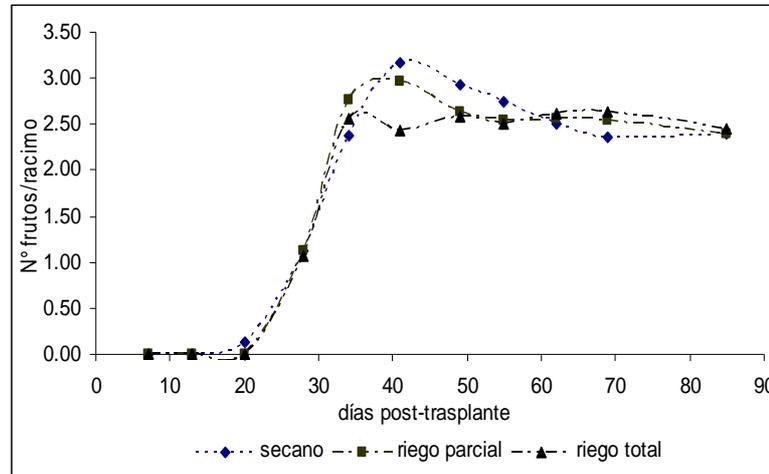


Figura No. 31: Evolución del número de frutos promedio por racimo según tratamiento de riego

A partir de los resultados anteriores se concluye que las plantas en secano tuvieron un menor número de frutos por planta debido a un menor número de racimos por planta, manteniendo un número de frutos promedio por racimo similar a los tratamientos con riego. Esto se explicó principalmente por un menor número de ramificaciones del tallo en las plantas sometidas a un estrés hídrico mayor, que si bien no fue evaluado se tradujo en un menor número de hojas por planta, dado que la frecuencia de aparición de racimos (simpodio, 1 cada 2 o 3 hojas) es una característica propia de la variedad y por ende no estaría alterada por el riego.

4.3.3 Acumulación de materia seca en los órganos aéreos

A continuación se presenta la evolución de acumulación de materia seca total aérea por planta y por cada órgano de la planta para cada tratamiento en términos absolutos.

Acumulación de materia seca total aérea

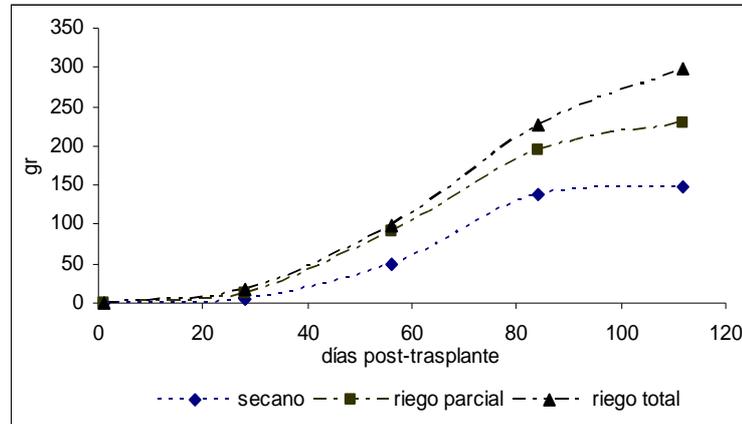


Figura No. 32: Peso seco acumulado en la parte aérea según tratamientos de riego

En los tres tratamientos la acumulación de materia seca total aérea tuvo la forma de una curva sigmoide. En todos los tratamientos se produjo la máxima tasa de acumulación de materia seca entre los 50 y 70 días post-trasplante.

El peso seco acumulado de la parte aérea de las plantas mostró diferencias significativas entre los tratamientos desde los 28 días post-trasplante, a favor de los regados. A partir del siguiente muestreo las plantas con riego parcial comenzaron a asemejarse más al cultivo regado, presentando diferencias con el secano. Solamente en el muestreo de fin de ciclo se detectaron diferencias entre los dos tratamientos con riego a favor del más regado, promovido por el mayor rebrote vegetativo y reproductivo del cultivo con riego total respecto al parcial.

A los 84 días desde trasplante (sin considerar el rebrote al final del ciclo) se alcanzó 137 g, 196 g y 227 g en el tratamiento en secano, riego parcial y riego total respectivamente. Estos valores se asemejan a lo determinado por Nuñez y Palotti (2004) de 210 gMS pl^{-1} promedio.

Acumulación de materia seca en cada órgano aéreo

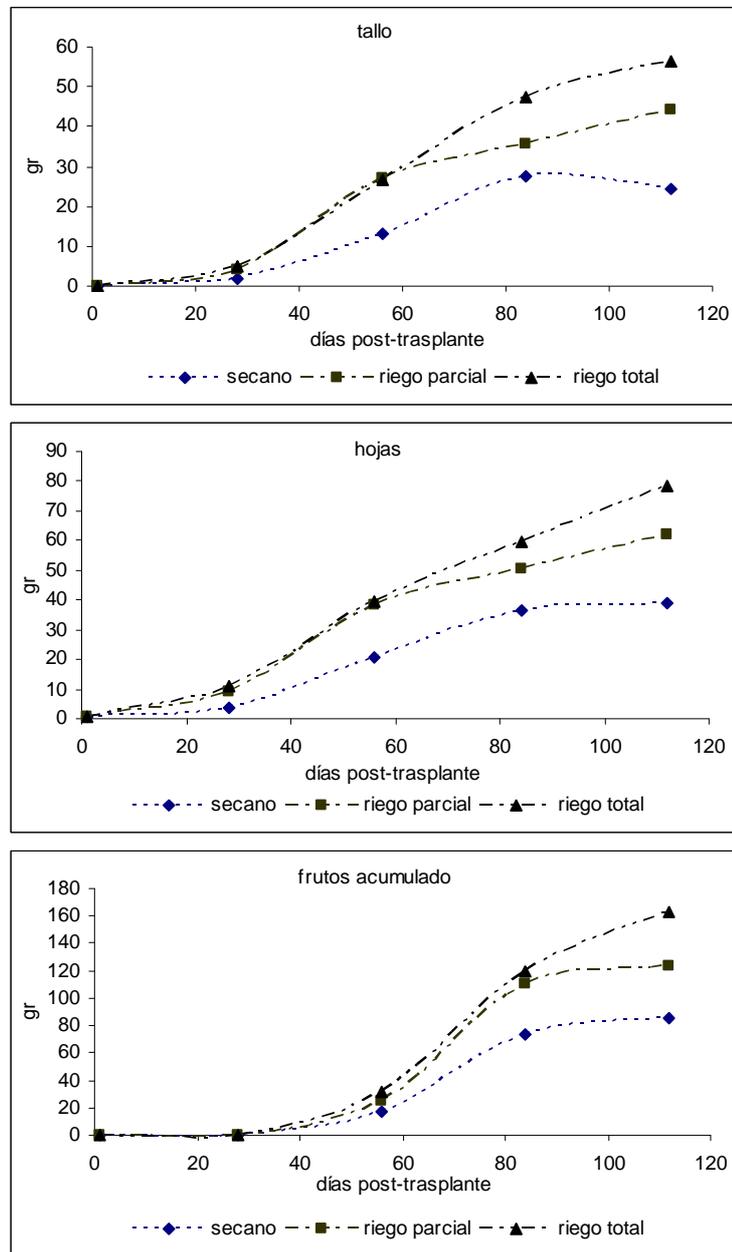


Figura No. 33: Peso seco por órgano según tratamiento

De forma similar a lo observado para la acumulación de materia seca total aérea, la acumulación de materia seca en cada órgano en todos los tratamientos se asemejó a una curva sigmoide.

El día 28 pos-trasplante aparecieron diferencias significativas en el peso seco de tallos y hojas entre los tratamientos regados y el secano. Desde el día 84 en adelante se encontraron diferencias significativas entre los tres tratamientos. En relación al peso seco de frutos aparecieron diferencias significativas a los 56 días post-trasplante entre el secano y el más regado, y sobre el final del ciclo aparecieron diferencias entre los tres tratamientos.

La tasa de acumulación de materia seca fue mayor en los tratamientos con riego respecto al secano. Por otra parte, en los tratamientos regados se observó que entre los 30 y 56 días post-trasplante se produjo la mayor tasa de acumulación de materia seca en órganos vegetativos, y posteriormente entre los días 50 y 80 fue máxima la tasa de acumulación en los frutos.

4.3.4 Partición de materia seca entre órganos aéreos

A continuación se analiza la distribución de la materia seca entre los órganos aéreos en valores relativos (PS de cada órgano en relación al PS total aéreo), lo que se denomina la partición de materia seca.

No se encontraron diferencias significativas en relación a la partición de MS a lo largo del ciclo del cultivo. Es decir que los diferentes niveles de déficit hídrico no alteraron la distribución de materia seca entre los órganos aéreos, debido a que frente a un mayor grado de estrés hídrico se redujo el peso de hojas, tallo y frutos de forma proporcional. Esta conclusión involucra únicamente la parte aérea de la planta, dado que según la bibliografía, sí podría haberse alterado la partición entre parte aérea y raíz, promoviendo un incremento en la partición hacia las raíces en los tratamientos expuestos a niveles mayores de déficit hídrico (Atherthon y Rudich 1986, Dell'Amico et al. 2004).

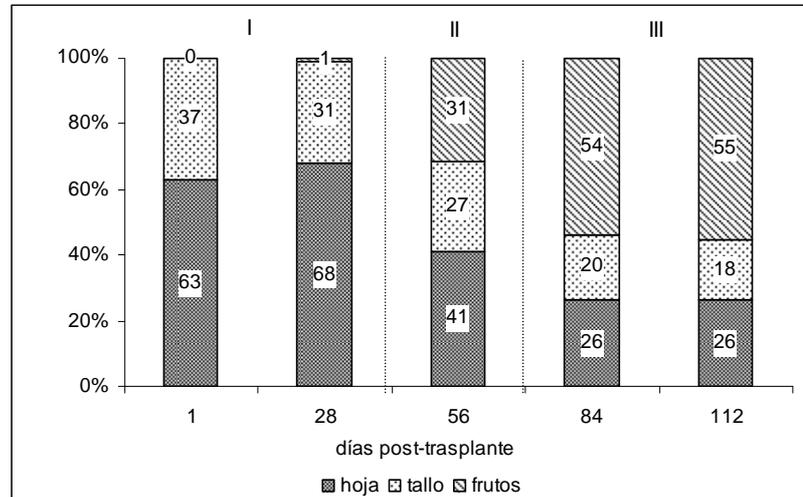


Figura No. 34: Evolución de la partición de materia seca entre órganos aéreos a lo largo del ciclo del cultivo, promedio de los tres tratamientos.

La partición de asimilados a lo largo del ciclo se dividió en tres etapas (Figura No. 34). En un inicio (hasta poco después de inicio de cuajado, aproximadamente 28 días desde trasplante) en todos los tratamientos la materia seca se destinó a la generación de la fuente (el 68% de la MS aérea a las hojas) y raíces (no evaluado en el ensayo). Luego comenzó una segunda etapa en la cual se incrementó la partición hacia los frutos y se redujo la destinada a los órganos vegetativos, si bien continuó siendo una fosa importante. En la medida que la partición está determinada fundamentalmente por la fuerza de fosa de los órganos, la partición hacia los frutos creció de forma exponencial a medida que se incrementó el número de frutos en la planta. Finalmente una tercera etapa en la cual los fotoasimilados se destinaron preferentemente a los frutos (55%), en detrimento de los órganos vegetativos (26% a hojas y 18% a los tallos).

Estos valores se asemejan a lo observado por Núñez y Palotti (2004) para la var. Loica, donde al final del ciclo el 52.5% de la materia seca acumulada correspondió a los frutos, 29.8% a las hojas y 17.7% a los tallos.

4.4. RESULTADOS PRODUCTIVOS

Las cinco cosechas se extendieron durante 36 días, desde el día 85 (14/01/09) al día 121 (19/02/09) post-trasplante.

4.4.1 Rendimiento total y comercial

Los rendimientos comerciales presentaron diferencias significativas entre los tres tratamientos realizados, obteniendo 22,3, 34,5 y 51,4 Mg ha⁻¹ el secano, riego parcial y total respectivamente (Cuadro No. 18).

Cuadro No. 18: Rendimiento total, comercial y descartes por ha y por planta, por categoría según tratamiento

tratamiento	Kg ha ⁻¹			Kg planta ⁻¹		
	Rendimiento total	Rendimiento comercial	Descartes	Rendimiento total	Rendimiento comercial	Descartes
Secano	26273 a	22311 a	3962 a	0,99	0,84	0,15
Riego parcial	41531 b	34505 b	7026 b	1,59	1,32	0,27
Riego total	59688 c	51408 c	8281 b	2,22	1,91	0,31

En cada columna letras distintas indican diferencias significativas (Tukey $\alpha = 0.05$).

Los rendimientos obtenidos se ajustaron en gran medida con lo determinado por Berrueta (2008) (Figura No. 35). En su ensayo encontró que con niveles de déficit mayor a 202 mm hasta inicio de cosecha el rendimiento comercial medio fue de 32,4 Mg ha⁻¹. Los tratamientos de riego parcial y secano, presentaron un déficit de 252 y 418 mm hasta inicio de cosecha, y lograron 22,3 y 34,5 Mg ha⁻¹ respectivamente. Por otro lado, con niveles de déficit entre 121 y 201 mm hasta inicio de cosecha Berrueta (2008) determinó un rendimiento comercial medio de 54,5 Mg ha⁻¹. El tratamiento más regado sufrió un déficit de 177 mm, y logró un rendimiento comercial de 51,4 Mg ha⁻¹.

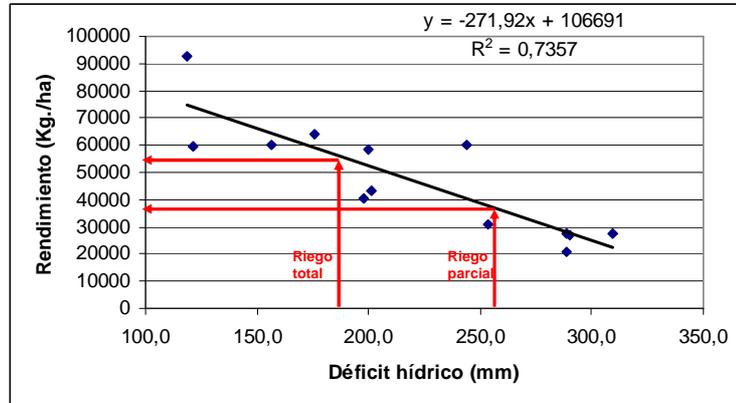


Figura No. 35: Comparación de los resultados de rendimiento comercial según nivel de déficit hasta inicio de cosecha con los obtenidos por Berrueta (2008).

Fuente: adaptado de Berrueta (2008)

Los resultados productivos en términos relativos (Cuadro No. 19), mostraron que la proporción del rendimiento total correspondiente al rendimiento comercial y descarte fue similar en los tres tratamientos, 84-86 y 14-17% respectivamente. Dentro de los descartes se detectaron diferencias significativas en la proporción de frutos con podredumbre apical, donde existió un nivel mayor de incidencia en los tratamientos seco y riego parcial respecto al tratamiento con más riego.

Cuadro No. 19: Rendimiento total, comercial, descartes y composición de descarte, en valores relativos respecto al rendimiento total, según tratamiento

	Rendimiento total	Rendimiento comercial	Total descartes	Podredumbre apical	Otros descartes
Secano	100%	84% a	16% a	12% a	4% a
Riego parcial	100%	83% a	17% a	12% a	5% a
Riego total	100%	86% a	14% a	9% b	5% a

En cada columna letras distintas indican diferencias significativas (Tukey $\alpha = 0.05$).

Cabe aclarar que en las cuatro parcelas con tratamiento seco, al momento de la primera cosecha había una gran cantidad de frutitos pequeños maduros con podredumbre apical sobre el suelo, que no llegaron a ser cosechados. En este sentido los valores de peso y número de frutos con podredumbre apical y descarte total en el tratamiento seco pueden haber sido subestimados.

En la cuarta y quinta cosecha dentro de la categoría comercial existió una proporción importante de frutos rajados, promovido por la ocurrencia de

lluvias abundantes que hicieron oscilar drásticamente el contenido de agua del suelo. En términos relativos respecto al total de la cosecha, no existieron diferencias significativas en la incidencia de rajado entre tratamientos, representando entre el 10-12% del rendimiento Kg ha^{-1} .

4.4.2 Análisis de los componentes del rendimiento

El rendimiento se compone por el número de frutos por ha y el peso medio de los mismos. A su vez el número de frutos por planta está dado por el número de racimos por planta y el número de frutos por racimo.

Número de frutos

De forma similar a los resultados obtenidos en los rendimientos, el número de frutos presentó diferencias significativas entre los tres tratamientos, obteniendo 691, 934 y 1193 miles de frutos comerciales ha^{-1} el secano, riego parcial y total respectivamente (Cuadro No. 20).

Cuadro No. 20: Número de frutos por ha (en miles ha^{-1}) y número de frutos por planta, por categoría según tratamiento

tratamiento	Miles frutos ha^{-1}			N°frutos planta ⁻¹		
	Rendimiento total	Rendimiento comercial	Descartes	Rendimiento total	Rendimiento comercial	Descartes
Secano	945 a	691 a	254 a	36	26	10
Riego parcial	1298 b	934 b	364 b	50	36	14
Riego total	1539 b	1193 c	346 ab	57	44	13

En cada columna letras distintas indican diferencias significativas (Tukey $\alpha = 0.05$).

En relación al número de frutos por ha, Berrueta (2008) encontró que con déficit mayor a 202 mm hasta inicio de cosecha rondaban los 889 mil por ha, en tanto que en los tratamientos secano y riego parcial presentaron 691 y 934 respectivamente. En el caso de déficit entre 121 y 201 mm correspondió a 1291 mil frutos por ha en el estudio de Berrueta (2008), en tanto que el tratamiento más regado en el presente ensayo presentó 1193 mil frutos por ha.

Tamaño de fruto

En relación al tamaño promedio de fruto comercial, si bien no se detectaron diferencias significativas, se observó una tendencia a que, a mayor

nivel de riego los frutos tuvieron un peso mayor (Cuadro No. 21). En general el tamaño logrado se ajustó a los resultados obtenidos por Berrueta (2008) para situaciones similares de déficit hídrico.

Cuadro No. 21: Peso medio de frutos comerciales según tratamiento

Tratamiento	peso medio de fruto (Kg)
Secano	0.032 a
Riego parcial	0.037 a
Riego total	0.043 a

Letras distintas indican diferencias significativas (Tukey $\alpha = 0.05$)

El tamaño de fruto está definido principalmente por el período de crecimiento del mismo, el cual a su vez está determinado por la temperatura (a mayor temperatura crecimiento más acelerado y período de crecimiento menor) y la disponibilidad de agua (acortamiento del período de crecimiento de fruto, menor expansión celular). Durante la temporada en estudio ambos factores pudieron estar influenciando los resultados, pero la diferencia entre tratamientos es únicamente resultado de las diferencias en aporte hídrico.

Composición del rendimiento

En la Figura No. 36 se señala de forma esquemática la composición del rendimiento. Las variables ubicadas en recuadros grises son aquellas en donde se encontraron diferencias significativas entre tratamientos.

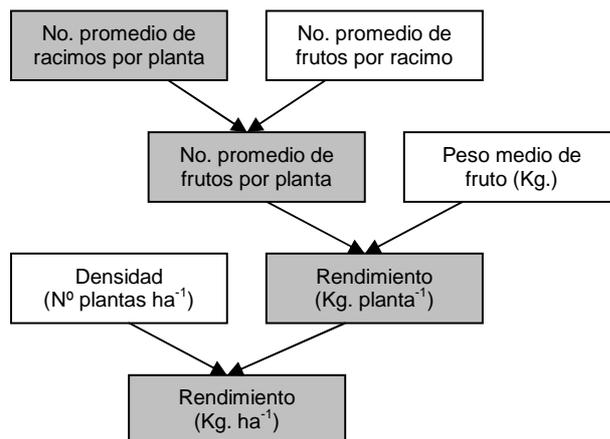
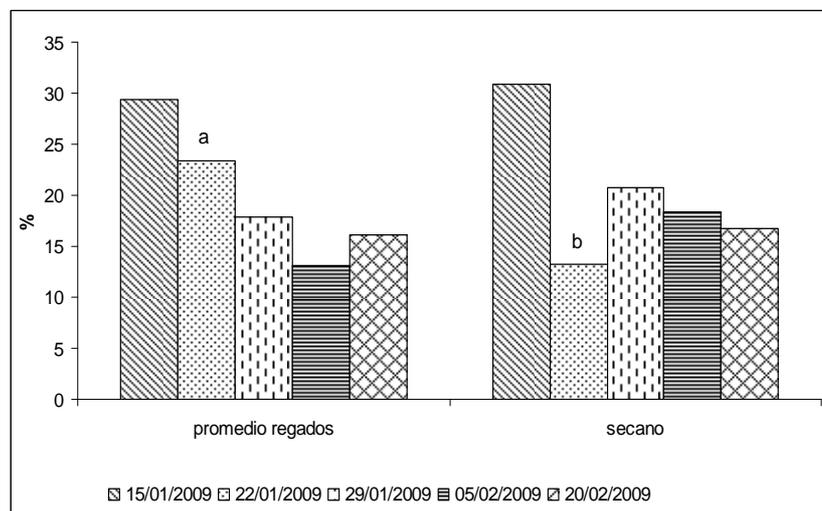


Figura No. 36: Diferencias de los tratamientos en los componentes del rendimiento

A partir de la información analizada anteriormente, se concluyó que el número de frutos es el componente del rendimiento que explicó en mayor medida las diferencias entre los rendimientos logrados en cada tratamiento. Estos resultados coinciden con lo encontrado por Berrueta (2008). A su vez, como se señaló en la sección 4.3.2., el número de frutos por planta, estuvo determinado por el número de racimos por planta, siendo similar en los tres tratamientos el número promedio de frutos por racimo.

