

800.118
A.118.9
2004

INFORME FINAL
PROYECTO DE INNOVACIÓN TECNOLÓGICA
CÓDIGO 200-2368

**Mejoramiento del manejo de riego y fertilización
en el cultivo de naranjo cv. Lane Late, mediante la
implementación de la técnica de hidroponía abierta**

**Empresa beneficiaria: Agrícola Los Carrizos Ltda.
Empresa Ejecutora: Agrícola Los Carrizos Ltda.
30 de junio de 2004**

A. Resumen ejecutivo

Agrícola los Carrizos es una sociedad dedicada a la producción de naranjas, ciruelas y uvas de mesa entre otras, que se encuentra inserta en una zona con antigua tradición frutícola, como es San Vicente de Tagua -Tagua, VI región. Que en su afán de innovación permanente, plantea la posibilidad de mejorar las actuales perspectivas económicas de los naranjos Navel Late, mediante la implementación de nuevas teorías de riego y fertilización, que permitan asegurar un alto porcentaje de fruta con calidad de exportación y mejoren el potencial productivo de sus huertos. Y es desde esa perspectiva que inician el proyecto para desarrollar el concepto de Hidroponía Abierta.

El concepto de hidroponía abierta se asocia a un sistema de riego y fertilización intensivo de huertos frutales al aire libre, cuyo objetivo sería lograr una alta eficiencia en el uso del agua y fertilizantes, mediante el confinamiento del sistema radicular a un pequeño volumen, pero con una gran masa de raicillas y pelos radiculares, con alta capacidad de absorción de agua y nutrientes, de manera que en teoría el árbol quedaría independizado completamente del suelo, con excepción de algunas raíces principales de sujeción.

Para desarrollar un sistema confinado de raicillas y pelos radiculares, es necesario disponer de un sistema de riego que entregue pequeñas cantidades de agua en un espacio muy reducido, tratando de igualar la tasa de consumo del árbol con la tasa de riego, de manera que no exista un superávit de agua que escape de la zona donde se quiere confinar las raíces. De esta manera, el sistema de riego debe estar diseñado para regar solo durante las horas del día, puesto que es en ese momento donde se produce la evapotranspiración y por tanto la demanda de la planta. Además, el sistema debe ser antidrenante ya que debido a que la demanda de la planta por agua durante el día no es uniforme sino que se comporta como una campana, con un pick a medio día, el sistema debe estar capacitado para entregar el agua en pulsos y ser distribuidos de acuerdo a los cambios en la demanda atmosférica sin que ello genere desuniformidad (el sistema debe quedar presurizado entre pulso y pulso).

Idealmente, el confinamiento de las raíces debe iniciarse en tempranas etapas de desarrollo de los árboles (1-2 años). Además, debe disponerse un material con buena capacidad de retención de agua, pero a su vez permitir una buena aireación en la zona donde se quiere desarrollar las raíces.

La nutrición también juega un rol importante en este sistema, ya que al tener confinada las raíces, el área de exploración del sistema radicular es prácticamente nulo. Por ello, el sistema obliga a fertirrigar con una solución nutritiva iónicamente balanceada que contenga la totalidad de nutrientes que requiere el cultivo, siendo estos equivalentes a los elementos contenidos en la fruta que va a ser cosechada sumado a los necesarios para el desarrollo del árbol.

Estos conceptos de Hidroponía Abierta, fueron implementados en un huerto de naranjos cv. Lane Late/Carrizo de 2 años de edad, y comparados con un huerto de idénticas características, pero manejado bajo un régimen intensivo de riego y fertilización, requeridos por naranjos destinados a la exportación.

El proyecto requirió dotar de un nuevo sistema de riego y fertirrigación, acorde a los requerimientos del sistema de Hidroponía abierta. Además, consideró la adquisición de sistemas sofisticados