4.4.3 Distribución de la cosecha

No se encontraron diferencias significativas en la distribución de la cosecha (tanto total como comercial) para los dos tratamientos con riego. El secano presentó diferencias significativas respecto a los regados únicamente en la segunda cosecha. Mientras que en los regados la proporción de la cosecha fue reduciéndose progresivamente desde la primera hasta la última, en el secano se observó un descenso marcado en la segunda cosecha, y luego volvió a incrementarse alcanzando valores similares a los tratamientos regados (Figura No. 37). Los tratamientos con riego tuvieron una tendencia a concentrar más la cosecha que el secano, posiblemente debido a que éste último presentó una tasa de cuajado más lenta durante un periodo prolongado.



En las barras correspondientes a la segunda cosecha letras distintas indican diferencias significativas (Tukey $\alpha = 0.05$)

Figura No. 37: Distribución de la cosecha comercial según tratamiento

4.4.4 Eficiencia de uso del agua de riego

Si bien en la presente tesis se evaluaron únicamente dos tratamientos con riego, resulta interesante analizar la eficiencia del uso del agua de riego.

$$\text{EUA de riego} = \frac{\text{rendimiento total ó comercial (Kg MF/ha)}}{\text{agua suministrada a través del riego (mm)}}$$

Cuadro No. 22: Eficiencia de uso del agua de riego estimada, en relación al rendimiento total y comercial, según tratamiento

tratamiento	aporte de riego (mm)	rendimiento (Kg MF ha ⁻¹)		EUA de riego (Kg MF mm ⁻¹)	
		total	comercial	total	comercial
secano	0	26273	22311	--	--
riego parcial	220	41531	34505	189	157
riego total	325	59688	51408	184	158

Los dos tratamientos con riego estuvieron sometidos a déficit hídrico presentando una relación prácticamente lineal entre el rendimiento (tanto total como comercial) y el aporte de riego en el rango estudiado, consecuentemente la eficiencia de uso del agua de riego fue similar (Figura No. 38). Probablemente si el riego hubiera llegado al 100% de la E_{Tc} la eficiencia hubiera sido menor a la lograda, debido por un lado al aumento de las pérdidas por evaporación directa desde el suelo, y por otro, a que en condiciones menos limitantes la planta no genera adaptaciones fisiológicas con el fin de reducir el consumo de agua (cierre estomático, ajuste osmótico, mayor exploración radicular, etc.).

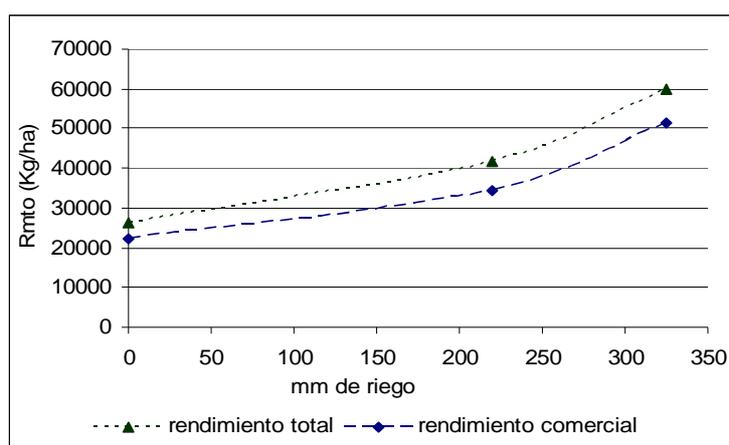


Figura No. 38: Rendimiento total y comercial del cultivo en función de los mm de riego aportados

La relación entre el rendimiento de un cultivo y los mm aportados presentan una relación sigmoide, la EUA alcanza un rango de valores óptimos antes de llegar a cubrir la totalidad de la demanda estimada del cultivo. Conocer este rango, en distintas situaciones, permitiría planificar de mejor forma el uso de este recurso limitante en muchos predios del sur del país, con el objetivo de alcanzar una alta productividad pero manteniendo, al mismo tiempo, una elevada eficiencia de uso del agua (Figura No. 39).

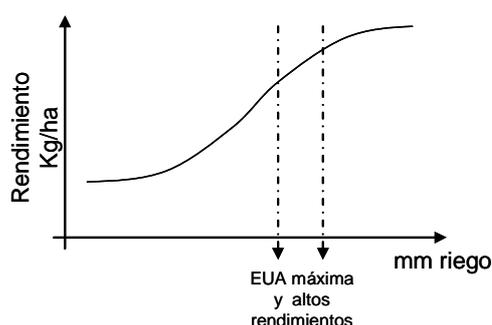


Figura No. 39: Curva teórica de rendimiento en función del agua aportada

4.5. CALIDAD INDUSTRIAL DE LOS FRUTOS COMERCIALES

Los sólidos solubles totales (SST) presentaron diferencias significativas entre tratamientos en todas las cosechas. En todos los casos los frutos de cultivos en secano presentaron mayores niveles de SST que los regados.

Cuadro No. 23: Contenido de SST (°Brix) por cosecha según tratamiento

Tratamiento	Cosechas					Promedio
	1	2	3	4	5	
Secano	6.55 a	6.31 a	6.23 a	6.57 a	5.62 a	6.26
Riego parcial	6.19 a	5.92 b	5.68 b	5.51 b	4.91 a	5.64
Riego total	5.83 a	5.24 b	5.10 c	5.18 b	4.99 a	5.27

En cada columna letras distintas indican diferencias significativas (Tukey $\alpha = 0.05$)

Como se observa en el cuadro No. 23 siempre existieron diferencias entre secano y regados, y en algunos momentos también entre los tratamientos regados. En las últimas dos cosechas todos los tratamientos presentaron niveles menores de SST y los tratamientos regados no presentaron diferencias significativas entre sí, posiblemente esto se debió a que durante este período ocurrieron lluvias importantes.

En relación al contenido de materia seca de los frutos se detectaron diferencias significativas entre secano y regados a partir de la tercera cosecha.

Cuadro No. 24: Materia seca en fruto (%MS) por cosecha según tratamiento

Tratamiento	Cosechas					Promedio
	1	2	3	4	5	
Secano	7.27 a	7.34 a	7.45 a	7.46 a	6.62 a	7.23
Riego parcial	6.22 a	6.53 a	5.80 b	6.47 ab	5.93 b	6.19
Riego total	6.14 a	6.07 a	5.98 b	6.09 b	5.78 b	6.01

En cada columna letras distintas indican diferencias significativas (Tukey $\alpha = 0.05$)

La tendencia se mantuvo, presentando mayores niveles de materia seca el secano, en segundo lugar el regado parcialmente y por último el tratamiento más regado. Sin embargo este indicador presentó menor oscilación o sensibilidad al efecto del déficit hídrico que los SST.

En síntesis se observó una relación inversa entre SST y la materia seca de los frutos (MS%) con el aporte de agua al cultivo. Los valores más altos de SST y MS% se dieron en las condiciones de mayor déficit hídrico y viceversa. Estas tendencias coinciden con los resultados obtenidos por otros autores (Rodríguez del Rincón 1995, Renquist y Reid 2001, García et al. 2006, Berrueta 2008, entre otros).

5. CONCLUSIONES

La temporada durante la cual se desarrolló el ensayo presentó condiciones climáticas particulares (baja humedad relativa, temperaturas y radiación elevadas) que generaron una demanda atmosférica alta. Se partió de un suelo muy por debajo de capacidad de campo, con agua retenida a niveles de tensión elevados, sumado a un déficit de lluvias importante durante el período. Debido a esto y a problemas operativos, existieron niveles importantes de déficit en los tres tratamientos.

En los tratamientos regados, a pesar de cubrir los requerimientos hídricos del cultivo a partir de mediados de diciembre, quedó instalado un déficit hídrico que afectó el rendimiento potencial del cultivo. No se logró recuperar una situación de humedad de suelo tan baja mediante el riego por goteo.

El estrés hídrico afectó significativamente el crecimiento y desarrollo del cultivo, así como el rendimiento y la calidad industrial de la producción.

Las plantas en secano presentaron menor número de hojas, menor IAF, menor número de racimos florecidos y retraso en la ocurrencia del pico de floración, y consecuentemente menor número de racimos cuajados y frutos por planta. Esto se debió a que el cultivo en secano tuvo menos ramificaciones del tallo. Los menores rendimientos en el cultivo en secano fueron resultado de una depresión importante en la formación de la fuente, pero a su vez, esta depresión en el área foliar fue lo que permitió a las plantas completar su ciclo y producir algún rendimiento, aún en condiciones tan extremas de déficit de agua.

En todos los tratamientos, el cultivo presentó una expansión foliar inicial lenta y por tanto alcanzó más tardíamente los niveles esperados de índice de área foliar. Este efecto fue más marcado cuanto mayor fue el estrés hídrico sufrido por el cultivo. Existieron diferencias entre el tratamiento secano y los regados en la relación entre IAF y número de hojas. En el secano el IAF estuvo directamente relacionado al incremento en el número de hojas, y las hojas fueron más chicas, motivo por el cual requirió más hojas para alcanzar un mismo nivel de IAF. En los regados el IAF fue creciente durante todo el ciclo, pero estuvo dado por un incremento en el número de hojas y por una mayor expansión de cada una de ellas.

No se encontraron diferencias significativas en relación a la partición de MS aérea a lo largo del ciclo del cultivo. El estrés generó una reducción de crecimiento proporcional en todos los órganos, y afectó el desarrollo reproductivo y vegetativo también proporcionalmente.

Si bien todos los tratamientos alcanzaron rendimientos menores a los potenciales, existió un efecto marcado y directo entre el nivel de riego y el rendimiento comercial y total. Las diferencias entre rendimientos estuvieron explicadas en mayor medida por el número de frutos por ha más que por el peso de los mismos. A su vez, el número de frutos por hectárea estuvo determinado por el número de racimos por planta, siendo similar el número promedio de frutos por racimo en todos los tratamientos.

Existió una relación inversa entre la calidad industrial de los frutos (evaluada como contenido de SST y %MS) y el aporte de agua al cultivo, presentando niveles más altos cuanto mayor fue la magnitud del déficit.

A lo largo de todo el ciclo existió desarrollo vegetativo conjuntamente con el reproductivo. Principalmente en los tratamientos con riego parcial y total, la forma de crecimiento y desarrollo durante este ensayo se asimiló a un comportamiento indeterminado. El período de cuajado se extendió, motivo por el cual la fuerza de fosa de los frutos nunca llegó a competir de forma tan importante con los órganos vegetativos como para provocar la reducción del área foliar y finalmente la senescencia del cultivo.

El cultivo respondió de forma plástica frente a las condiciones ambientales, logrando sobrevivir e incluso producir a niveles de tensión de agua en el suelo muy altos (en el secano). Por otro lado, cuando las condiciones ambientales mejoraron (ocurrencia de lluvias) el cultivo fue capaz de retomar su crecimiento y desarrollo. Esta capacidad fue mayor en los tratamientos expuestos a menores niveles de estrés. Parte de esta capacidad de adaptación a condiciones extremas y plasticidad frente a distintos ambientes, estuvo dado por la capacidad de exploración radicular. El cultivo en secano llegó a extraer agua desde 70 cm de profundidad del suelo, apareciendo diferencias significativas con los tratamientos regados incluso a estas profundidades.

Por último, existe un nivel de coincidencia importante con investigaciones nacionales anteriores, tanto en los datos de partición de materia seca, así como en el efecto del nivel de déficit hídrico sobre los componentes de rendimientos (rendimiento, número de frutos y tamaño de fruto). Esto sin dudas son datos alentadores, en la medida que permitirán avanzar hacia la construcción de coeficientes para el ajuste y utilización de modelos de simulación del cultivo.

6. RESUMEN

La disponibilidad de agua es uno de los principales factores limitantes del rendimiento de tomate industria en el Sur de Uruguay. Incrementar el conocimiento sobre la demanda total de agua y la respuesta de este cultivo al estrés hídrico en nuestras condiciones ambientales, permitirá ajustar mejor el manejo del riego y la eficiencia de uso del agua, factor muy escaso en la mayoría de los predios de esta región. Este trabajo tuvo como objetivo estudiar el efecto de diferentes niveles de estrés hídrico en el crecimiento, desarrollo, rendimiento y calidad del tomate para industria cv. Loica con el propósito de contribuir a definir una estrategia de manejo del riego en este cultivo que permita combinar altos rendimientos y buena eficiencia de uso del agua de riego. Se realizó en el Centro Regional Sur de la Facultad de Agronomía, Canelones, en la temporada octubre 2008 a febrero 2009. El diseño experimental utilizado fue de bloques completos al azar, con cuatro repeticiones y tres tratamientos. Los tratamientos planteados fueron seco (solo aporte de las precipitaciones), 70% y 100% de la evapotranspiración del cultivo (ETc). La estimación de la ETc se realizó mediante la ecuación de Penman-Monteith modificado por FAO y los coeficientes de cultivo (Kc) establecidos por FAO. Debido a algunos problemas operativos, los tratamientos aplicados cubrieron el 24, 54, 69% de la ETc de todo el ciclo del cultivo, en los tratamientos de seco, riego parcial y total, respectivamente. Existieron diferencias significativas en el contenido de humedad de suelo hasta los 70 cm de profundidad entre los tres tratamientos, pero en todos los casos el cultivo fue sometido a niveles de tensión de agua mucho mayor a los óptimos. El estrés hídrico afectó significativamente el crecimiento y desarrollo del cultivo, así como el rendimiento y la calidad industrial. A mayor nivel de estrés hídrico el cultivo tuvo menor índice de área foliar y menor número de hojas. El tratamiento en seco presentó un pico de floración menor y más tardío que los regados, menor número de racimos cuajados y frutos por planta. La acumulación de materia seca en hojas, frutos y tallos, fue mayor cuanto mayor suministro de agua; en tanto que la partición de materia seca entre los órganos aéreos no presentó diferencias entre tratamientos. El rendimiento total y comercial presentó una relación directa con el aporte de agua, lo inverso ocurrió con el nivel de sólidos solubles totales y materia seca de los frutos comerciales. Los tratamientos con menos riego presentaron mayor incidencia de podredumbre apical que el más regado. Las diferencias en el rendimiento entre tratamientos estuvieron explicadas por el número de racimos por planta, lo cual determinó el número de frutos por planta, no existiendo diferencias en el número de frutos por racimo y peso medio de frutos.

Palabras clave: Tomate industria; Estrés hídrico; Crecimiento y desarrollo.

7. SUMMARY

Water availability is one of the most yield limiting factors of processing tomato in South Uruguay. Increase our understanding on total water demand and effect of water stress on this crop will allow to improve irrigation management and water use efficiency, which is a scarce resource in most farms in the region. The aim of this experiment was to study the effect of different water stress levels on growth, development, yield and quality of processing tomato cv. Loica to contribute to the design of an irrigation strategy able to combine high crop yields with a good irrigation water use efficiency. The trial was carried out in the Centro Regional Sur of the Faculty of Agronomy, Canelones, Uruguay, between October 2008 and February 2009. The experimental design was a randomized complete block with four replications and three treatments. Those treatments were: rain fed, 70 and 100% of crop evapotranspiration (ET_c). Penman-Monteith equation modified by FAO and the crop coefficients (K_c) established by FAO were used for ET_c estimation. Due to some operational problems, treatments covered 24, 54 and 69% of ET_c throughout the crop cycle, in the rain fed, partial and total irrigation treatments, respectively. There were significant differences among treatments in soil moisture content up to 70 cm deep, but in all cases the crop was exposed to much higher levels of water stress than optimum. Growth and crop development, yield and industrial quality were significantly affected by water stress. Those plants exposed to higher levels of water stress had lower leaf area index and fewer leaves. More stressed plants also had lower and later flowering, fewer number of trusses set and fruits per plant than irrigated ones. Dry matter accumulation in fruits, leaves and stems increased with water supply, while the dry matter partitioning between above-ground organs showed no differences between treatments. There was a direct relation among total and commercial yield and water supply, the reverse happened with the level of total soluble solids and dry matter of the commercial fruits. Higher incidence of blossom-end rot was observed on less irrigated treatments. The yield component that explained the observed differences between treatments was the number of trusses per plant, which determined the number of fruits per plant. There were no differences in the number of fruits per truss and average fruit weight.

Keywords: Processing tomato; Water stress; Growth and crop development.

8. BIBLIOGRAFÍA

1. ALDABE, L. 2000. Producción de hortalizas en Uruguay. Montevideo, Uruguay, Epsilon. 269 p.
2. ALLEN, R.; PEREIRA, L.; RAES, D.; SMITH, M. 2006. Evapotranspiración del Cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Roma, FAO. 298 p. (Estudio FAO. Serie Riego y Drenaje no. 56).
3. ATHERTON, J.G.; RUDICH, J. 1986. The tomato crop. A scientific basis for improvement. London, England, Chapman and Hall. 661 p.
4. AZCON, J.; TALON, M. 2000. Fundamentos de fisiología vegetal. Barcelona, España, Universitat de Barcelona y McGraw-Hill/interamericana de España. 522 p.
5. BEHBOUDIAN, M. 1977. Water relations of cucumber, tomato, and sweet pepper. Thesis PhD. Wageningen, The Netherlands. Agricultural University. 85 p.
6. BENTON, J. J. 2008. Tomato plant culture: in the field, greenhouse, and home garden. Boca Raton, Florida, United States of America, CRC press. 399 p.
7. BERRUETA, C. 2008. Análisis de los principales factores que afectaron el rendimiento en tomate para industria en la zafra 2007-2008. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 82 p.
8. _____; DOGLIOTTI, S.; VILARÓ, F.; GONZÁLEZ, M.; FRANCO, J. 2009. Análisis de los principales factores que afectaron el rendimiento en tomate para industria en la zafra 2007-2008. In: Jornada Anual Resultados Experimentales en el Cultivo del Tomate (2009, Canelones, Montevideo). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 3-10. (Actividades de Difusión no. 574).
9. BLANCARD, D. 1990. Enfermedades del tomate. Madrid, España, Mundi Prensa. 211 p.
10. CANNEL, G.H.; ASBELL, C.W. 1974. Irrigation of field tomatoes and measurement of soil water changes by neutron moderation

methods. Journal of the American Society for Horticultural Science. 99: 305-308.

11. CASSARO, F.; PIRES, L.; DOS SANTOS, R.; GIMENEZ, D.; REICHARDT, K. 2008. Funil de haines modificado; curvas de retenção de solos próximos à saturação. Revista Brasileira de Ciencia do Solo. 32: 2555-2562.
12. DE KONING, 1994. Development and dry matter distribution in glasshouse tomato: a quantitative approach. Dissertation. Thesis PhD. Wageningen, The Netherlands. Agricultural University. 240 p.
13. DELL'AMICO, J.M.; MORALES, D.; POLÓN, R.; FERNÁNDEZ, F. 2006. Respuestas adaptativas a la sequía en el tomate inducidas por osmoacondicionamiento de plantulas. Cultivos Tropicales. 27: 33-38.
14. DOGLIOTTI, S. 1997. Influence of assimilate availability on the dynamics of fruit growth of sweet pepper, validation of a simulation model. Thesis M.Sc. Wageningen, The Netherlands. Agricultural University. 43 p.
15. _____. 2007. Bases fisiológicas del crecimiento y desarrollo del cultivo de Tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). Montevideo, Facultad de Agronomía. 18 p.
16. DOORENBOS, J.; PRITT, W.O. 1974. Las necesidades de agua de los cultivos. Roma, FAO. 194 p. (Estudio FAO. Serie Riego y Drenaje no. 24).
17. DOURADO-NETO, D.; NIELSEN, D.; HOPMANS, J.; REICHARDT, K.; OLIVEIRA SANTOS BACCHI, O. 2000. Software to model soil water retention curves (SWRC, version 2.00). Scientia Agrícola. 57(1): 191-192.
18. FOLQUER, F. 1979. El tomate, estudio de la planta y su producción comercial. Buenos Aires, Argentina, Hemisferio Sur. 104 p.
19. GARCIA, C.; GONZALEZ, M.; VILARÓ, F.; RODRIGUEZ, 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. _____.; GIMENEZ, G.; VILARÓ, F.; RABUFFETTI, A. 2009. Efecto de la fertilización nitrogenada, la densidad de plantas y el riego sobre el rendimiento de tomate cv. Loica. In: Jornada Anual Resultados Experimentales en el Cultivo del Tomate (2009, Canelones, Montevideo). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp 15-21. (Actividades de difusión no. 574).
22. GARCÍA, M.; PETZALL, K.; CASTRILLO, M. 2004. Respuestas al déficit hídrico en las variedades de tomate Rio Grande y pera Quibor. *Agronomía Tropical*. 54: 411-431.
23. GARCÍA, M.; PUPPO, L.; HAYASHHI, R. 2008. Curso de riego y drenaje, Guía de clase 2008. Montevideo, Facultad de Agronomía. 271 p.
24. GONZALEZ, A.; HERNÁNDEZ, B. 2000. Estimación de las necesidades hídricas del tomate. *Terra*. 18: 45-50.
25. GONZÁLEZ, M.; RUZ, E. 1999. Efecto de la aplicación de diferentes volúmenes de agua de riego y fertilización nitrogenada sobre el rendimiento y calidad de tomate industrial. *Agricultura Técnica (Chile)*. 59: 139-330.
26. GONZALEZ, M. 2006. Cultivar Loica, una alternativa en el cultivo de tomate para industria. INIA, Hoja de divulgación N° 95. 4 p.
27. HAVERKAMP, R.; VAUCLIN, M.; VACHAUD, G. 1984. Error analysis in estimating soil water content from neutron probe measurements: 1 local standpoint. *Soil Science*. 137: 78-90.
28. HEUVELINK, E. 1996a. Dry matter partitioning: validation of a dynamic simulation model. *Annals of Botany*. 77: 71-80.

- 29._____. 1996b. Tomato growth and yield: quantitative analysis and synthesis. Dissertation. Thesis PhD. Wageningen, The Netherlands. Agricultural University. 326 p.
- 30.InfoStat. 2004. InfoStat, Versión 2004. Manual del Usuario. Córdoba, Argentina, Brujas Argentina. Primera Edición. 313 p.
- 31._____. 2004. InfoStat versión 2004. Córdoba, Argentina, Brujas Argentina. Primera Edición. s.p.
- 32.JOING VAN LIER, Q. de; DOURADO-NETO, D. 1993. Valores extremos de umidades do solo referentes ao modelo de van Genuchten. Revista Brasileira de Ciencia do Solo. 17: 325-329.
- 33.LÖVENSTEIN, H.; LANTINGA, E.A.; RABBINGE, R.; VAN KEULEN, H. 1993. Principles of production ecology. Wageningen, Agricultural University. 117 p.
- 34.LUFTOR, S.; MACKAY, A.; QUEBEDEAUX, B.; NAWATA, E.; SAKURATANI, T.; MESBAH, A. 2002. Superoxide dismutase activity, leaf water potential, relative water content, growth and yield of a drought-tolerant and a drought-sensitive tomato (*Lycopersicon esculentus* Mill.) cultivars. Subtropical Plant Science. 54: 16-22.
- 35.MARCELIS, L.F.M. 1996. Sink strenght as a determinant of dry matter partitioning in the whole plant. Journal of Experimental Botany. 47: 1281-1291.
- 36._____; 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. 332:357-363.
- 37.MARTIN de SANTA OLALLA, F.; LÓPEZ, P.; CALERA, A. 2005. Agua y Agronomía. Madrid, España, Mundi Prensa. 606 p.
- 38.MARTINEZ FERNANDEZ, J. 1995. Medida de curvas de retención de humedad en laboratorio y su estimación. In: Avances en la investigación en zona no saturada (1995, España, Servicio Central de Publicaciones del Gobierno Vasco). pp. 193-201.

39. MAROEULLI, W; DA SILVA, H; OLIVEIRA, C. 1997. Produção de tomate industrial sob diferentes regimes de umidade no solo. Pesquisa Agropecuária Brasileira. 26: 1531-1537.
40. _____; SILVA, W. 2007. Water tension thresholds for processing tomatoes under drip irrigation in Central Brazil. Irrigation Science. 25: 411-418.
41. NUEZ, F. 1995. El cultivo del tomate. Madrid, España, Mundi-Prensa. 793 p.
42. NUÑEZ 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. 63p.
43. PASCUAL, B.; BARDISI, A.; LOPEZ, S.; ALAGARDA, J.; MAROTO, J. 1998. Influencia del riego y del potencial matricial en el rendimiento y en el rajado de tomate (*Lycopersicon lycopersicum* (L.) Fawell). Prod prot veg. 13: 5-19.
44. RAMOS, C.; CASTEL, J.R.; GOMEZ, D. 1985. La calibración de la sonda de neutrones en estudios de riego y evapotranspiración. In: IV Jornadas Técnicas Sobre Riego (1985, Murcia). 8 p.
45. REICHARDT, K; TIMM, L.C. 2004. Solo, planta e atmosfera: Conceitos, processos e aplicações. Sao Paulo, Brazil, Manole. 478 p.
46. RENQUIST. A.R.; REID J.B. 2001. Processing tomato fruit quality: influence of soil water deficits at flowering and ripening. Australian Journal Agricultural Research. 52: 793:799.
47. RICHARDS, L.A. 1947. Pressure-membrane apparatus construction and use. Agricultural Engineer. 28: 451-454.
48. RODRIGUEZ DEL RINCÓN, A. 1975. El tomate para conserva. Madrid, España, Ministerio de Agricultura. 210p.
49. RUDICH, J.; KLMAR, D.; GEIZENBERG, C; HAREL, S. 1977. Low water tensions in defined growth stages of processing tomato plants and their effects and quality. Journal of Horticultural Science. 52: 391-399.

50. SANDERS, D.; HOWELL, T.; HILE, M.; HODGES, L.; MEEK, D.; PHENE, C. 1989. Yield and quality of processing tomatoes in response to irrigation rate and schedule. *Journal of American Society Horticultural Science*. 114: 904-908.
51. PEREIRA, L. S. 2004. *Necessidades de Agua e métodos de Rega*. Lisboa, Portugal, Europa-América. 313 p.
52. SILVA, A.; PONCE DE LEON, J.; GARCÍA, F.; DURÁN, A. 1988. Aspectos metodológicos en la determinación de la capacidad de retener agua de los suelos del Uruguay. *Facultad de Agronomía. Boletín de Investigación no. 10*. 21 p.
53. UBILLA, J. 2009. Fortalecimiento de la cadena agroindustrial del tomate en Uruguay, con énfasis en el departamento de Canelones. Informe final de consultoría. Dirección General de Desarrollo Productivo de la Intendencia Municipal de Canelones, Uruguay. 36 p.
54. VAN GENUCHTEN, M.T. 1980. A closed form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. *Soil Science Society of America Journal*. 44: 892-898.
55. WANG, D.; KANG, Y; WAN, S. 2007. Effect of soil matric potential on tomato yield and water use under drip irrigation condition. *Agricultural Water Management*. 87: 180-186.

9. ANEXOS

ANEXO 1: FERTILIZACIÓN

Extracción estimada de nutrientes según rendimiento potencial estimado

		Extracción estimada de nutrientes (Kg/ha)				
		N ¹	P ²	K ³	Ca ⁴	Mg ⁵
Rendimiento potencial regado =	100000	250	45	350	165	30
Rendimiento potencial seco =	30000	75	14	105	50	9

¹Rend. Kg/ha*0.0025, ²Rend. Kg/ha*0.00045, ³Rend. Kg/ha*0.0035, ⁴Rend. Kg/ha*0.00165, ⁵Rend. Kg/ha*0.0003.
Fuente: Woogt, citado por Dogliotti (2007).

Estimación de las necesidades de fertilización nitrogenada según tratamiento:

Cultivo Regado - NITRÓGENO		Cultivo en Secano - NITRÓGENO	
Aporte estimado del suelo ¹ =	84	Aporte estimado del suelo ¹ =	84
Aporte estimado del abono ² =	39	Aporte estimado del abono ² =	39
Eficiencia de uso del N (%) =	70	Eficiencia de uso del N (%) =	55
Aporte con fertilizante ³ =	164	Aporte con fertilizante ³ =	7

Plan de fertilizaciones

Semana pos-trasplante	Cultivo Regado			Cultivo Secano		
	N (kg/ha)	K (kg/ha)	Ca (kg/ha)	N (kg/ha)	K (kg/ha)	Ca (kg/ha)
1	43			43		
2						
3						
4						
5	25	10	5			
6	25	10	5			
7	25	10	5			
8	25	15	5			
9	20	15	5			
10	20	10	5			
11		10	5			
12		10	5			
13		10	5			
14		10				
15						
16						
17						
Total del ciclo	140	110	45	10	7	5

El plan de fertilización responde a las curvas de extracción de nutrientes a lo largo de las etapas del cultivo. Inicialmente requiere P para el desarrollo

radicular, una segunda etapa de intenso crecimiento vegetativo extrae altas cantidades de N. Una tercera de intenso crecimiento de frutos y aumento de carga de racimos, en donde presenta alta extracción de K, y en segundo lugar N, en etapas iniciales de crecimiento deficiencias de Ca provocan podredumbre apical.

Fuentes fertilizantes utilizadas:

Fuente	N	K	Ca
Urea	46	0	0
Nitrato de Potasio	13	46	0
Nitrato de Calcio	15,5	0	30
Cloruro de Potasio	0	61	0

Fertilización inicial: 43 Kg/ha N

Re-fertilizaciones realizadas durante el cultivo:

Fecha	CON RIEGO (dosis/metro de cantero c/2 semanas)			
	K (NitK)	Ca (NitCa)	N aportado*	N urea
04-Dic	6,5	5,0	1,6	12,8
22-Dic	8,2	5,0	1,8	12,3
09-Ene	8,2	5,0	1,8	9,1
29-Ene	6,5	5,0	1,6	0
Fecha	SIN RIEGO (dosis/metro de cantero)			
04-Dic	2,3	2,5	0,7	1,8

*N aportado por el Nitrato de K y de Ca

ANEXO 2: EVALUACIÓN DE PARCELAS AL MOMENTO DE INICIO DE COSECHA

Tamaño de parcela y número de plantas por parcela

Bloque	Nº parcela	tmt.	Parcela en m			Nº plantas			
			Largo	Ancho	Área m ²	normales	Virósicas ¹	con acaro ²	totales
I	1	Secano	6	1,5	9	17	3	4	24
	2	Total	6	1,5	9	19	2	2	23
	3	Parcial	6	1,5	9	20	2	0	22
II	4	Total	6	1,5	9	17	3	2	22
	5	Total	6	1,5	9	20	3	2	25
	6	Secano	7,8	1,5	11,7	18	9	2	29
III	7	Secano	6	1,5	9	19	5	0	24
	8	Total	6	1,5	9	20	4	0	24
	9	Parcial	6	1,5	9	20	3	3	26
IV	10	Parcial	6	1,5	9	19	2	3	24
	11	Secano	6	1,5	9	19	6	0	25
	12	Total	6	1,5	9	20	2	3	25

¹Se consideraron virósicas aquellas con signo visible evidente.

²Se consideraron las plantas con fuerte incidencia de acaro.

Densidad de plantas e incidencia de virus según tratamiento y bloque

Bloque	Nº parcela	tmt.	densidad (pl/ha)		incidencia de virus (%)
			total	pl. sanas	
I	1	Secano	26667	18889	13
	2	Total	25556	21111	9
	3	Parcial	24444	22222	9
II	4	Total	24444	18889	14
	5	Total	27778	22222	12
	6	Secano	24786	15385	31
III	7	Secano	26667	21111	21
	8	Total	26667	22222	17
	9	Parcial	28889	22222	12
IV	10	Parcial	26667	21111	8
	11	Secano	27778	21111	24
	12	Total	27778	22222	8

Observaciones:

- en el bloque IV todos los tratamientos tuvieron alta competencia por malezas.
- todos los tratamientos en secano presentaron al momento de inicio de cosecha fruto maduros con podredumbre apical caídos, que no llegaron a ser cosechados.

ANEXO 3: ESTIMACIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS DEL CULTIVO

Estimación de la demanda del cultivo y el tiempo de riego:

Día	Fecha	ET _o mm	K _c	ET _c mm	Dosis Bruta mm	Tiempo de riego necesario min	Lluvias mm
7	29/10/2008	4,220	0,60	2,53	3,13	59	0,00
8	30/10/2008	4,208	0,60	2,52	3,12	59	0,00
9	31/10/2008	4,455	0,60	2,67	3,30	63	0,00
10	01/11/2008	4,916	0,60	2,95	3,64	69	0,00
11	02/11/2008	4,634	0,60	2,78	3,43	65	0,00
12	03/11/2008	4,406	0,60	2,64	3,26	62	0,00
13	04/11/2008	5,250	0,60	3,15	3,89	74	0,25
14	05/11/2008	5,224	0,60	3,13	3,87	73	0,00
15	06/11/2008	5,517	0,60	3,31	4,09	77	0,00
16	07/11/2008	5,163	0,60	3,10	3,82	72	0,25
17	08/11/2008	4,400	0,60	2,64	3,26	62	0,00
18	09/11/2008	5,693	0,60	3,42	4,22	80	0,00
19	10/11/2008	5,080	0,60	3,05	3,76	71	0,00
20	11/11/2008	4,825	0,60	2,90	3,57	68	0,25
21	12/11/2008	5,605	0,60	3,36	4,15	79	0,00
22	13/11/2008	5,742	0,60	3,45	4,25	81	0,00
23	14/11/2008	5,553	0,60	3,33	4,11	78	0,00
24	15/11/2008	3,834	0,60	2,30	2,84	54	0,00
25	16/11/2008	5,027	0,60	3,02	3,72	71	0,00
26	17/11/2008	5,214	0,60	3,13	3,86	73	0,00
27	18/11/2008	5,291	0,60	3,17	3,92	74	0,00
28	19/11/2008	5,091	0,60	3,05	3,77	71	0,00
29	20/11/2008	5,704	0,62	3,53	4,35	83	0,00
30	21/11/2008	6,048	0,64	3,85	4,75	90	0,00
31	22/11/2008	7,216	0,66	4,73	5,84	111	0,00
32	23/11/2008	7,177	0,67	4,83	5,97	113	0,00
33	24/11/2008	6,820	0,69	4,72	5,82	110	0,00
34	25/11/2008	6,653	0,71	4,72	5,83	110	0,00
35	26/11/2008	5,895	0,73	4,29	5,30	100	0,00
36	27/11/2008	7,506	0,75	5,60	6,92	131	0,00
37	28/11/2008	4,933	0,77	3,77	4,66	88	0,00
38	29/11/2008	1,551	0,78	1,21	1,50	28	12,35
39	30/11/2008	2,587	0,80	2,07	2,56	49	3,75
40	01/12/2008	2,424	0,82	1,99	2,45	46	3,53
41	02/12/2008	2,511	0,84	2,11	2,60	49	3,79
42	03/12/2008	3,975	0,86	3,41	4,20	80	0,00
43	04/12/2008	4,165	0,88	3,64	4,50	85	0,00
44	05/12/2008	5,198	0,89	4,64	5,73	109	0,00
45	06/12/2008	5,869	0,91	5,35	6,61	125	0,00

46	07/12/2008	6,163	0,93	5,73	7,08	134	0,00
47	08/12/2008	5,237	0,95	4,97	6,13	116	0,00
48	09/12/2008	5,054	0,97	4,89	6,03	114	0,00
49	10/12/2008	4,582	0,99	4,51	5,57	106	0,00
50	11/12/2008	5,611	1,00	5,63	6,95	132	0,00
51	12/12/2008	6,301	1,02	6,44	7,95	151	0,00
52	13/12/2008	6,139	1,04	6,38	7,88	149	0,00
53	14/12/2008	6,244	1,06	6,61	8,16	155	0,00
54	15/12/2008	6,235	1,08	6,71	8,29	157	0,00
55	16/12/2008	6,949	1,10	7,61	9,39	178	0,00
56	17/12/2008	6,644	1,11	7,40	9,13	173	0,00
57	18/12/2008	6,475	1,13	7,33	9,05	171	0,00
58	19/12/2008	6,643	1,15	7,64	9,43	179	0,00
59	20/12/2008	7,967	1,15	9,16	11,31	214	0,00
60	21/12/2008	5,051	1,15	5,81	7,17	136	0,00
61	22/12/2008	5,348	1,15	6,15	7,59	144	0,00
62	23/12/2008	4,730	1,15	5,44	6,72	127	0,00
63	24/12/2008	5,611	1,15	6,45	7,97	151	0,00
64	25/12/2008	4,522	1,15	5,20	6,42	122	0,00
65	26/12/2008	6,404	1,15	7,36	9,09	172	0,00
66	27/12/2008	5,645	1,15	6,49	8,01	152	4,30
67	28/12/2008	5,601	1,15	6,44	7,95	151	18,02
68	29/12/2008	5,407	1,15	6,22	7,68	145	0,00
69	30/12/2008	5,476	1,15	6,30	7,78	147	0,00
70	31/12/2008	4,068	1,15	4,68	5,78	109	0,00
71	01/01/2009	5,534	1,15	6,36	7,86	149	0,00
72	02/01/2009	5,849	1,15	6,73	8,30	157	0,00
73	03/01/2009	5,699	1,15	6,55	8,09	153	0,00
74	04/01/2009	5,983	1,15	6,88	8,49	161	0,00
75	05/01/2009	7,520	1,15	8,65	10,68	202	0,00
76	06/01/2009	6,348	1,15	7,30	9,01	171	0,00
77	07/01/2009	6,488	1,15	7,46	9,21	175	0,00
78	08/01/2009	6,479	1,15	7,45	9,20	174	0,00
79	09/01/2009	6,453	1,15	7,42	9,16	174	0,00
80	10/01/2009	4,573	1,15	5,26	6,49	123	0,00
81	11/01/2009	5,597	1,15	6,44	7,95	151	0,00
82	12/01/2009	4,954	1,15	5,70	7,03	133	0,00
83	13/01/2009	6,121	1,15	7,04	8,69	165	6,10
84	14/01/2009	6,211	1,15	7,14	8,82	167	1,00
85	15/01/2009	6,197	1,15	7,13	8,80	167	0,25
86	16/01/2009	6,903	1,15	7,94	9,80	186	0,00
87	17/01/2009	6,598	1,15	7,59	9,37	177	2,03
88	18/01/2009	6,423	1,14	7,30	9,01	171	1,51
89	19/01/2009	5,471	1,12	6,14	7,58	144	0,00

90	20/01/2009	6,103	1,11	6,77	8,36	158	0,00
91	21/01/2009	6,751	1,10	7,40	9,13	173	0,00
92	22/01/2009	7,367	1,08	7,97	9,84	186	0,00
93	23/01/2009	8,657	1,07	9,25	11,42	216	0,00
94	24/01/2009	8,349	1,05	8,80	10,87	206	0,00
95	25/01/2009	5,124	1,04	5,33	6,58	125	0,00
96	26/01/2009	4,820	1,03	4,95	6,11	116	0,00
97	27/01/2009	5,242	1,01	5,31	6,56	124	0,00
98	28/01/2009	3,531	1,00	3,53	4,36	83	0,00
99	29/01/2009	1,692	0,99	1,67	2,06	39	21,05
100	30/01/2009	1,200	0,97	1,17	1,44	27	25,36
101	31/01/2009	3,789	0,96	3,63	4,49	85	3,29
102	01/02/2009	5,534	0,95	5,23	6,46	122	0,00
103	02/02/2009	5,849	0,93	5,45	6,73	127	0,00
104	03/02/2009	5,699	0,92	5,23	6,46	122	24,13
105	04/02/2009	5,983	0,90	5,41	6,68	127	0,25
106	05/02/2009	7,520	0,89	6,70	8,27	157	0,00
107	06/02/2009	6,348	0,88	5,57	6,88	130	0,00
108	07/02/2009	6,488	0,86	5,60	6,92	131	0,00
109	08/02/2009	6,479	0,85	5,51	6,80	129	0,00
110	09/02/2009	6,453	0,84	5,40	6,66	126	0,00
111	10/02/2009	4,573	0,82	3,76	4,64	88	22,09
112	11/02/2009	5,597	0,81	4,53	5,59	106	2,03
113	12/02/2009	4,954	0,80	3,94	4,87	92	0,00
114	13/02/2009	6,121	0,78	4,79	5,91	112	0,00
115	14/02/2009	6,211	0,77	4,77	5,89	112	0,00
116	15/02/2009	6,197	0,75	4,68	5,77	109	0,00
117	16/02/2009	6,903	0,74	5,11	6,31	120	12,95
118	17/02/2009	6,598	0,73	4,80	5,92	112	0,25
119	18/02/2009	6,423	0,71	4,58	5,66	107	0,25
120	19/02/2009	5,471	0,70	3,83	4,73	90	0,00
total del ciclo				578	714		169

Trasplante: 22/10/08, inicio de tratamientos: 30/10/08.

Eficiencia: 0.81

Ancho de mojado de riego por goteo: 1m, es decir 1 mm = 1 l/h/m de cantero

ANEXO 4: APORTE REAL DE AGUA AL CULTIVO Y ESTIMACIÓN DE DÉFICIT.

Aporte real de agua al cultivo y déficit acumulado estimado en mm:

Día	Fecha	Tiempo real de riego (min)		total aportado (lluvia+riego) (mm)			Déficit acumulado (mm)		
		parcial	total	parcial	total	secano	parcial	total	secano
9	31/10/2008	10	15	0,53	0,79	0,00	2,8	2,5	3
10	01/11/2008			0,00	0,00	0,00	6	6	7
11	02/11/2008	28	40	1,48	2,11	0,00	8	7	10
12	03/11/2008			0,00	0,00	0,00	12	11	14
13	04/11/2008	15	20	1,04	1,31	0,25	14	13	17
14	05/11/2008	30	40	1,58	2,11	0,00	17	15	21
15	06/11/2008			0,00	0,00	0,00	21	19	25
16	07/11/2008			0,25	0,25	0,25	24	23	29
17	08/11/2008	30	40	1,58	2,11	0,00	26	24	32
18	09/11/2008			0,00	0,00	0,00	30	28	36
19	10/11/2008	25	35	1,32	1,85	0,00	33	30	40
20	11/11/2008	25	35	1,57	2,10	0,25	35	31	43
21	12/11/2008	25	35	1,32	1,85	0,00	38	34	48
22	13/11/2008			0,00	0,00	0,00	42	38	52
23	14/11/2008	25	35	1,32	1,85	0,00	45	40	56
24	15/11/2008			0,00	0,00	0,00	47	43	59
25	16/11/2008			0,00	0,00	0,00	51	47	62
26	17/11/2008	25	35	1,32	1,85	0,00	54	49	66
27	18/11/2008	30	45	1,58	2,38	0,00	56	50	70
28	19/11/2008	25	35	1,32	1,85	0,00	59	52	74
29	20/11/2008	30	45	1,58	2,38	0,00	61	54	78
30	21/11/2008	40	60	2,11	3,17	0,00	64	56	83
31	22/11/2008			0,00	0,00	0,00	70	62	89
32	23/11/2008			0,00	0,00	0,00	76	68	95
33	24/11/2008	50	70	2,64	3,69	0,00	79	70	101
34	25/11/2008	50	70	2,64	3,69	0,00	82	72	107
35	26/11/2008			0,00	0,00	0,00	87	77	112
36	27/11/2008	60	80	3,17	4,22	0,00	91	80	119
37	28/11/2008	25	30	1,32	1,58	0,00	95	83	123
38	29/11/2008	25	30	13,67	13,93	12,35	95	83	123
39	30/11/2008			3,75	3,75	3,75	95	83	123
40	01/12/2008	28	40	5,01	5,64	3,53	95	83	123
41	02/12/2008			3,79	3,79	3,79	95	83	123
42	03/12/2008	28	45	1,48	2,38	0,00	95	83	123
43	04/12/2008	40	60	2,11	3,17	0,00	95	83	123
44	05/12/2008			0,00	0,00	0,00	95	83	123
45	06/12/2008			0,00	0,00	0,00	95	83	123
46	07/12/2008			0,00	0,00	0,00	95	83	123

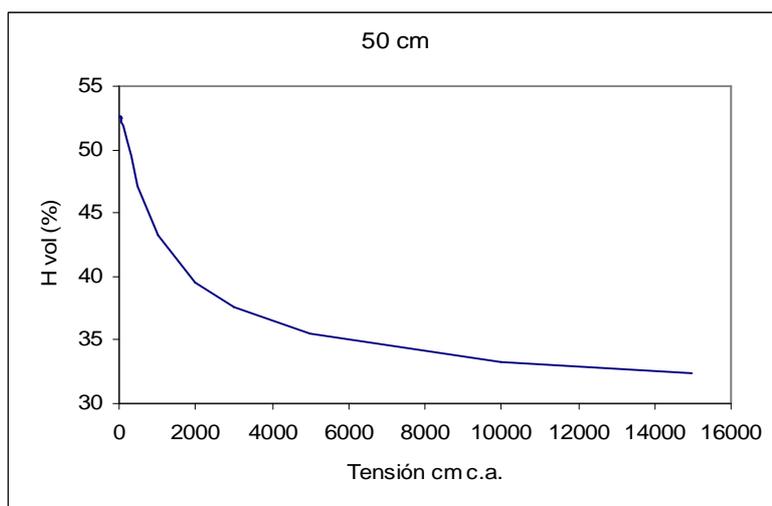
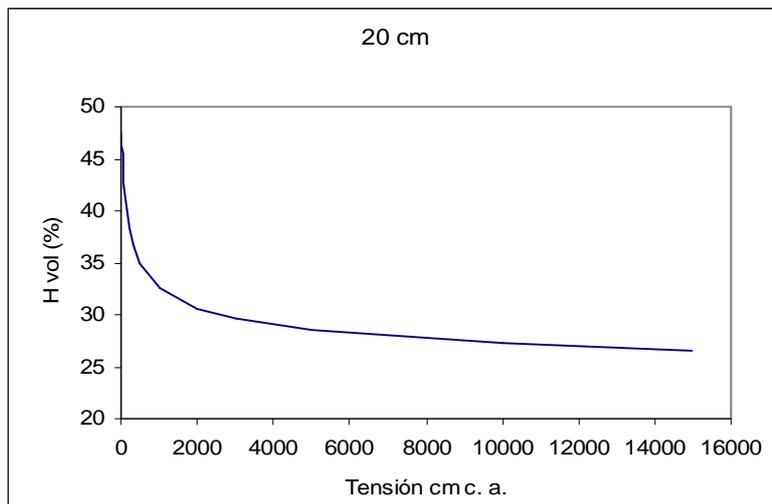
47	08/12/2008	40	60	2,11	3,17	0,00	95	86	129
48	09/12/2008	25	35	1,32	1,85	0,00	100	90	135
49	10/12/2008			0,00	0,00	0,00	105	96	141
50	11/12/2008	40	60	2,11	3,17	0,00	110	100	148
51	12/12/2008	60	90	3,17	4,75	0,00	115	103	156
52	13/12/2008	60	90	3,17	4,75	0,00	120	106	164
53	14/12/2008	70	100	3,69	5,28	0,00	124	109	172
54	15/12/2008	70	100	3,69	5,28	0,00	129	112	180
55	16/12/2008	70	110	3,69	5,81	0,00	134	115	189
56	17/12/2008	70	100	3,69	5,28	0,00	140	119	198
57	18/12/2008	70	100	3,69	5,28	0,00	145	123	208
58	19/12/2008			0,00	0,00	0,00	155	132	217
59	20/12/2008	85	120	4,49	6,33	0,00	161	137	228
60	21/12/2008	70	100	3,69	5,28	0,00	165	139	235
61	22/12/2008	70	100	3,69	5,28	0,00	169	142	243
62	23/12/2008	70	100	3,69	5,28	0,00	172	143	250
63	24/12/2008	70	100	3,69	5,28	0,00	176	146	258
64	25/12/2008			0,00	0,00	0,00	183	152	264
65	26/12/2008	70	100	3,69	5,28	0,00	188	156	273
66	27/12/2008	85	120	8,79	10,63	4,30	188	156	277
67	28/12/2008			18,02	18,02	18,02	188	156	277
68	29/12/2008	85	120	4,49	6,33	0,00	188	156	277
69	30/12/2008	100	140	5,28	7,39	0,00	188	156	277
70	31/12/2008	100	140	5,28	7,39	0,00	188	156	283
71	01/01/2009			0,00	0,00	0,00	196	156	291
72	02/01/2009	100	150	5,28	7,92	0,00	199	156	299
73	03/01/2009	100	150	5,28	7,92	0,00	202	157	307
74	04/01/2009			0,00	0,00	0,00	210	165	316
75	05/01/2009	100	150	5,28	7,92	0,00	216	168	326
76	06/01/2009	100	150	5,28	7,92	0,00	219	169	335
77	07/01/2009	100	150	5,28	7,92	0,00	223	170	344
78	08/01/2009	120	180	6,33	9,50	0,00	226	170	354
79	09/01/2009	120	180	6,33	9,50	0,00	229	170	363
80	10/01/2009			0,00	0,00	0,00	235	176	369
81	11/01/2009	120	180	6,33	9,50	0,00	237	175	377
82	12/01/2009	100	150	5,28	7,92	0,00	239	174	384
83	13/01/2009	60	90	9,27	10,85	6,10	239	174	387
84	14/01/2009	60	90	4,17	5,75	1,00	244	177	395
85	15/01/2009	60	90	3,42	5,00	0,25	249	181	403
86	16/01/2009	60	90	3,17	4,75	0,00	256	186	413
87	17/01/2009	60	90	5,20	6,78	2,03	260	189	420
88	18/01/2009			1,51	1,51	1,51	267	196	428
89	19/01/2009	40	85	2,11	4,49	0,00	273	199	435
90	20/01/2009	85	120	4,49	6,33	0,00	277	201	444

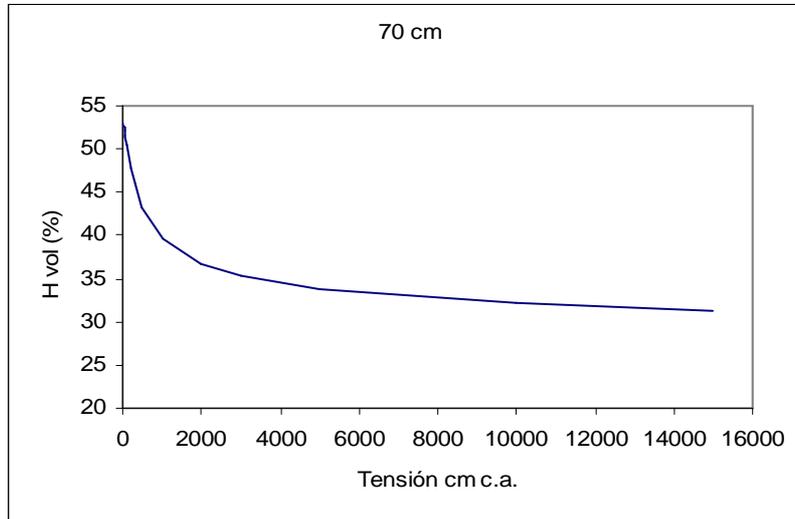
91	21/01/2009			0,00	0,00	0,00	286	210	453
92	22/01/2009	145	240	7,65	12,67	0,00	288	207	463
93	23/01/2009	85	120	4,49	6,33	0,00	295	213	474
94	24/01/2009	85	120	4,49	6,33	0,00	301	217	485
95	25/01/2009			0,00	0,00	0,00	308	224	492
96	26/01/2009	60	90	3,17	4,75	0,00	311	225	498
97	27/01/2009	85	120	4,49	6,33	0,00	313	225	504
98	28/01/2009	60	85	3,17	4,49	0,00	314	225	509
99	29/01/2009			21,05	21,05	21,05	314	225	509
100	30/01/2009			25,36	25,36	25,36	314	225	509
101	31/01/2009			3,29	3,29	3,29	314	225	509
102	01/02/2009			0,00	0,00	0,00	314	225	509
103	02/02/2009	40	60	2,11	3,17	0,00	314	225	509
104	03/02/2009			24,13	24,13	24,13	314	225	509
105	04/02/2009			0,25	0,25	0,25	314	225	509
106	05/02/2009			0,00	0,00	0,00	314	225	509
107	06/02/2009	40	60	2,11	3,17	0,00	314	225	509
108	07/02/2009			0,00	0,00	0,00	314	225	509
109	08/02/2009			0,00	0,00	0,00	314	225	509
110	09/02/2009	60	90	3,17	4,75	0,00	317	227	516
111	10/02/2009	40	90	24,20	26,84	22,09	317	227	516
112	11/02/2009			2,03	2,03	2,03	317	227	516
113	12/02/2009			0,00	0,00	0,00	317	227	516
114	13/02/2009			0,00	0,00	0,00	317	227	516
115	14/02/2009			0,00	0,00	0,00	317	227	522
116	15/02/2009			0,00	0,00	0,00	323	233	528
117	16/02/2009	40	60	15,06	16,12	12,95	323	233	528
118	17/02/2009			0,25	0,25	0,25	323	233	528
119	18/02/2009			0,25	0,25	0,25	323	233	533
120	19/02/2009			0,00	0,00	0,00	328	238	538
total del ciclo		4174	6155	389,32	493,88	169,03			

ANEXO 5: CURVA DE RETENCIÓN DE AGUA EN EL SUELO: ESTIMACIÓN DE CC Y PMP.

Los valores que tomó la ecuación para el mejor ajuste de van Genuchten fueron:

	20 cm	50 cm	70 cm
α	0.0241	0.0022	0.0058
m	0.2114	0.3311	0.2795
n	1.2681	1.4949	1.388
Hres ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$)	0.209	0.28	0.266
Hsat ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$)	0.483	0.527	0.532
Significancia ajuste del modelo (p)	0,00093	0,00049	0,00034
Coefficiente de determinación r^2	0,875	0,887	0,91





Curvas de retención de agua en el suelo a las tres profundidades de monitoreo de humedad del suelo.

Parámetros estimados a partir de las curvas de desorción de agua del suelo

Profundidad	CC	PMP	ADT
20 cm	41,29	26,55	14,74
50 cm	51,90	32,37	19,54
70 cm	50,49	31,30	19,19

CC: contenido de agua en volumen a 0,1 bar = 100 cm.c.a.

PMP: contenido de agua en volumen a 15 bar = 15000 cm.c.a.

ADT: CC-PMP

ANEXO 6: CORRECCIÓN DE VALOR P PARA ESTIMACIÓN AFA

Según los últimos datos de Allen et al. (2006):

Coeficiente p cultivo de tomate con ETP 5 mm día⁻¹ = 0,4

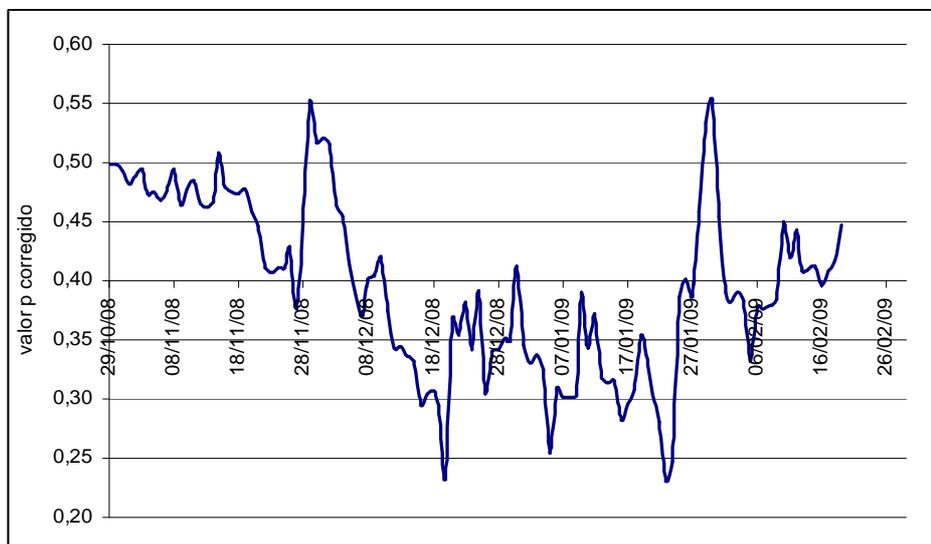
Ecuación de ajuste de p según demanda atmosférica: $P = p_{ETP=5mm/d} + 0,04(5-ETC)$

Estimación de valor p, ADT y AFA

Fecha	valor p corregido	ADT			AFA			CC-AFA		
		20cm	50 cm	70 cm	20 cm	50 cm	70cm	20cm	50cm	70cm
29/10/2008	0,50	14,3	20	19,2	7,13	9,97	9,58	33,87	42,03	40,92
30/10/2008	0,50	14,3	20	19,2	7,14	9,98	9,58	33,86	42,02	40,92
31/10/2008	0,49	14,3	20	19,2	7,05	9,86	9,47	33,95	42,14	41,03
01/11/2008	0,48	14,3	20	19,2	6,89	9,64	9,25	34,11	42,36	41,25
02/11/2008	0,49	14,3	20	19,2	6,99	9,78	9,38	34,01	42,22	41,12
03/11/2008	0,49	14,3	20	19,2	7,07	9,89	9,49	33,93	42,11	41,01
04/11/2008	0,47	14,3	20	19,2	6,78	9,48	9,10	34,22	42,52	41,40
05/11/2008	0,47	14,3	20	19,2	6,79	9,49	9,11	34,21	42,51	41,39
06/11/2008	0,47	14,3	20	19,2	6,69	9,35	8,98	34,31	42,65	41,52
07/11/2008	0,48	14,3	20	19,2	6,81	9,52	9,14	34,19	42,48	41,36
08/11/2008	0,49	14,3	20	19,2	7,07	9,89	9,49	33,93	42,11	41,01
09/11/2008	0,46	14,3	20	19,2	6,63	9,27	8,90	34,37	42,73	41,60
10/11/2008	0,48	14,3	20	19,2	6,84	9,56	9,18	34,16	42,44	41,32
11/11/2008	0,48	14,3	20	19,2	6,92	9,68	9,30	34,08	42,32	41,20
12/11/2008	0,47	14,3	20	19,2	6,66	9,31	8,94	34,34	42,69	41,56
13/11/2008	0,46	14,3	20	19,2	6,61	9,24	8,87	34,39	42,76	41,63
14/11/2008	0,47	14,3	20	19,2	6,67	9,33	8,96	34,33	42,67	41,54
15/11/2008	0,51	14,3	20	19,2	7,26	10,16	9,75	33,74	41,84	40,75
16/11/2008	0,48	14,3	20	19,2	6,85	9,59	9,20	34,15	42,41	41,30
17/11/2008	0,47	14,3	20	19,2	6,79	9,50	9,12	34,21	42,50	41,38
18/11/2008	0,47	14,3	20	19,2	6,76	9,46	9,08	34,24	42,54	41,42
19/11/2008	0,48	14,3	20	19,2	6,83	9,56	9,17	34,17	42,44	41,33
20/11/2008	0,46	14,3	20	19,2	6,56	9,18	8,81	34,44	42,82	41,69
21/11/2008	0,45	14,3	20	19,2	6,38	8,92	8,56	34,62	43,08	41,94
22/11/2008	0,41	14,3	20	19,2	5,88	8,22	7,89	35,12	43,78	42,61
23/11/2008	0,41	14,3	20	19,2	5,82	8,13	7,81	35,18	43,87	42,69
24/11/2008	0,41	14,3	20	19,2	5,88	8,23	7,90	35,12	43,77	42,60
25/11/2008	0,41	14,3	20	19,2	5,88	8,22	7,89	35,12	43,78	42,61
26/11/2008	0,43	14,3	20	19,2	6,12	8,57	8,22	34,88	43,43	42,28
27/11/2008	0,38	14,3	20	19,2	5,37	7,52	7,22	35,63	44,48	43,28
28/11/2008	0,45	14,3	20	19,2	6,42	8,98	8,62	34,58	43,02	41,88
29/11/2008	0,55	14,3	20	19,2	7,89	11,03	10,59	33,11	40,97	39,91
30/11/2008	0,52	14,3	20	19,2	7,39	10,34	9,93	33,61	41,66	40,57
01/12/2008	0,52	14,3	20	19,2	7,44	10,41	9,99	33,56	41,59	40,51
02/12/2008	0,52	14,3	20	19,2	7,38	10,32	9,90	33,62	41,68	40,60

03/12/2008	0,46	14,3	20	19,2	6,63	9,28	8,90	34,37	42,72	41,60
04/12/2008	0,45	14,3	20	19,2	6,50	9,08	8,72	34,50	42,92	41,78
05/12/2008	0,41	14,3	20	19,2	5,92	8,29	7,95	35,08	43,71	42,55
06/12/2008	0,39	14,3	20	19,2	5,52	7,72	7,41	35,48	44,28	43,09
07/12/2008	0,37	14,3	20	19,2	5,30	7,41	7,12	35,70	44,59	43,38
08/12/2008	0,40	14,3	20	19,2	5,74	8,03	7,71	35,26	43,97	42,79
09/12/2008	0,40	14,3	20	19,2	5,79	8,09	7,77	35,21	43,91	42,73
10/12/2008	0,42	14,3	20	19,2	6,00	8,39	8,05	35,00	43,61	42,45
11/12/2008	0,37	14,3	20	19,2	5,36	7,50	7,20	35,64	44,50	43,30
12/12/2008	0,34	14,3	20	19,2	4,90	6,85	6,58	36,10	45,15	43,92
13/12/2008	0,34	14,3	20	19,2	4,93	6,89	6,62	36,07	45,11	43,88
14/12/2008	0,34	14,3	20	19,2	4,80	6,71	6,45	36,20	45,29	44,05
15/12/2008	0,33	14,3	20	19,2	4,74	6,63	6,36	36,26	45,37	44,14
16/12/2008	0,30	14,3	20	19,2	4,23	5,91	5,68	36,77	46,09	44,82
17/12/2008	0,30	14,3	20	19,2	4,35	6,08	5,84	36,65	45,92	44,66
18/12/2008	0,31	14,3	20	19,2	4,39	6,14	5,89	36,61	45,86	44,61
19/12/2008	0,29	14,3	20	19,2	4,21	5,89	5,65	36,79	46,11	44,85
20/12/2008	0,23	14,3	20	19,2	3,34	4,67	4,48	37,66	47,33	46,02
21/12/2008	0,37	14,3	20	19,2	5,26	7,35	7,06	35,74	44,65	43,44
22/12/2008	0,35	14,3	20	19,2	5,06	7,08	6,80	35,94	44,92	43,70
23/12/2008	0,38	14,3	20	19,2	5,47	7,65	7,34	35,53	44,35	43,16
24/12/2008	0,34	14,3	20	19,2	4,89	6,84	6,56	36,11	45,16	43,94
25/12/2008	0,39	14,3	20	19,2	5,61	7,84	7,53	35,39	44,16	42,97
26/12/2008	0,31	14,3	20	19,2	4,37	6,11	5,86	36,63	45,89	44,64
27/12/2008	0,34	14,3	20	19,2	4,87	6,81	6,53	36,13	45,19	43,97
28/12/2008	0,34	14,3	20	19,2	4,90	6,85	6,57	36,10	45,15	43,93
29/12/2008	0,35	14,3	20	19,2	5,02	7,03	6,74	35,98	44,97	43,76
30/12/2008	0,35	14,3	20	19,2	4,98	6,96	6,68	36,02	45,04	43,82
31/12/2008	0,41	14,3	20	19,2	5,90	8,26	7,93	35,10	43,74	42,57
01/01/2009	0,35	14,3	20	19,2	4,94	6,91	6,63	36,06	45,09	43,87
02/01/2009	0,33	14,3	20	19,2	4,73	6,62	6,35	36,27	45,38	44,15
03/01/2009	0,34	14,3	20	19,2	4,83	6,76	6,49	36,17	45,24	44,01
04/01/2009	0,32	14,3	20	19,2	4,64	6,50	6,24	36,36	45,50	44,26
05/01/2009	0,25	14,3	20	19,2	3,63	5,08	4,88	37,37	46,92	45,62
06/01/2009	0,31	14,3	20	19,2	4,40	6,16	5,91	36,60	45,84	44,59
07/01/2009	0,30	14,3	20	19,2	4,31	6,03	5,79	36,69	45,97	44,71
08/01/2009	0,30	14,3	20	19,2	4,32	6,04	5,80	36,68	45,96	44,70
09/01/2009	0,30	14,3	20	19,2	4,34	6,06	5,82	36,66	45,94	44,68
10/01/2009	0,39	14,3	20	19,2	5,57	7,79	7,48	35,43	44,21	43,02
11/01/2009	0,34	14,3	20	19,2	4,90	6,85	6,58	36,10	45,15	43,92
12/01/2009	0,37	14,3	20	19,2	5,32	7,44	7,14	35,68	44,56	43,36
13/01/2009	0,32	14,3	20	19,2	4,55	6,37	6,11	36,45	45,63	44,39
14/01/2009	0,31	14,3	20	19,2	4,49	6,29	6,03	36,51	45,71	44,47
15/01/2009	0,31	14,3	20	19,2	4,50	6,30	6,05	36,50	45,70	44,45

16/01/2009	0,28	14,3	20	19,2	4,04	5,65	5,42	36,96	46,35	45,08
17/01/2009	0,30	14,3	20	19,2	4,24	5,93	5,69	36,76	46,07	44,81
18/01/2009	0,31	14,3	20	19,2	4,40	6,16	5,91	36,60	45,84	44,59
19/01/2009	0,35	14,3	20	19,2	5,07	7,09	6,80	35,93	44,91	43,70
20/01/2009	0,33	14,3	20	19,2	4,71	6,58	6,32	36,29	45,42	44,18
21/01/2009	0,30	14,3	20	19,2	4,35	6,08	5,84	36,65	45,92	44,66
22/01/2009	0,28	14,3	20	19,2	4,02	5,62	5,40	36,98	46,38	45,10
23/01/2009	0,23	14,3	20	19,2	3,29	4,60	4,42	37,71	47,40	46,08
24/01/2009	0,25	14,3	20	19,2	3,54	4,96	4,76	37,46	47,04	45,74
25/01/2009	0,39	14,3	20	19,2	5,53	7,73	7,42	35,47	44,27	43,08
26/01/2009	0,40	14,3	20	19,2	5,75	8,04	7,72	35,25	43,96	42,78
27/01/2009	0,39	14,3	20	19,2	5,54	7,75	7,44	35,46	44,25	43,06
28/01/2009	0,46	14,3	20	19,2	6,56	9,18	8,81	34,44	42,82	41,69
29/01/2009	0,53	14,3	20	19,2	7,63	10,66	10,24	33,37	41,34	40,26
30/01/2009	0,55	14,3	20	19,2	7,91	11,07	10,62	33,09	40,93	39,88
31/01/2009	0,45	14,3	20	19,2	6,50	9,09	8,73	34,50	42,91	41,77
01/02/2009	0,39	14,3	20	19,2	5,59	7,81	7,50	35,41	44,19	43,00
02/02/2009	0,38	14,3	20	19,2	5,46	7,64	7,33	35,54	44,36	43,17
03/02/2009	0,39	14,3	20	19,2	5,59	7,81	7,50	35,41	44,19	43,00
04/02/2009	0,38	14,3	20	19,2	5,48	7,67	7,36	35,52	44,33	43,14
05/02/2009	0,33	14,3	20	19,2	4,75	6,64	6,37	36,25	45,36	44,13
06/02/2009	0,38	14,3	20	19,2	5,39	7,54	7,24	35,61	44,46	43,26
07/02/2009	0,38	14,3	20	19,2	5,37	7,52	7,22	35,63	44,48	43,28
08/02/2009	0,38	14,3	20	19,2	5,43	7,59	7,29	35,57	44,41	43,21
09/02/2009	0,38	14,3	20	19,2	5,49	7,68	7,38	35,51	44,32	43,12
10/02/2009	0,45	14,3	20	19,2	6,43	8,99	8,63	34,57	43,01	41,87
11/02/2009	0,42	14,3	20	19,2	5,99	8,38	8,04	35,01	43,62	42,46
12/02/2009	0,44	14,3	20	19,2	6,33	8,85	8,49	34,67	43,15	42,01
13/02/2009	0,41	14,3	20	19,2	5,84	8,17	7,84	35,16	43,83	42,66
14/02/2009	0,41	14,3	20	19,2	5,85	8,18	7,86	35,15	43,82	42,64
15/02/2009	0,41	14,3	20	19,2	5,91	8,26	7,93	35,09	43,74	42,57
16/02/2009	0,40	14,3	20	19,2	5,65	7,91	7,59	35,35	44,09	42,91
17/02/2009	0,41	14,3	20	19,2	5,84	8,16	7,83	35,16	43,84	42,67
18/02/2009	0,42	14,3	20	19,2	5,96	8,33	8,00	35,04	43,67	42,50
19/02/2009	0,45	14,3	20	19,2	6,39	8,94	8,58	34,61	43,06	41,92



Evolución del coeficiente “p” corregido por ecuación de Allen et al. (2006).

A partir del gráfico anterior se dividió el ciclo del cultivo en 4 etapas, con valores diferenciales del coeficiente p estimados.

Cuadro resumen valor p, ADT y AFA según período de cultivo

Profundidad	período	valor p corregido promedio	ADT	AFA	límite inferior AFA
20 cm	29/10/08-21/11/08	0,48	14,30	6,84	34,16
	22/11/08-11/12/08	0,42	14,30	6,21	34,79
	12/12/08-25/01/09	0,33	14,30	4,64	36,36
	26/01/09-19/02/09	0,42	14,30	5,95	35,05
50 cm	29/10/08-21/11/08	0,48	20,00	9,57	42,43
	22/11/08-11/12/08	0,42	20,00	8,69	43,31
	12/12/08-25/01/09	0,33	20,00	6,49	45,51
	26/01/09-19/02/09	0,42	20,00	8,31	43,69
70 cm	29/10/08-21/11/08	0,48	19,20	9,18	51,32
	22/11/08-11/12/08	0,42	19,20	8,34	42,16
	12/12/08-25/01/09	0,33	19,20	6,23	44,27
	26/01/09-19/02/09	0,42	19,20	7,98	42,52

ADT, AFA, límite inferior AFA expresado en mm/10 cm suelo.

ANEXO 7: PLANILLAS DATOS DE ANÁLISIS DESTRUCTIVO

Muestreo Destructivo: N° hojas, peso seco por órgano, AF y AFE

Fecha	Tratamiento	Bloque	N°hojas	PS órganos (g)				AF cm2/pl	AFE cm2/g
				PStallo	PShoja	PSfruto	PStotal		
18/11/2008	secano	1	18,50	1,14	2,03	0,00	3,16	142,70	70,65
18/11/2008	secano	2	28,50	1,62	3,84	0,00	5,46	647,07	167,19
18/11/2008	secano	3	25,00	1,45	3,31	0,00	4,76	507,18	153,35
18/11/2008	secano	4	33,00	2,23	5,38	0,21	7,82	719,89	133,68
18/11/2008	riego parcial	1	40,50	3,82	9,46	0,00	13,28	1319,46	141,41
18/11/2008	riego parcial	2	44,50	5,15	10,89	0,17	16,21	1588,32	146,43
18/11/2008	riego parcial	3	40,00	3,67	7,77	0,02	11,46	1143,19	146,86
18/11/2008	riego parcial	4	41,00	3,48	7,34	0,44	11,26	1053,28	142,62
18/11/2008	riego total	1	45,00	6,47	14,80	0,11	21,38	1580,37	115,10
18/11/2008	riego total	2	45,50	3,74	7,77	0,02	11,52	1239,11	160,32
18/11/2008	riego total	3	41,00	5,40	13,00	0,60	19,00	2017,26	155,87
18/11/2008	riego total	4	47,00	4,06	8,58	0,02	12,65	1085,71	127,04
16/12/2008	secano	1	76,00	13,58	21,61	12,09	47,27	3224,77	145,02
16/12/2008	secano	2	61,50	14,45	23,04	20,50	57,98	2837,92	124,34
16/12/2008	secano	3	61,00	13,16	21,39	16,22	50,76	3057,95	136,65
16/12/2008	secano	4	56,00	10,47	16,51	17,67	44,65	1942,48	117,74
16/12/2008	riego parcial	1	88,00	24,46	30,15	28,78	83,39	4835,98	155,87
16/12/2008	riego parcial	2	86,00	22,33	36,56	26,75	85,63	6111,28	168,21
16/12/2008	riego parcial	3	108,50	40,41	55,80	23,56	119,76	6956,26	127,25
16/12/2008	riego parcial	4	70,50	21,83	31,29	21,95	75,07	5710,69	175,18
16/12/2008	riego total	1	85,00	23,85	38,93	25,25	88,02	5274,36	138,52
16/12/2008	riego total	2	92,00	23,68	35,35	30,27	89,29	5213,92	146,88
16/12/2008	riego total	3	97,50	22,79	33,12	35,27	91,17	5381,21	156,53
16/12/2008	riego total	4	94,00	36,77	49,51	35,92	122,19	6716,95	134,45
13/01/2009	secano	1	75,50	27,60	30,23	59,51	117,34	3872,58	126,47
13/01/2009	secano	2	83,50	35,38	47,41	107,02	189,81	5371,00	114,59
13/01/2009	secano	3	89,00	29,16	40,37	61,43	130,95	6405,50	159,34
13/01/2009	secano	4	83,50	17,17	28,24	63,73	109,13	3171,05	112,33
13/01/2009	riego parcial	1	82,00	34,59	52,86	119,99	207,43	9516,61	181,69
13/01/2009	riego parcial	2	123,00	44,39	60,40	82,31	187,09	9880,48	164,74
13/01/2009	riego parcial	3	107,00	36,13	48,97	128,76	213,85	6956,61	148,96
13/01/2009	riego parcial	4	85,50	27,86	38,90	108,54	175,29	5948,55	149,67
13/01/2009	riego total	1	101,50	48,80	63,11	124,57	236,48	9051,67	141,43
13/01/2009	riego total	2	114,50	48,59	70,95	111,33	230,86	9182,59	128,62
13/01/2009	riego total	3	119,50	53,98	58,25	112,74	224,97	9314,83	172,79
13/01/2009	riego total	4	100,00	38,16	45,52	131,25	214,93	5642,37	123,65
10/02/2009	secano	1	125,00	23,38	40,13	83,97	147,47	6390,27	160,63
10/02/2009	secano	2	59,50	25,17	37,75	96,35	159,27	4784,75	139,53
10/02/2009	secano	3	141,50	35,83	58,93	115,84	210,59	9401,61	188,53

10/02/2009	secano	4	62,00	13,38	18,09	43,99	75,45	1983,55	104,98
10/02/2009	riego parcial	1	177,50	42,15	64,61	155,37	262,13	8607,78	133,45
10/02/2009	riego parcial	2	210,00	46,71	69,43	129,52	245,66	11751,75	168,60
10/02/2009	riego parcial	3	123,00	44,60	61,26	114,60	220,46	9356,62	150,15
10/02/2009	riego parcial	4	134,00	43,21	52,46	96,89	192,55	5377,53	103,29
10/02/2009	riego total	1	199,00	52,14	74,93	192,05	319,12	9356,80	124,71
10/02/2009	riego total	2	184,00	55,47	86,00	168,88	310,34	11425,32	131,30
10/02/2009	riego total	3	167,50	71,18	91,62	173,76	336,56	12207,84	132,11
10/02/2009	riego total	4	169,00	46,38	61,14	116,34	223,86	10755,89	175,89

Partición de materia seca entre órganos aéreos

Fecha	Tratamiento	Bloque	partición %			partición transformada		
			tallo	hoja	fruto	tallo	hoja	fruto
18/11/2008	secano	1	35,92	64,08	0,00	0,65303	0,93861	0,10017
18/11/2008	secano	2	29,67	70,33	0,00	0,58693	1,00576	0,10017
18/11/2008	secano	3	30,39	69,61	0,00	0,59470	0,99784	0,10017
18/11/2008	secano	4	28,52	68,80	2,69	0,57435	0,98895	0,19317
18/11/2008	riego parcial	1	28,78	71,22	0,00	0,57719	1,01570	0,10017
18/11/2008	riego parcial	2	31,78	67,17	1,05	0,60960	0,97136	0,14364
18/11/2008	riego parcial	3	32,04	67,83	0,13	0,61235	0,97847	0,10655
18/11/2008	riego parcial	4	30,92	65,17	3,91	0,60040	0,95007	0,22343
18/11/2008	riego total	1	30,27	69,24	0,49	0,59340	0,99378	0,12242
18/11/2008	riego total	2	32,47	67,40	0,13	0,61688	0,97388	0,10651
18/11/2008	riego total	3	28,43	68,41	3,16	0,57339	0,98477	0,20537
18/11/2008	riego total	4	32,06	67,79	0,16	0,61253	0,97799	0,10782
16/12/2008	secano	1	28,73	45,71	25,57	0,57667	0,75243	0,54150
16/12/2008	secano	2	24,91	39,74	35,35	0,53409	0,69224	0,64713
16/12/2008	secano	3	25,92	42,13	31,95	0,54548	0,71652	0,61138
16/12/2008	secano	4	23,45	36,97	39,58	0,51724	0,66390	0,69062
16/12/2008	riego parcial	1	29,33	36,16	34,51	0,58321	0,65552	0,63844
16/12/2008	riego parcial	2	26,08	42,69	31,23	0,54727	0,72212	0,60376
16/12/2008	riego parcial	3	33,74	46,59	19,67	0,63031	0,76128	0,47200
16/12/2008	riego parcial	4	29,08	41,68	29,24	0,58051	0,71195	0,58225
16/12/2008	riego total	1	27,09	44,23	28,68	0,55861	0,73761	0,57615
16/12/2008	riego total	2	26,51	39,58	33,90	0,55218	0,69068	0,63201
16/12/2008	riego total	3	24,99	36,32	38,69	0,53498	0,65722	0,68151
16/12/2008	riego total	4	30,09	40,52	29,39	0,59146	0,70017	0,58392
13/01/2009	secano	1	23,52	25,76	50,72	0,51805	0,54372	0,80256
13/01/2009	secano	2	18,64	24,98	56,38	0,45910	0,53482	0,85951
13/01/2009	secano	3	22,27	30,83	46,91	0,50332	0,59940	0,76448
13/01/2009	secano	4	15,73	25,88	58,39	0,42137	0,54502	0,87990
13/01/2009	riego parcial	1	16,68	25,48	57,84	0,43391	0,54054	0,87430
13/01/2009	riego parcial	2	23,72	32,28	43,99	0,52041	0,61494	0,73525

13/01/2009	riego parcial	3	16,89	22,90	60,21	0,43675	0,51079	0,89844
13/01/2009	riego parcial	4	15,89	22,19	61,92	0,42357	0,50242	0,91605
13/01/2009	riego total	1	20,63	26,69	52,68	0,48378	0,55412	0,82221
13/01/2009	riego total	2	21,05	30,73	48,22	0,48878	0,59837	0,77762
13/01/2009	riego total	3	23,99	25,89	50,11	0,52354	0,54517	0,79654
13/01/2009	riego total	4	17,76	21,18	61,07	0,44790	0,49037	0,90726
10/02/2009	secano	1	15,85	27,21	56,94	0,42299	0,55995	0,86511
10/02/2009	secano	2	15,80	23,70	60,50	0,42236	0,52014	0,90139
10/02/2009	secano	3	17,01	27,98	55,01	0,43831	0,56847	0,84561
10/02/2009	secano	4	17,73	23,97	58,30	0,44753	0,52324	0,87899
10/02/2009	riego parcial	1	16,08	24,65	59,27	0,42605	0,53105	0,88885
10/02/2009	riego parcial	2	19,01	28,26	52,72	0,46382	0,57156	0,82267
10/02/2009	riego parcial	3	20,23	27,79	51,98	0,47886	0,56633	0,81524
10/02/2009	riego parcial	4	22,44	27,24	50,32	0,50540	0,56029	0,79857
10/02/2009	riego total	1	16,34	23,48	60,18	0,42948	0,51756	0,89818
10/02/2009	riego total	2	17,87	27,71	54,42	0,44940	0,56547	0,83968
10/02/2009	riego total	3	21,15	27,22	51,63	0,49000	0,56007	0,81169
10/02/2009	riego total	4	20,72	27,31	51,97	0,48479	0,56106	0,81512

ANEXO 8: PLANILLAS DATOS DE SEGUIMIENTO SEMANAL

Seguimiento semanal: N° racimos florecidos y cuajados, N° de frutos por racimo y N° de frutos por planta.

FECHA	TMTO	Bloque	N°rac. Florecidos	N°rac cuajados	N° fruto/racimo	N° fruto/pl
03/11/2008	secano	1	0,0	0,0	0,0	0,0
03/11/2008	secano	2	0,0	0,0	0,0	0,0
03/11/2008	secano	3	0,5	0,0	0,0	0,0
03/11/2008	secano	4	0,0	0,0	0,0	0,0
03/11/2008	riego parcial	1	0,5	0,0	0,0	0,0
03/11/2008	riego parcial	2	0,0	0,0	0,0	0,0
03/11/2008	riego parcial	3	0,5	0,0	0,0	0,0
03/11/2008	riego parcial	4	0,0	0,0	0,0	0,0
03/11/2008	riego total	1	0,0	0,0	0,0	0,0
03/11/2008	riego total	2	0,0	0,0	0,0	0,0
03/11/2008	riego total	3	0,0	0,0	0,0	0,0
03/11/2008	riego total	4	0,0	0,0	0,0	0,0
10/11/2008	secano	1	0,5	0,0	0,0	0,0
10/11/2008	secano	2	0,5	0,0	0,0	0,0
10/11/2008	secano	3	0,0	0,5	0,5	0,5
10/11/2008	secano	4	1,0	0,0	0,0	0,0
10/11/2008	riego parcial	1	1,0	0,0	0,0	0,0
10/11/2008	riego parcial	2	0,0	0,0	0,0	0,0
10/11/2008	riego parcial	3	0,5	0,0	0,0	0,0
10/11/2008	riego parcial	4	0,5	0,0	0,0	0,0
10/11/2008	riego total	1	1,0	0,0	0,0	0,0
10/11/2008	riego total	2	0,0	0,0	0,0	0,0
10/11/2008	riego total	3	0,5	0,0	0,0	0,0
10/11/2008	riego total	4	0,5	0,0	0,0	0,0
18/11/2008	secano	1	1,0	1,0	1,5	1,5
18/11/2008	secano	2	1,5	0,5	1,0	1,0
18/11/2008	secano	3	1,5	0,5	1,0	1,0
18/11/2008	secano	4	1,5	0,5	1,0	1,0
18/11/2008	riego parcial	1	1,0	1,0	2,0	2,0
18/11/2008	riego parcial	2	0,5	0,5	0,5	0,5
18/11/2008	riego parcial	3	1,0	1,0	1,0	2,0
18/11/2008	riego parcial	4	2,0	0,5	1,0	1,0
18/11/2008	riego total	1	1,5	1,5	1,3	2,0
18/11/2008	riego total	2	1,0	1,0	1,5	1,5
18/11/2008	riego total	3	0,5	0,5	1,0	1,0
18/11/2008	riego total	4	1,5	0,5	0,5	0,5
24/11/2008	secano	1	1,0	1,0	2,5	2,5
24/11/2008	secano	2	1,0	2,0	2,5	5,0
24/11/2008	secano	3	2,0	1,5	1,8	3,0

24/11/2008	secano	4	1,5	2,0	2,8	5,5
24/11/2008	riego parcial	1	2,0	2,5	3,9	9,5
24/11/2008	riego parcial	2	1,0	1,0	2,0	4,0
24/11/2008	riego parcial	3	0,5	2,0	2,5	5,0
24/11/2008	riego parcial	4	2,0	2,5	2,7	6,5
24/11/2008	riego total	1	0,5	3,0	3,2	9,5
24/11/2008	riego total	2	1,5	2,5	2,2	5,5
24/11/2008	riego total	3	1,5	2,5	2,6	6,5
24/11/2008	riego total	4	1,5	2,5	2,3	6,0
01/12/2008	secano	1	1,0	2,5	2,9	7,5
01/12/2008	secano	2	4,5	2,5	3,7	9,5
01/12/2008	secano	3	2,0	3,0	2,8	8,5
01/12/2008	secano	4	4,0	3,5	3,2	11,0
01/12/2008	riego parcial	1	9,0	6,5	2,6	17,0
01/12/2008	riego parcial	2	5,5	3,0	2,6	9,0
01/12/2008	riego parcial	3	8,0	2,5	4,0	10,0
01/12/2008	riego parcial	4	8,0	3,5	2,6	8,5
01/12/2008	riego total	1	7,5	6,0	2,7	16,0
01/12/2008	riego total	2	9,0	4,0	2,4	9,5
01/12/2008	riego total	3	9,0	6,0	2,6	15,5
01/12/2008	riego total	4	5,0	5,0	2,2	11,0
09/12/2008	secano	1	3,5	3,5	3,3	11,5
09/12/2008	secano	2	6,5	6,0	2,4	14,5
09/12/2008	secano	3	5,0	5,0	3,0	15,0
09/12/2008	secano	4	0,5	6,5	3,1	20,0
09/12/2008	riego parcial	1	9,5	12,5	2,6	32,0
09/12/2008	riego parcial	2	7,5	8,0	2,6	20,5
09/12/2008	riego parcial	3	9,5	7,0	2,9	20,5
09/12/2008	riego parcial	4	3,5	10,5	2,4	26,0
09/12/2008	riego total	1	8,0	12,0	2,6	31,0
09/12/2008	riego total	2	6,0	9,5	2,2	21,0
09/12/2008	riego total	3	7,5	14,0	2,5	35,0
09/12/2008	riego total	4	4,0	9,5	3,0	27,5
15/12/2008	secano	1	6,5	6,0	2,9	16,5
15/12/2008	secano	2	6,5	8,0	2,7	20,5
15/12/2008	secano	3	8,0	8,5	2,7	23,5
15/12/2008	secano	4	1,0	13,0	2,6	32,5
15/12/2008	riego parcial	1	5,0	18,5	2,5	45,5
15/12/2008	riego parcial	2	6,0	10,0	2,8	27,5
15/12/2008	riego parcial	3	8,0	13,0	2,5	32,5
15/12/2008	riego parcial	4	6,0	13,0	2,4	31,0
15/12/2008	riego total	1	3,5	17,0	2,7	46,0
15/12/2008	riego total	2	3,0	13,5	2,1	27,5
15/12/2008	riego total	3	4,5	20,5	2,6	54,0

15/12/2008	riego total	4	4,5	14,0	2,6	36,5
22/12/2008	secano	1	3,5	13,0	2,8	36,0
22/12/2008	secano	2	4,0	17,0	2,5	42,0
22/12/2008	secano	3	5,0	22,5	2,3	52,0
22/12/2008	secano	4	0,0	13,5	2,5	32,5
22/12/2008	riego parcial	1	2,5	27,5	2,4	67,0
22/12/2008	riego parcial	2	2,0	20,0	2,7	53,5
22/12/2008	riego parcial	3	5,0	25,0	2,5	63,5
22/12/2008	riego parcial	4	1,5	19,0	2,6	50,0
22/12/2008	riego total	1	3,5	25,5	2,7	68,0
22/12/2008	riego total	2	1,5	18,0	2,4	42,5
22/12/2008	riego total	3	1,5	28,0	2,7	74,0
22/12/2008	riego total	4	3,5	20,5	2,5	52,0
29/12/2008	secano	1	0,0	16,0	2,3	37,0
29/12/2008	secano	2	2,0	18,5	2,4	44,5
29/12/2008	secano	3	1,5	26,0	2,2	57,0
29/12/2008	secano	4	0,0	14,5	2,6	37,0
29/12/2008	riego parcial	1	1,5	28,5	2,4	68,5
29/12/2008	riego parcial	2	1,0	22,5	2,7	60,0
29/12/2008	riego parcial	3	2,5	29,5	2,5	74,0
29/12/2008	riego parcial	4	2,0	21,0	2,6	55,0
29/12/2008	riego total	1	0,0	28,5	2,6	74,0
29/12/2008	riego total	2	1,0	19,0	2,6	50,0
29/12/2008	riego total	3	1,5	29,5	2,7	80,0
29/12/2008	riego total	4	1,5	22,0	2,5	56,0
14/01/2009	secano	1	sd	21,0	2,7	56,5
14/01/2009	secano	2	sd	20,0	2,5	49,5
14/01/2009	secano	3	sd	27,0	2,2	60,0
14/01/2009	secano	4	sd	16,0	2,2	36,5
14/01/2009	riego parcial	1	sd	36,5	2,2	81,0
14/01/2009	riego parcial	2	sd	28,0	2,4	68,5
14/01/2009	riego parcial	3	sd	32,0	2,5	79,5
14/01/2009	riego parcial	4	sd	22,5	2,4	56,0
14/01/2009	riego total	1	sd	35,0	2,5	88,0
14/01/2009	riego total	2	sd	30,0	2,2	67,0
14/01/2009	riego total	3	sd	26,0	3,0	78,0
14/01/2009	riego total	4	sd	24,5	2,0	50,0

ANEXO 9: PLANILLAS DATOS DE COSECHA

Rendimiento total, comercial y descartes en Kg por ha, por fecha según tratamiento.

FECHA	TMIENTO	Bloque	Kg no rajado	Kg rajados	Kg comercial	Kg podr. Apical	Kg otros descartes	total descartes	Kg total
14/01/2009	riego parcial	1	15333	0	15333	2867	200	3067	18400
14/01/2009	riego parcial	2	10150	0	10150	1278	211	1489	11639
14/01/2009	riego parcial	3	11589	0	11589	2794	628	3422	15011
14/01/2009	riego parcial	4	6250	0	6250	2222	0	2222	8472
14/01/2009	riego total	1	13183	0	13183	2383	122	2506	15689
14/01/2009	riego total	2	14556	0	14556	2333	56	2389	16944
14/01/2009	riego total	3	19628	0	19628	1839	672	2511	22139
14/01/2009	riego total	4	8667	0	8667	3072	278	3350	12017
14/01/2009	secano	1	8206	0	8206	1439	83	1522	9728
14/01/2009	secano	2	6756	0	6756	957	132	1090	7846
14/01/2009	secano	3	9606	0	9606	639	94	733	10339
14/01/2009	secano	4	2983	0	2983	450	150	600	3583
21/01/2009	riego parcial	1	9386	0	9386	967	311	1278	10664
21/01/2009	riego parcial	2	11434	0	11434	1178	267	1444	12879
21/01/2009	riego parcial	3	8231	0	8231	1044	228	1272	9504
21/01/2009	riego parcial	4	3291	0	3291	861	83	944	4235
21/01/2009	riego total	1	13855	0	13855	1400	106	1506	15360
21/01/2009	riego total	2	15655	0	15655	1139	589	1728	17383
21/01/2009	riego total	3	9537	0	9537	167	94	261	9798
21/01/2009	riego total	4	9064	0	9064	1167	450	1617	10680
21/01/2009	secano	1	3011	0	3011	761	217	978	3989
21/01/2009	secano	2	3328	0	3328	1021	0	1021	4349
21/01/2009	secano	3	4381	0	4381	600	39	639	5020
21/01/2009	secano	4	1146	0	1146	833	67	900	2046
28/01/2009	riego parcial	1	5494	0	5494	1132	187	1319	6813
28/01/2009	riego parcial	2	8456	0	8456	1247	368	1614	10070
28/01/2009	riego parcial	3	5727	0	5727	334	160	494	6221
28/01/2009	riego parcial	4	5178	0	5178	731	44	776	5953
28/01/2009	riego total	1	9240	0	9240	1967	200	2167	11407
28/01/2009	riego total	2	13141	0	13141	1190	479	1669	14810
28/01/2009	riego total	3	7487	0	7487	213	571	784	8271
28/01/2009	riego total	4	6764	0	6764	877	336	1212	7977
28/01/2009	secano	1	3563	0	3563	664	0	664	4228
28/01/2009	secano	2	5811	0	5811	985	310	1296	7107
28/01/2009	secano	3	6722	0	6722	619	123	742	7464
28/01/2009	secano	4	2393	0	2393	409	33	442	2836
04/02/2009	riego parcial	1	906	2922	3828	850	339	1189	5017
04/02/2009	riego parcial	2	3033	3006	6039	406	256	661	6700
04/02/2009	riego parcial	3	1700	2567	4267	283	150	433	4700

04/02/2009	riego parcial	4	1822	1961	3783	411	944	1356	5139
04/02/2009	riego total	1	2806	4244	7050	728	1011	1739	8789
04/02/2009	riego total	2	3978	5333	9311	811	617	1428	10739
04/02/2009	riego total	3	3028	2767	5794	267	650	917	6711
04/02/2009	riego total	4	2117	3194	5311	289	267	556	5867
04/02/2009	secano	1	2050	611	2661	333	0	333	2994
04/02/2009	secano	2	2944	3094	6038	594	714	1308	7346
04/02/2009	secano	3	1917	3239	5156	272	244	517	5672
04/02/2009	secano	4	1783	800	2583	228	272	500	3083
19/02/2009	riego parcial	1	2344	1911	4256	744	461	1206	5461
19/02/2009	riego parcial	2	3478	2606	6083	672	722	1394	7478
19/02/2009	riego parcial	3	3578	1039	4617	467	878	1344	5961
19/02/2009	riego parcial	4	3350	1278	4628	400	778	1178	5806
19/02/2009	riego total	1	10289	4806	15094	706	1367	2072	17167
19/02/2009	riego total	2	7128	3456	10583	761	883	1644	12228
19/02/2009	riego total	3	3106	1661	4767	711	622	1333	6100
19/02/2009	riego total	4	5039	1906	6944	378	1356	1733	8678
19/02/2009	secano	1	2100	589	2689	322	283	606	3294
19/02/2009	secano	2	3056	2462	5517	406	556	962	6479
19/02/2009	secano	3	2278	956	3233	367	233	600	3833
19/02/2009	secano	4	2222	1239	3461	211	183	394	3856

Número de frutos total, comercial y descarte por ha, por fecha según tratamiento.

FECHA	TRATAMIENTO	Bloque	Nº no rajado	Nº rajados	Nº comercial	Nº podr. Apical	Nº otros descartes	Total descartes	Nº total frutos
14/01/2009	riego parcial	1	314444	0	314444	160000	5556	165556	480000
14/01/2009	riego parcial	2	221111	0	221111	82222	6667	88889	310000
14/01/2009	riego parcial	3	248889	0	248889	140000	16667	156667	405556
14/01/2009	riego parcial	4	148889	0	148889	142222	0	142222	291111
14/01/2009	riego total	1	234444	0	234444	111111	4444	115556	350000
14/01/2009	riego total	2	252222	0	252222	111111	2222	113333	365556
14/01/2009	riego total	3	365556	0	365556	88889	15556	104444	470000
14/01/2009	riego total	4	166667	0	166667	156667	8889	165556	332222
14/01/2009	secano	1	205556	0	205556	97778	2222	100000	305556
14/01/2009	secano	2	140171	0	140171	55556	4274	59829	200000
14/01/2009	secano	3	223333	0	223333	44444	3333	47778	271111
14/01/2009	secano	4	95556	0	95556	42222	6667	48889	144444
21/01/2009	riego parcial	1	258889	0	258889	70000	10000	80000	338889
21/01/2009	riego parcial	2	302222	0	302222	82222	12222	94444	396667
21/01/2009	riego parcial	3	240000	0	240000	83333	7778	91111	331111
21/01/2009	riego parcial	4	114444	0	114444	57778	3333	61111	175556
21/01/2009	riego total	1	301111	0	301111	90000	4444	94444	395556
21/01/2009	riego total	2	350000	0	350000	58889	15556	74444	424444

21/01/2009	riego total	3	227778	0	227778	10000	3333	13333	241111
21/01/2009	riego total	4	212222	0	212222	63333	12222	75556	287778
21/01/2009	secano	1	118889	0	118889	76667	7778	84444	203333
21/01/2009	secano	2	95726	0	95726	82906	0	82906	178632
21/01/2009	secano	3	122222	0	122222	45556	1111	46667	168889
21/01/2009	secano	4	45556	0	45556	84444	3333	87778	133333
28/01/2009	riego parcial	1	194444	0	194444	60000	6667	66667	261111
28/01/2009	riego parcial	2	255556	0	255556	72222	15556	87778	343333
28/01/2009	riego parcial	3	193333	0	193333	21111	8889	30000	223333
28/01/2009	riego parcial	4	168889	0	168889	38889	3333	42222	211111
28/01/2009	riego total	1	252222	0	252222	78889	5556	84444	336667
28/01/2009	riego total	2	353333	0	353333	56667	14444	71111	424444
28/01/2009	riego total	3	197778	0	197778	8889	16667	25556	223333
28/01/2009	riego total	4	195556	0	195556	50000	11111	61111	256667
28/01/2009	secano	1	155556	0	155556	40000	0	40000	195556
28/01/2009	secano	2	169231	0	169231	58120	9402	67521	236752
28/01/2009	secano	3	224444	0	224444	40000	4444	44444	268889
28/01/2009	secano	4	93333	0	93333	26667	2222	28889	122222
04/02/2009	riego parcial	1	26667	86667	113333	31111	13333	44444	157778
04/02/2009	riego parcial	2	91111	87778	178889	23333	8889	32222	211111
04/02/2009	riego parcial	3	46667	73333	120000	21111	8889	30000	150000
04/02/2009	riego parcial	4	52222	64444	116667	27778	10000	37778	154444
04/02/2009	riego total	1	72222	100000	172222	28889	30000	58889	231111
04/02/2009	riego total	2	95556	136667	232222	27778	20000	47778	280000
04/02/2009	riego total	3	67778	74444	142222	11111	20000	31111	173333
04/02/2009	riego total	4	53333	85556	138889	13333	8889	22222	161111
04/02/2009	secano	1	85556	21111	106667	20000	0	20000	126667
04/02/2009	secano	2	86325	85470	171795	26496	24786	51282	223077
04/02/2009	secano	3	64444	100000	164444	21111	8889	30000	194444
04/02/2009	secano	4	71111	24444	95556	16667	16667	33333	128889
19/02/2009	riego parcial	1	66667	52222	118889	28889	16667	45556	164444
19/02/2009	riego parcial	2	98889	68889	167778	33333	27778	61111	228889
19/02/2009	riego parcial	3	96667	28889	125556	21111	31111	52222	177778
19/02/2009	riego parcial	4	98889	36667	135556	17778	27778	45556	181111
19/02/2009	riego total	1	258889	117778	376667	28889	43333	72222	448889
19/02/2009	riego total	2	187778	80000	267778	27778	26667	54444	322222
19/02/2009	riego total	3	84444	46667	131111	24444	18889	43333	174444
19/02/2009	riego total	4	152222	50000	202222	12222	43333	55556	257778
19/02/2009	secano	1	86667	22222	108889	23333	16667	40000	148889
19/02/2009	secano	2	97436	75214	172650	18803	23932	42735	215385
19/02/2009	secano	3	71111	31111	102222	23333	8889	32222	134444
19/02/2009	secano	4	107778	45556	153333	16667	11111	27778	181111

Distribución de la cosecha total a lo largo de las cinco fechas

Tmiento	Bloque	total %					comercial (bueno y rajado) %				
		C1	C2	C3	C4	C5	C1	C2	C3	C4	C5
riego parcial	1	40	23	15	11	12	40	25	14	10	11
riego parcial	2	24	26	21	14	15	24	27	20	14	14
riego parcial	3	36	23	15	11	14	34	24	17	12	13
riego parcial	4	29	14	20	17	20	27	14	22	16	20
riego total	1	23	22	17	13	25	23	24	16	12	26
riego total	2	24	24	21	15	17	23	25	21	15	17
riego total	3	42	18	16	13	12	42	20	16	12	10
riego total	4	27	24	18	13	19	24	25	18	14	19
secano	1	40	16	17	12	14	41	15	18	13	13
secano	2	24	13	21	22	20	25	12	21	22	20
secano	3	32	16	23	18	12	33	15	23	18	11
secano	4	23	13	18	20	25	24	9	19	21	28

Datos transformados

Tmiento	bloque	C1	C2	C3	C4	C5	C1	C2	C3	C4	C5
riego parcial	1	0,69179	0,51203	0,40738	0,35100	0,36560	0,69529	0,52945	0,40253	0,33798	0,35546
riego parcial	2	0,52206	0,55100	0,48397	0,39404	0,41606	0,52445	0,55893	0,47671	0,40220	0,40366
riego parcial	3	0,65659	0,51147	0,41190	0,35915	0,40327	0,62947	0,52253	0,43335	0,37466	0,38935
riego parcial	4	0,57546	0,40196	0,47737	0,44279	0,47123	0,55784	0,40088	0,50475	0,42972	0,47613
riego total	1	0,51119	0,50554	0,43389	0,38129	0,53613	0,50687	0,52030	0,42253	0,36986	0,54456
riego total	2	0,51781	0,52484	0,48263	0,41006	0,43761	0,51214	0,53224	0,48552	0,40771	0,43467
riego total	3	0,71270	0,45712	0,41964	0,37854	0,36145	0,71085	0,47849	0,42309	0,37290	0,33960
riego total	4	0,55285	0,51920	0,44643	0,38312	0,46603	0,51876	0,53122	0,45619	0,40399	0,46235
secano	1	0,69635	0,43107	0,44393	0,37414	0,39199	0,70265	0,41094	0,44721	0,38665	0,38863
secano	2	0,51995	0,38536	0,49366	0,50226	0,47057	0,53064	0,37069	0,49024	0,50015	0,47723
secano	3	0,61173	0,41866	0,51302	0,44521	0,36674	0,62266	0,41227	0,51317	0,44743	0,35546
secano	4	0,51504	0,38755	0,45621	0,47624	0,53541	0,52058	0,32374	0,46420	0,48283	0,56360

ANEXO 10: PLANILLAS DATOS POST-COSECHA

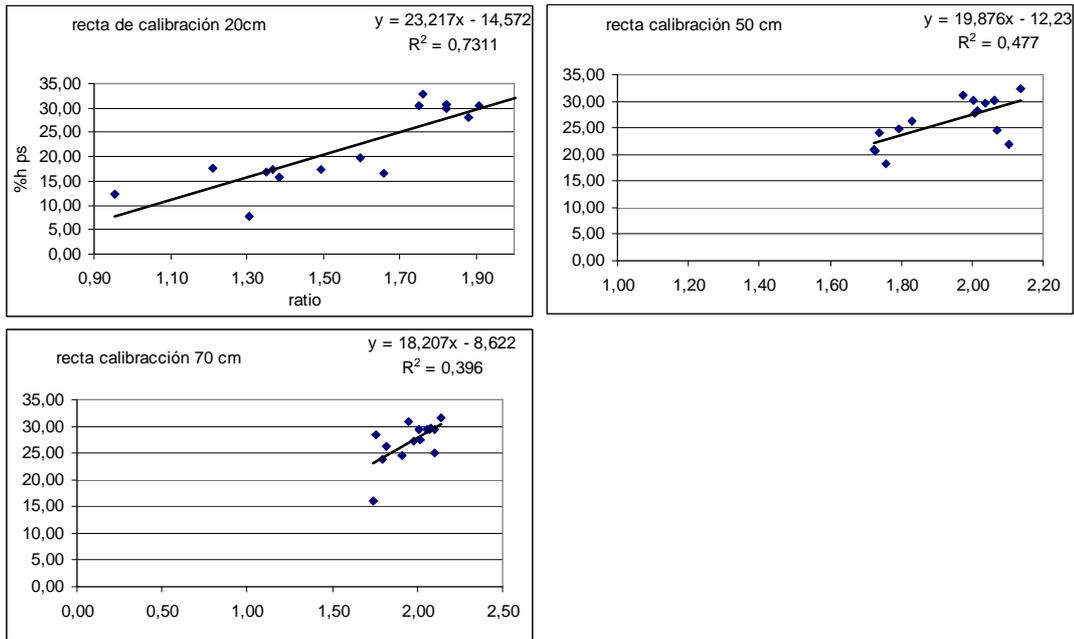
Sólidos solubles totales y porcentaje de materia seca de frutos comerciales, según tratamiento y fecha.

FECHA	TMIENTO	Bloque	SST	%MS
14/01/2009	riego parcial	1	5,76	7,44
14/01/2009	riego parcial	2	5,56	7,07
14/01/2009	riego parcial	3	6,72	7,10
14/01/2009	riego parcial	4	6,72	7,47
14/01/2009	riego total	1	5,64	6,89
14/01/2009	riego total	2	5,84	6,42
14/01/2009	riego total	3	6,12	5,32
14/01/2009	riego total	4	5,72	6,25
14/01/2009	secano	1	6,76	5,21
14/01/2009	secano	2	5,76	6,86
14/01/2009	secano	3	6,32	6,84
14/01/2009	secano	4	7,36	5,65
21/01/2009	riego parcial	1	6	8,71
21/01/2009	riego parcial	2	5,68	7,22
21/01/2009	riego parcial	3	5,84	6,45
21/01/2009	riego parcial	4	6,16	6,96
21/01/2009	riego total	1	4,88	6,61
21/01/2009	riego total	2	5,28	6,30
21/01/2009	riego total	3	5,48	6,41
21/01/2009	riego total	4	5,32	6,80
21/01/2009	secano	1	6,6	5,86
21/01/2009	secano	2	5,96	5,88
21/01/2009	secano	3	6,04	7,12
21/01/2009	secano	4	6,64	5,44
28/01/2009	riego parcial	1	5,8	7,02
28/01/2009	riego parcial	2	5,44	7,09
28/01/2009	riego parcial	3	5,56	7,68
28/01/2009	riego parcial	4	5,92	8,02
28/01/2009	riego total	1	5,12	4,57
28/01/2009	riego total	2	4,8	4,79
28/01/2009	riego total	3	5,4	6,36
28/01/2009	riego total	4	5,08	7,49
28/01/2009	secano	1	6,36	5,72
28/01/2009	secano	2	6,04	5,14
28/01/2009	secano	3	6,24	6,77
28/01/2009	secano	4	6,28	6,31
04/02/2009	riego parcial	1	5,08	8,10
04/02/2009	riego parcial	2	5,36	6,66
04/02/2009	riego parcial	3	5,4	6,60

04/02/2009	riego parcial	4	6,2	8,48
04/02/2009	riego total	1	5,12	6,15
04/02/2009	riego total	2	4,88	6,55
04/02/2009	riego total	3	5,28	6,23
04/02/2009	riego total	4	5,44	6,96
04/02/2009	secano	1	6,8	6,08
04/02/2009	secano	2	5,8	5,86
04/02/2009	secano	3	6,04	6,28
04/02/2009	secano	4	7,64	6,15
19/02/2009	riego parcial	1	5	7,08
19/02/2009	riego parcial	2	5,4	6,51
19/02/2009	riego parcial	3	4,44	6,71
19/02/2009	riego parcial	4	4,8	6,20
19/02/2009	riego total	1	4,92	5,79
19/02/2009	riego total	2	4,96	6,13
19/02/2009	riego total	3	4,88	5,76
19/02/2009	riego total	4	5,2	6,02
19/02/2009	secano	1	6,08	5,94
19/02/2009	secano	2	5,84	5,59
19/02/2009	secano	3	5,72	5,73
19/02/2009	secano	4	4,84	5,87

ANEXO 11: MEDICIONES CON LA SONDA DE NEUTRONES

A continuación se presentan las rectas de calibración de la sonda a las tres profundidades (20, 50 y 70 cm), donde se relacionan las mediciones de contenido gravimétrico con el ratio (lectura de la sonda/estándar).



A partir de las lecturas de la sonda y estándar se calcula el ratio, utilizando la recta de calibración se estima el contenido gravimétrico, que luego multiplicado por la densidad aparente da el valor estimado del contenido volumétrico.

fecha	tratamiento	bloque	prof.	medida sonda	standard	ratio	contenido gravimetrico	contenido volumétrico
3/11/2008	secano	1	20	10766	7659	1,41	18,06	23,30
3/11/2008	secano	2	20	11878	7659	1,55	21,43	27,65
3/11/2008	secano	3	20	12178	7659	1,59	22,34	28,82
3/11/2008	secano	4	20	10258	7659	1,34	16,52	21,32
3/11/2008	parcial	1	20	14100	7659	1,84	28,17	36,34
3/11/2008	parcial	2	20	15510	7659	2,03	32,44	41,85
3/11/2008	parcial	3	20	15092	7659	1,97	31,18	40,22
3/11/2008	parcial	4	20	14916	7659	1,95	30,64	39,53
3/11/2008	total	1	20	13872	7659	1,81	27,48	35,45
3/11/2008	total	2	20	13966	7659	1,82	27,76	35,82
3/11/2008	total	3	20	14748	7659	1,93	30,13	38,87
3/11/2008	total	4	20	14838	7659	1,94	26,28	38,10
3/11/2008	secano	1	50	16290	7659	2,13	30,04	43,56

3/11/2008	secano	2	50	16502	7659	2,15	30,59	44,36
3/11/2008	secano	3	50	16604	7659	2,17	30,86	44,75
3/11/2008	secano	4	50	16492	7659	2,15	30,57	44,32
3/11/2008	parcial	1	50	16374	7659	2,14	30,26	43,88
3/11/2008	parcial	2	50	16118	7659	2,10	29,60	42,92
3/11/2008	parcial	3	50	16400	7659	2,14	30,33	43,98
3/11/2008	parcial	4	50	15392	7659	2,01	27,71	40,19
3/11/2008	total	1	50	16634	7659	2,17	30,94	44,86
3/11/2008	total	2	50	16318	7659	2,13	30,12	43,67
3/11/2008	total	3	50	16298	7659	2,13	30,07	43,59
3/11/2008	total	4	50	16366	7659	2,14	30,24	43,85
3/11/2008	secano	1	70	15950	7659	2,08	29,29	43,94
3/11/2008	secano	2	70	16178	7659	2,11	29,84	44,75
3/11/2008	secano	3	70	16276	7659	2,13	30,07	45,10
3/11/2008	secano	4	70	15578	7659	2,03	28,41	42,62
3/11/2008	parcial	1	70	15982	7659	2,09	29,37	44,06
3/11/2008	parcial	2	70	16196	7659	2,11	29,88	44,82
3/11/2008	parcial	3	70	16124	7659	2,11	29,71	44,56
3/11/2008	parcial	4	70	15564	7659	2,03	28,38	42,57
3/11/2008	total	1	70	16246	7659	2,12	30,00	45,00
3/11/2008	total	2	70	15100	7659	1,97	27,27	40,91
3/11/2008	total	3	70	16010	7659	2,09	29,44	44,16
3/11/2008	total	4	70	15692	7659	2,05	28,68	43,02
11/11/2008	secano	1	20	10374	8328	1,25	14,35	18,51
11/11/2008	secano	2	20	11820	8328	1,42	18,38	23,71
11/11/2008	secano	3	20	11924	8328	1,43	18,67	24,08
11/11/2008	secano	4	20	10202	8328	1,23	13,87	17,89
11/11/2008	parcial	1	20	13672	8328	1,64	23,54	30,37
11/11/2008	parcial	2	20	15272	8328	1,83	28,00	36,12
11/11/2008	parcial	3	20	14532	8328	1,74	25,94	33,46
11/11/2008	parcial	4	20	13862	8328	1,66	24,07	31,05
11/11/2008	total	1	20	13994	8328	1,68	24,44	31,53
11/11/2008	total	2	20	13662	8328	1,64	23,52	30,33
11/11/2008	total	3	20	14692	8328	1,76	26,39	34,04
11/11/2008	total	4	20	14804	8328	1,78	23,10	33,50
11/11/2008	secano	1	50	16648	8328	2,00	27,50	39,88
11/11/2008	secano	2	50	16314	8328	1,96	26,71	38,72
11/11/2008	secano	3	50	16584	8328	1,99	27,35	39,66
11/11/2008	secano	4	50	16532	8328	1,99	27,23	39,48
11/11/2008	parcial	1	50	16454	8328	1,98	27,04	39,21
11/11/2008	parcial	2	50	16178	8328	1,94	26,38	38,25
11/11/2008	parcial	3	50	15098	8328	1,81	23,80	34,52
11/11/2008	parcial	4	50	15796	8328	1,90	25,47	36,93
11/11/2008	total	1	50	16782	8328	2,02	27,82	40,34
11/11/2008	total	2	50	16444	8328	1,97	27,02	39,17
11/11/2008	total	3	50	16312	8328	1,96	26,70	38,72

11/11/2008	total	4	50	16186	8328	1,94	26,40	38,28
11/11/2008	secano	1	70	16012	8328	1,92	26,38	39,58
11/11/2008	secano	2	70	16264	8328	1,95	26,93	40,40
11/11/2008	secano	3	70	16094	8328	1,93	26,56	39,85
11/11/2008	secano	4	70	16124	8328	1,94	26,63	39,94
11/11/2008	parcial	1	70	16010	8328	1,92	26,38	39,57
11/11/2008	parcial	2	70	16610	8328	1,99	27,69	41,54
11/11/2008	parcial	3	70	17140	8328	2,06	28,85	43,28
11/11/2008	parcial	4	70	15792	8328	1,90	25,90	38,85
11/11/2008	total	1	70	16250	8328	1,95	26,90	40,36
11/11/2008	total	2	70	15490	8328	1,86	25,24	37,86
11/11/2008	total	3	70	16570	8328	1,99	27,60	41,41
11/11/2008	total	4	70	16254	8328	1,95	26,91	40,37
18/11/2008	secano	1	20	9296	7672	1,21	13,56	17,49
18/11/2008	secano	2	20	10268	7672	1,34	16,50	21,29
18/11/2008	secano	3	20	11244	7672	1,47	19,45	25,10
18/11/2008	secano	4	20	9504	7672	1,24	14,19	18,30
18/11/2008	parcial	1	20	11658	7672	1,52	20,71	26,71
18/11/2008	parcial	2	20	14430	7672	1,88	29,10	37,53
18/11/2008	parcial	3	20	13780	7672	1,80	27,13	35,00
18/11/2008	parcial	4	20	11334	7672	1,48	19,73	25,45
18/11/2008	total	1	20	13282	7672	1,73	25,62	33,05
18/11/2008	total	2	20	13980	7672	1,82	27,73	35,78
18/11/2008	total	3	20	12310	7672	1,60	22,68	29,26
18/11/2008	total	4	20	14910	7672	1,94	26,40	38,28
18/11/2008	secano	1	50	16096	7672	2,10	29,47	42,73
18/11/2008	secano	2	50	16436	7672	2,14	30,35	44,01
18/11/2008	secano	3	50	16040	7672	2,09	29,33	42,52
18/11/2008	secano	4	50	16768	7672	2,19	31,21	45,26
18/11/2008	parcial	1	50	16258	7672	2,12	29,89	43,34
18/11/2008	parcial	2	50	16610	7672	2,17	30,80	44,66
18/11/2008	parcial	3	50	16616	7672	2,17	30,82	44,69
18/11/2008	parcial	4	50	15662	7672	2,04	28,35	41,10
18/11/2008	total	1	50	16570	7672	2,16	30,70	44,51
18/11/2008	total	2	50	16416	7672	2,14	30,30	43,93
18/11/2008	total	3	50	16452	7672	2,14	30,39	44,07
18/11/2008	total	4	50	16506	7672	2,15	30,53	44,27
18/11/2008	secano	1	70	16012	7672	2,09	29,38	44,07
18/11/2008	secano	2	70	16484	7672	2,15	30,50	45,75
18/11/2008	secano	3	70	16098	7672	2,10	29,58	44,37
18/11/2008	secano	4	70	15776	7672	2,06	28,82	43,23
18/11/2008	parcial	1	70	15990	7672	2,08	29,33	43,99
18/11/2008	parcial	2	70	16146	7672	2,10	29,70	44,54
18/11/2008	parcial	3	70	16338	7672	2,13	30,15	45,23
18/11/2008	parcial	4	70	15508	7672	2,02	28,18	42,27
18/11/2008	total	1	70	16196	7672	2,11	29,81	44,72

18/11/2008	total	2	70	15480	7672	2,02	28,11	42,17
18/11/2008	total	3	70	16080	7672	2,10	29,54	44,31
18/11/2008	total	4	70	16274	7672	2,12	30,00	45,00
25/11/2008	secano	1	20	9218	8213	1,12	11,49	14,82
25/11/2008	secano	2	20	10536	8213	1,28	15,21	19,62
25/11/2008	secano	3	20	10986	8213	1,34	16,48	21,26
25/11/2008	secano	4	20	9494	8213	1,16	12,27	15,82
25/11/2008	parcial	1	20	11252	8213	1,37	17,24	22,23
25/11/2008	parcial	2	20	14216	8213	1,73	25,61	33,04
25/11/2008	parcial	3	20	12850	8213	1,56	21,75	28,06
25/11/2008	parcial	4	20	10556	8213	1,29	15,27	19,70
25/11/2008	total	1	20	11550	8213	1,41	18,08	23,32
25/11/2008	total	2	20	11660	8213	1,42	18,39	23,72
25/11/2008	total	3	20	11528	8213	1,40	18,02	23,24
25/11/2008	total	4	20	13076	8213	1,59	19,41	28,15
25/11/2008	secano	1	50	15840	8213	1,93	26,10	37,85
25/11/2008	secano	2	50	15970	8213	1,94	26,42	38,31
25/11/2008	secano	3	50	16188	8213	1,97	26,95	39,07
25/11/2008	secano	4	50	16066	8213	1,96	26,65	38,64
25/11/2008	parcial	1	50	15872	8213	1,93	26,18	37,96
25/11/2008	parcial	2	50	16432	8213	2,00	27,54	39,93
25/11/2008	parcial	3	50	16422	8213	2,00	27,51	39,89
25/11/2008	parcial	4	50	15270	8213	1,86	24,72	35,85
25/11/2008	total	1	50	16512	8213	2,01	27,73	40,21
25/11/2008	total	2	50	16216	8213	1,97	27,01	39,17
25/11/2008	total	3	50	16320	8213	1,99	27,27	39,53
25/11/2008	total	4	50	16916	8213	2,06	28,71	41,63
25/11/2008	secano	1	70	15732	8213	1,92	26,25	39,38
25/11/2008	secano	2	70	16114	8213	1,96	27,10	40,65
25/11/2008	secano	3	70	16032	8213	1,95	26,92	40,38
25/11/2008	secano	4	70	16030	8213	1,95	26,91	40,37
25/11/2008	parcial	1	70	15854	8213	1,93	26,52	39,79
25/11/2008	parcial	2	70	16448	8213	2,00	27,84	41,76
25/11/2008	parcial	3	70	16200	8213	1,97	27,29	40,94
25/11/2008	parcial	4	70	15044	8213	1,83	24,73	37,09
25/11/2008	total	1	70	16642	8213	2,03	28,27	42,41
25/11/2008	total	2	70	15500	8213	1,89	25,74	38,61
25/11/2008	total	3	70	16224	8213	1,98	27,34	41,02
25/11/2008	total	4	70	16710	8213	2,03	28,42	42,63
2/12/2008	secano	1	20	9392	8308	1,13	11,67	15,06
2/12/2008	secano	2	20	10522	8308	1,27	14,83	19,13
2/12/2008	secano	3	20	10842	8308	1,31	15,73	20,29
2/12/2008	secano	4	20	9542	8308	1,15	12,09	15,60
2/12/2008	parcial	1	20	11198	8308	1,35	16,72	21,57
2/12/2008	parcial	2	20	13670	8308	1,65	23,63	30,48
2/12/2008	parcial	3	20	12012	8308	1,45	19,00	24,50

2/12/2008	parcial	4	20	10526	8308	1,27	14,84	19,15
2/12/2008	total	1	20	11610	8308	1,40	17,87	23,06
2/12/2008	total	2	20	12322	8308	1,48	19,86	25,62
2/12/2008	total	3	20	11512	8308	1,39	17,60	22,70
2/12/2008	total	4	20	13268	8308	1,60	19,51	28,29
2/12/2008	secano	1	50	15522	8308	1,87	24,90	36,11
2/12/2008	secano	2	50	15416	8308	1,86	24,65	35,74
2/12/2008	secano	3	50	16062	8308	1,93	26,20	37,99
2/12/2008	secano	4	50	15618	8308	1,88	25,13	36,44
2/12/2008	parcial	1	50	15550	8308	1,87	24,97	36,21
2/12/2008	parcial	2	50	16830	8308	2,03	28,03	40,65
2/12/2008	parcial	3	50	16258	8308	1,96	26,67	38,67
2/12/2008	parcial	4	50	14980	8308	1,80	23,61	34,23
2/12/2008	total	1	50	16264	8308	1,96	26,68	38,69
2/12/2008	total	2	50	15932	8308	1,92	25,89	37,53
2/12/2008	total	3	50	15904	8308	1,91	25,82	37,44
2/12/2008	total	4	50	16462	8308	1,98	27,15	39,37
2/12/2008	secano	1	70	15976	8308	1,92	26,39	39,58
2/12/2008	secano	2	70	16128	8308	1,94	26,72	40,08
2/12/2008	secano	3	70	16462	8308	1,98	27,45	41,18
2/12/2008	secano	4	70	15802	8308	1,90	26,01	39,01
2/12/2008	parcial	1	70	15806	8308	1,90	26,02	39,03
2/12/2008	parcial	2	70	16708	8308	2,01	27,99	41,99
2/12/2008	parcial	3	70	16068	8308	1,93	26,59	39,89
2/12/2008	parcial	4	70	15744	8308	1,90	25,88	38,82
2/12/2008	total	1	70	16110	8308	1,94	26,68	40,02
2/12/2008	total	2	70	16062	8308	1,93	26,58	39,87
2/12/2008	total	3	70	16244	8308	1,96	26,98	40,47
2/12/2008	total	4	70	16342	8308	1,97	27,19	40,79
9/12/2008	secano	1	20	8530	8205	1,04	9,56	12,34
9/12/2008	secano	2	20	10220	8205	1,25	14,35	18,51
9/12/2008	secano	3	20	9924	8205	1,21	13,51	17,43
9/12/2008	secano	4	20	9192	8205	1,12	11,44	14,75
9/12/2008	parcial	1	20	10918	8205	1,33	16,32	21,06
9/12/2008	parcial	2	20	12344	8205	1,50	20,36	26,26
9/12/2008	parcial	3	20	11158	8205	1,36	17,00	21,93
9/12/2008	parcial	4	20	10152	8205	1,24	14,15	18,26
9/12/2008	total	1	20	11184	8205	1,36	17,07	22,03
9/12/2008	total	2	20	10698	8205	1,30	15,70	20,25
9/12/2008	total	3	20	10970	8205	1,34	16,47	21,24
9/12/2008	total	4	20	11998	8205	1,46	16,83	24,41
9/12/2008	secano	1	50	13818	8205	1,68	21,24	30,80
9/12/2008	secano	2	50	14526	8205	1,77	22,96	33,29
9/12/2008	secano	3	50	15098	8205	1,84	24,34	35,30
9/12/2008	secano	4	50	14864	8205	1,81	23,78	34,48
9/12/2008	parcial	1	50	14704	8205	1,79	23,39	33,91

9/12/2008	parcial	2	50	16362	8205	1,99	27,41	39,74
9/12/2008	parcial	3	50	16096	8205	1,96	26,76	38,80
9/12/2008	parcial	4	50	14864	8205	1,81	23,78	34,48
9/12/2008	total	1	50	14658	8205	1,79	23,28	33,75
9/12/2008	total	2	50	14700	8205	1,79	23,38	33,90
9/12/2008	total	3	50	15424	8205	1,88	25,13	36,44
9/12/2008	total	4	50	15834	8205	1,93	26,13	37,88
9/12/2008	secano	1	70	15290	8205	1,86	25,31	37,96
9/12/2008	secano	2	70	15366	8205	1,87	25,48	38,21
9/12/2008	secano	3	70	16198	8205	1,97	27,32	40,98
9/12/2008	secano	4	70	15236	8205	1,86	25,19	37,78
9/12/2008	parcial	1	70	15746	8205	1,92	26,32	39,48
9/12/2008	parcial	2	70	16312	8205	1,99	27,57	41,36
9/12/2008	parcial	3	70	15882	8205	1,94	26,62	39,93
9/12/2008	parcial	4	70	15018	8205	1,83	24,70	37,05
9/12/2008	total	1	70	15924	8205	1,94	26,71	40,07
9/12/2008	total	2	70	15682	8205	1,91	26,18	39,26
9/12/2008	total	3	70	16070	8205	1,96	27,04	40,56
9/12/2008	total	4	70	16388	8205	2,00	27,74	41,61
15/12/2008	secano	1	20	7884	7889	1,00	8,63	11,13
15/12/2008	secano	2	20	10208	7889	1,29	15,47	19,96
15/12/2008	secano	3	20	9628	7889	1,22	13,76	17,75
15/12/2008	secano	4	20	8750	7889	1,11	11,18	14,42
15/12/2008	parcial	1	20	10186	7889	1,29	15,40	19,87
15/12/2008	parcial	2	20	11490	7889	1,46	19,24	24,82
15/12/2008	parcial	3	20	11568	7889	1,47	19,47	25,12
15/12/2008	parcial	4	20	9962	7889	1,26	14,75	19,02
15/12/2008	total	1	20	10912	7889	1,38	17,54	22,63
15/12/2008	total	2	20	11436	7889	1,45	19,08	24,62
15/12/2008	total	3	20	11714	7889	1,48	19,90	25,67
15/12/2008	total	4	20	12084	7889	1,53	18,22	26,41
15/12/2008	secano	1	50	13352	7889	1,69	21,41	31,04
15/12/2008	secano	2	50	14154	7889	1,79	23,43	33,97
15/12/2008	secano	3	50	14198	7889	1,80	23,54	34,13
15/12/2008	secano	4	50	14064	7889	1,78	23,20	33,65
15/12/2008	parcial	1	50	13600	7889	1,72	22,03	31,95
15/12/2008	parcial	2	50	15416	7889	1,95	26,61	38,58
15/12/2008	parcial	3	50	14684	7889	1,86	24,77	35,91
15/12/2008	parcial	4	50	14258	7889	1,81	23,69	34,35
15/12/2008	total	1	50	14124	7889	1,79	23,35	33,86
15/12/2008	total	2	50	14330	7889	1,82	23,87	34,62
15/12/2008	total	3	50	14768	7889	1,87	24,98	36,22
15/12/2008	total	4	50	16120	7889	2,04	28,38	41,16
15/12/2008	secano	1	70	14452	7889	1,83	24,73	37,10
15/12/2008	secano	2	70	14616	7889	1,85	25,11	37,67
15/12/2008	secano	3	70	15270	7889	1,94	26,62	39,93

15/12/2008	secano	4	70	14420	7889	1,83	24,66	36,99
15/12/2008	parcial	1	70	14684	7889	1,86	25,27	37,90
15/12/2008	parcial	2	70	16512	7889	2,09	29,49	44,23
15/12/2008	parcial	3	70	15518	7889	1,97	27,19	40,79
15/12/2008	parcial	4	70	14532	7889	1,84	24,92	37,37
15/12/2008	total	1	70	14614	7889	1,85	25,11	37,66
15/12/2008	total	2	70	15300	7889	1,94	26,69	40,03
15/12/2008	total	3	70	15192	7889	1,93	26,44	39,66
15/12/2008	total	4	70	16814	7889	2,13	30,18	45,27
29/12/2008	secano	1	20	9178	7588	1,21	13,51	17,43
29/12/2008	secano	2	20	11132	7588	1,47	19,49	25,14
29/12/2008	secano	3	20	9960	7588	1,31	15,90	20,51
29/12/2008	secano	4	20	9246	7588	1,22	13,72	17,70
29/12/2008	parcial	1	20	11350	7588	1,50	20,16	26,00
29/12/2008	parcial	2	20	12356	7588	1,63	23,23	29,97
29/12/2008	parcial	3	20	12220	7588	1,61	22,82	29,43
29/12/2008	parcial	4	20	10930	7588	1,44	18,87	24,34
29/12/2008	total	1	20	12122	7588	1,60	22,52	29,05
29/12/2008	total	2	20	12042	7588	1,59	22,27	28,73
29/12/2008	total	3	20	12690	7588	1,67	24,26	31,29
29/12/2008	total	4	20	13358	7588	1,76	22,76	33,00
29/12/2008	secano	1	50	13070	7588	1,72	22,01	31,91
29/12/2008	secano	2	50	14028	7588	1,85	24,51	35,55
29/12/2008	secano	3	50	13778	7588	1,82	23,86	34,60
29/12/2008	secano	4	50	13716	7588	1,81	23,70	34,36
29/12/2008	parcial	1	50	13342	7588	1,76	22,72	32,94
29/12/2008	parcial	2	50	15096	7588	1,99	27,31	39,60
29/12/2008	parcial	3	50	14064	7588	1,85	24,61	35,68
29/12/2008	parcial	4	50	13544	7588	1,78	23,25	33,71
29/12/2008	total	1	50	13882	7588	1,83	24,13	34,99
29/12/2008	total	2	50	14358	7588	1,89	25,38	36,80
29/12/2008	total	3	50	15174	7588	2,00	27,52	39,90
29/12/2008	total	4	50	16768	7588	2,21	31,69	45,95
29/12/2008	secano	1	70	13788	7588	1,82	24,46	36,69
29/12/2008	secano	2	70	14156	7588	1,87	25,34	38,02
29/12/2008	secano	3	70	13586	7588	1,79	23,98	35,97
29/12/2008	secano	4	70	13400	7588	1,77	23,53	35,30
29/12/2008	parcial	1	70	13630	7588	1,80	24,08	36,12
29/12/2008	parcial	2	70	16086	7588	2,12	29,98	44,96
29/12/2008	parcial	3	70	14924	7588	1,97	27,19	40,78
29/12/2008	parcial	4	70	14054	7588	1,85	25,10	37,65
29/12/2008	total	1	70	14504	7588	1,91	26,18	39,27
29/12/2008	total	2	70	15194	7588	2,00	27,84	41,75
29/12/2008	total	3	70	15410	7588	2,03	28,35	42,53
29/12/2008	total	4	70	16794	7588	2,21	31,67	47,51
7/1/2009	secano	1	20	7902	8160	0,97	7,91	10,21

7/1/2009	secano	2	20	9800	8160	1,20	13,31	17,17
7/1/2009	secano	3	20	9178	8160	1,12	11,54	14,89
7/1/2009	secano	4	20	8508	8160	1,04	9,64	12,43
7/1/2009	parcial	1	20	10426	8160	1,28	15,09	19,47
7/1/2009	parcial	2	20	10872	8160	1,33	16,36	21,11
7/1/2009	parcial	3	20	11148	8160	1,37	17,15	22,12
7/1/2009	parcial	4	20	10096	8160	1,24	14,15	18,26
7/1/2009	total	1	20	10348	8160	1,27	14,87	19,18
7/1/2009	total	2	20	11276	8160	1,38	17,51	22,59
7/1/2009	total	3	20	11836	8160	1,45	19,10	24,64
7/1/2009	total	4	20	12524	8160	1,53	18,28	26,50
7/1/2009	secano	1	50	13108	8160	1,61	19,70	28,56
7/1/2009	secano	2	50	13996	8160	1,72	21,86	31,70
7/1/2009	secano	3	50	13732	8160	1,68	21,22	30,77
7/1/2009	secano	4	50	13898	8160	1,70	21,62	31,35
7/1/2009	parcial	1	50	13108	8160	1,61	19,70	28,56
7/1/2009	parcial	2	50	14338	8160	1,76	22,69	32,91
7/1/2009	parcial	3	50	14298	8160	1,75	22,60	32,77
7/1/2009	parcial	4	50	14070	8160	1,72	22,04	31,96
7/1/2009	total	1	50	13652	8160	1,67	21,02	30,48
7/1/2009	total	2	50	14676	8160	1,80	23,52	34,10
7/1/2009	total	3	50	15400	8160	1,89	25,28	36,66
7/1/2009	total	4	50	16278	8160	1,99	27,42	39,76
7/1/2009	secano	1	70	13356	8160	1,64	21,18	31,77
7/1/2009	secano	2	70	14238	8160	1,74	23,15	34,72
7/1/2009	secano	3	70	13892	8160	1,70	22,37	33,56
7/1/2009	secano	4	70	13520	8160	1,66	21,54	32,32
7/1/2009	parcial	1	70	13306	8160	1,63	21,07	31,60
7/1/2009	parcial	2	70	14688	8160	1,80	24,15	36,23
7/1/2009	parcial	3	70	15140	8160	1,86	25,16	37,74
7/1/2009	parcial	4	70	14396	8160	1,76	23,50	35,25
7/1/2009	total	1	70	13696	8160	1,68	21,94	32,91
7/1/2009	total	2	70	14646	8160	1,79	24,06	36,09
7/1/2009	total	3	70	14238	8160	1,74	23,15	34,72
7/1/2009	total	4	70	16252	8160	1,99	27,64	41,46
14/1/2009	secano	1	20	7868	8125	0,97	7,91	10,20
14/1/2009	secano	2	20	10198	8125	1,26	14,57	18,79
14/1/2009	secano	3	20	9346	8125	1,15	12,13	15,65
14/1/2009	secano	4	20	8392	8125	1,03	9,41	12,14
14/1/2009	parcial	1	20	11948	8125	1,47	19,57	25,24
14/1/2009	parcial	2	20	12390	8125	1,52	20,83	26,87
14/1/2009	parcial	3	20	12604	8125	1,55	21,44	27,66
14/1/2009	parcial	4	20	10560	8125	1,30	15,60	20,13
14/1/2009	total	1	20	11364	8125	1,40	17,90	23,09
14/1/2009	total	2	20	12796	8125	1,57	21,99	28,37
14/1/2009	total	3	20	13176	8125	1,62	23,08	29,77

14/1/2009	total	4	20	13112	8125	1,61	19,85	28,78
14/1/2009	secano	1	50	12950	8125	1,59	19,45	28,20
14/1/2009	secano	2	50	13650	8125	1,68	21,16	30,68
14/1/2009	secano	3	50	13890	8125	1,71	21,75	31,54
14/1/2009	secano	4	50	13960	8125	1,72	21,92	31,78
14/1/2009	parcial	1	50	14218	8125	1,75	22,55	32,70
14/1/2009	parcial	2	50	14806	8125	1,82	23,99	34,78
14/1/2009	parcial	3	50	15284	8125	1,88	25,16	36,48
14/1/2009	parcial	4	50	14132	8125	1,74	22,34	32,39
14/1/2009	total	1	50	13838	8125	1,70	21,62	31,35
14/1/2009	total	2	50	15884	8125	1,95	26,63	38,61
14/1/2009	total	3	50	16962	8125	2,09	29,26	42,43
14/1/2009	total	4	50	17086	8125	2,10	29,57	42,87
14/1/2009	secano	1	70	13532	8125	1,67	21,70	32,55
14/1/2009	secano	2	70	13640	8125	1,68	21,94	32,92
14/1/2009	secano	3	70	13836	8125	1,70	22,38	33,57
14/1/2009	secano	4	70	13642	8125	1,68	21,95	32,92
14/1/2009	parcial	1	70	14188	8125	1,75	23,17	34,76
14/1/2009	parcial	2	70	16606	8125	2,04	28,59	42,88
14/1/2009	parcial	3	70	16254	8125	2,00	27,80	41,70
14/1/2009	parcial	4	70	15704	8125	1,93	26,57	39,85
14/1/2009	total	1	70	13876	8125	1,71	22,47	33,71
14/1/2009	total	2	70	16122	8125	1,98	27,51	41,26
14/1/2009	total	3	70	16972	8125	2,09	29,41	44,11
14/1/2009	total	4	70	16884	8125	2,08	29,21	43,82
19/1/2009	secano	1	20	7666	7966	0,96	7,77	10,02
19/1/2009	secano	2	20	9808	7966	1,23	14,01	18,08
19/1/2009	secano	3	20	9152	7966	1,15	12,10	15,61
19/1/2009	secano	4	20	8604	7966	1,08	10,50	13,55
19/1/2009	parcial	1	20	10854	7966	1,36	17,06	22,01
19/1/2009	parcial	2	20	11364	7966	1,43	18,55	23,93
19/1/2009	parcial	3	20	12016	7966	1,51	20,45	26,38
19/1/2009	parcial	4	20	10180	7966	1,28	15,10	19,48
19/1/2009	total	1	20	10536	7966	1,32	16,14	20,81
19/1/2009	total	2	20	12716	7966	1,60	22,49	29,01
19/1/2009	total	3	20	12576	7966	1,58	22,08	28,48
19/1/2009	total	4	20	12832	7966	1,61	19,79	28,69
19/1/2009	secano	1	50	12900	7966	1,62	19,96	28,94
19/1/2009	secano	2	50	13726	7966	1,72	22,02	31,93
19/1/2009	secano	3	50	13548	7966	1,70	21,57	31,28
19/1/2009	secano	4	50	13792	7966	1,73	22,18	32,16
19/1/2009	parcial	1	50	13940	7966	1,75	22,55	32,70
19/1/2009	parcial	2	50	14542	7966	1,83	24,05	34,88
19/1/2009	parcial	3	50	14442	7966	1,81	23,80	34,52
19/1/2009	parcial	4	50	13822	7966	1,74	22,26	32,27
19/1/2009	total	1	50	13592	7966	1,71	21,68	31,44

19/1/2009	total	2	50	15884	7966	1,99	27,40	39,73
19/1/2009	total	3	50	16974	7966	2,13	30,12	43,68
19/1/2009	total	4	50	16722	7966	2,10	29,49	42,77
19/1/2009	secano	1	70	13380	7966	1,68	21,96	32,94
19/1/2009	secano	2	70	13618	7966	1,71	22,50	33,75
19/1/2009	secano	3	70	13818	7966	1,73	22,96	34,44
19/1/2009	secano	4	70	13612	7966	1,71	22,49	33,73
19/1/2009	parcial	1	70	13212	7966	1,66	21,58	32,36
19/1/2009	parcial	2	70	14694	7966	1,84	24,96	37,44
19/1/2009	parcial	3	70	15344	7966	1,93	26,45	39,67
19/1/2009	parcial	4	70	14432	7966	1,81	24,36	36,55
19/1/2009	total	1	70	13608	7966	1,71	22,48	33,72
19/1/2009	total	2	70	15970	7966	2,00	27,88	41,82
19/1/2009	total	3	70	16698	7966	2,10	29,54	44,31
19/1/2009	total	4	70	16952	7966	2,13	30,12	45,18
26/1/2009	secano	1	20	7094	7592	0,93	7,12	9,19
26/1/2009	secano	2	20	9530	7592	1,26	14,57	18,80
26/1/2009	secano	3	20	8892	7592	1,17	12,62	16,28
26/1/2009	secano	4	20	8158	7592	1,07	10,38	13,38
26/1/2009	parcial	1	20	10156	7592	1,34	16,49	21,27
26/1/2009	parcial	2	20	10294	7592	1,36	16,91	21,81
26/1/2009	parcial	3	20	11416	7592	1,50	20,34	26,24
26/1/2009	parcial	4	20	9570	7592	1,26	14,69	18,96
26/1/2009	total	1	20	10326	7592	1,36	17,01	21,94
26/1/2009	total	2	20	10598	7592	1,40	17,84	23,01
26/1/2009	total	3	20	11276	7592	1,49	19,91	25,69
26/1/2009	total	4	20	11062	7592	1,46	16,73	24,26
26/1/2009	secano	1	50	13024	7592	1,72	21,87	31,71
26/1/2009	secano	2	50	13456	7592	1,77	23,00	33,35
26/1/2009	secano	3	50	13526	7592	1,78	23,18	33,61
26/1/2009	secano	4	50	13806	7592	1,82	23,91	34,68
26/1/2009	parcial	1	50	13302	7592	1,75	22,59	32,76
26/1/2009	parcial	2	50	13650	7592	1,80	23,51	34,08
26/1/2009	parcial	3	50	14446	7592	1,90	25,59	37,11
26/1/2009	parcial	4	50	13360	7592	1,76	22,75	32,98
26/1/2009	total	1	50	13222	7592	1,74	22,39	32,46
26/1/2009	total	2	50	13970	7592	1,84	24,34	35,30
26/1/2009	total	3	50	15094	7592	1,99	27,29	39,57
26/1/2009	total	4	50	13806	7592	1,82	23,91	34,68
26/1/2009	secano	1	70	13162	7592	1,73	22,94	34,41
26/1/2009	secano	2	70	13300	7592	1,75	23,27	34,91
26/1/2009	secano	3	70	13494	7592	1,78	23,74	35,61
26/1/2009	secano	4	70	13342	7592	1,76	23,37	35,06
26/1/2009	parcial	1	70	13482	7592	1,78	23,71	35,57
26/1/2009	parcial	2	70	14130	7592	1,86	25,26	37,90
26/1/2009	parcial	3	70	15108	7592	1,99	27,61	41,41

26/1/2009	parcial	4	70	14130	7592	1,86	25,26	37,90
26/1/2009	total	1	70	13432	7592	1,77	23,59	35,39
26/1/2009	total	2	70	14280	7592	1,88	25,62	38,44
26/1/2009	total	3	70	15608	7592	2,06	28,81	43,21
26/1/2009	total	4	70	15034	7592	1,98	27,43	41,15
2/2/2009	secano	1	20	11242	8290	1,36	16,91	21,82
2/2/2009	secano	2	20	13130	8290	1,58	22,20	28,64
2/2/2009	secano	3	20	12480	8290	1,51	20,38	26,29
2/2/2009	secano	4	20	11694	8290	1,41	18,18	23,45
2/2/2009	parcial	1	20	13566	8290	1,64	23,42	30,21
2/2/2009	parcial	2	20	13484	8290	1,63	23,19	29,92
2/2/2009	parcial	3	20	13622	8290	1,64	23,58	30,42
2/2/2009	parcial	4	20	12956	8290	1,56	21,71	28,01
2/2/2009	total	1	20	12408	8290	1,50	20,18	26,03
2/2/2009	total	2	20	13800	8290	1,66	24,08	31,06
2/2/2009	total	3	20	13640	8290	1,65	23,63	30,48
2/2/2009	total	4	20	14186	8290	1,71	21,78	31,58
2/2/2009	secano	1	50	13672	8290	1,65	20,55	29,80
2/2/2009	secano	2	50	13538	8290	1,63	20,23	29,33
2/2/2009	secano	3	50	14690	8290	1,77	22,99	33,34
2/2/2009	secano	4	50	13726	8290	1,66	20,68	29,98
2/2/2009	parcial	1	50	15182	8290	1,83	24,17	35,05
2/2/2009	parcial	2	50	15114	8290	1,82	24,01	34,81
2/2/2009	parcial	3	50	15740	8290	1,90	25,51	36,99
2/2/2009	parcial	4	50	14574	8290	1,76	22,71	32,93
2/2/2009	total	1	50	13790	8290	1,66	20,83	30,21
2/2/2009	total	2	50	15442	8290	1,86	24,79	35,95
2/2/2009	total	3	50	16012	8290	1,93	26,16	37,93
2/2/2009	total	4	50	15766	8290	1,90	25,57	37,08
2/2/2009	secano	1	70	13416	8290	1,62	20,84	31,26
2/2/2009	secano	2	70	13082	8290	1,58	20,11	30,16
2/2/2009	secano	3	70	13794	8290	1,66	21,67	32,51
2/2/2009	secano	4	70	13614	8290	1,64	21,28	31,92
2/2/2009	parcial	1	70	14926	8290	1,80	24,16	36,24
2/2/2009	parcial	2	70	15612	8290	1,88	25,67	38,50
2/2/2009	parcial	3	70	15786	8290	1,90	26,05	39,07
2/2/2009	parcial	4	70	14952	8290	1,80	24,22	36,32
2/2/2009	total	1	70	13780	8290	1,66	21,64	32,46
2/2/2009	total	2	70	15832	8290	1,91	26,15	39,22
2/2/2009	total	3	70	16364	8290	1,97	27,32	40,98
2/2/2009	total	4	70	15618	8290	1,88	25,68	38,52
11/2/2009	secano	1	20	11408	8120	1,40	18,05	23,28
11/2/2009	secano	2	20	12308	8120	1,52	20,62	26,60
11/2/2009	secano	3	20	11388	8120	1,40	17,99	23,21
11/2/2009	secano	4	20	13240	8120	1,63	23,28	30,04
11/2/2009	parcial	1	20	13760	8120	1,69	24,77	31,95

11/2/2009	parcial	2	20	12974	8120	1,60	22,52	29,06
11/2/2009	parcial	3	20	13012	8120	1,60	22,63	29,20
11/2/2009	parcial	4	20	11596	8120	1,43	18,58	23,97
11/2/2009	total	1	20	12916	8120	1,59	22,36	28,84
11/2/2009	total	2	20	13724	8120	1,69	24,67	31,82
11/2/2009	total	3	20	12722	8120	1,57	21,80	28,13
11/2/2009	total	4	20	13240	8120	1,63	20,18	29,26
11/2/2009	secano	1	50	14458	8120	1,78	23,16	33,58
11/2/2009	secano	2	50	12750	8120	1,57	18,98	27,52
11/2/2009	secano	3	50	13980	8120	1,72	21,99	31,89
11/2/2009	secano	4	50	13240	8120	1,63	20,18	29,26
11/2/2009	parcial	1	50	15354	8120	1,89	25,35	36,76
11/2/2009	parcial	2	50	15464	8120	1,90	25,62	37,15
11/2/2009	parcial	3	50	14820	8120	1,83	24,05	34,87
11/2/2009	parcial	4	50	13490	8120	1,66	20,79	30,15
11/2/2009	total	1	50	14754	8120	1,82	23,88	34,63
11/2/2009	total	2	50	15846	8120	1,95	26,56	38,51
11/2/2009	total	3	50	15070	8120	1,86	24,66	35,75
11/2/2009	total	4	50	14740	8120	1,82	23,85	34,58
11/2/2009	secano	1	70	14052	8120	1,73	22,89	34,33
11/2/2009	secano	2	70	12576	8120	1,55	19,58	29,36
11/2/2009	secano	3	70	13418	8120	1,65	21,46	32,20
11/2/2009	secano	4	70	12780	8120	1,57	20,03	30,05
11/2/2009	parcial	1	70	15160	8120	1,87	25,37	38,06
11/2/2009	parcial	2	70	15788	8120	1,94	26,78	40,17
11/2/2009	parcial	3	70	15088	8120	1,86	25,21	37,81
11/2/2009	parcial	4	70	13608	8120	1,68	21,89	32,84
11/2/2009	total	1	70	14980	8120	1,84	24,97	37,45
11/2/2009	total	2	70	15800	8120	1,95	26,81	40,21
11/2/2009	total	3	70	15940	8120	1,96	27,12	40,68
11/2/2009	total	4	70	14838	8120	1,83	24,65	36,97
17/2/2009	secano	1	20	9504	7503	1,27	14,84	19,14
17/2/2009	secano	2	20	11138	7503	1,48	19,89	25,66
17/2/2009	secano	3	20	10166	7503	1,35	16,89	21,78
17/2/2009	secano	4	20	9114	7503	1,21	13,63	17,58
17/2/2009	parcial	1	20	12190	7503	1,62	23,15	29,86
17/2/2009	parcial	2	20	11630	7503	1,55	21,42	27,63
17/2/2009	parcial	3	20	12230	7503	1,63	23,27	30,02
17/2/2009	parcial	4	20	11238	7503	1,50	20,20	26,06
17/2/2009	total	1	20	11720	7503	1,56	21,69	27,99
17/2/2009	total	2	20	11800	7503	1,57	21,94	28,30
17/2/2009	total	3	20	12148	7503	1,62	23,02	29,69
17/2/2009	total	4	20	12976	7503	1,73	22,14	32,11
17/2/2009	secano	1	50	12878	7503	1,72	21,88	31,73
17/2/2009	secano	2	50	12870	7503	1,72	21,86	31,70
17/2/2009	secano	3	50	13584	7503	1,81	23,76	34,44

17/2/2009	secano	4	50	13054	7503	1,74	22,35	32,41
17/2/2009	parcial	1	50	13994	7503	1,87	24,84	36,02
17/2/2009	parcial	2	50	13736	7503	1,83	24,16	35,03
17/2/2009	parcial	3	50	14688	7503	1,96	26,68	38,69
17/2/2009	parcial	4	50	13362	7503	1,78	23,17	33,59
17/2/2009	total	1	50	13576	7503	1,81	23,73	34,41
17/2/2009	total	2	50	14302	7503	1,91	25,66	37,20
17/2/2009	total	3	50	14752	7503	1,97	26,85	38,93
17/2/2009	total	4	50	15072	7503	2,01	27,70	40,16
17/2/2009	secano	1	70	12888	7503	1,72	22,65	33,98
17/2/2009	secano	2	70	12718	7503	1,70	22,24	33,36
17/2/2009	secano	3	70	13616	7503	1,81	24,42	36,63
17/2/2009	secano	4	70	12594	7503	1,68	21,94	32,91
17/2/2009	parcial	1	70	13492	7503	1,80	24,12	36,18
17/2/2009	parcial	2	70	14110	7503	1,88	25,62	38,43
17/2/2009	parcial	3	70	14898	7503	1,99	27,53	41,29
17/2/2009	parcial	4	70	13296	7503	1,77	23,64	35,46
17/2/2009	total	1	70	13520	7503	1,80	24,19	36,28
17/2/2009	total	2	70	14630	7503	1,95	26,88	40,32
17/2/2009	total	3	70	15176	7503	2,02	28,20	42,31
17/2/2009	total	4	70	14442	7503	1,92	26,42	39,64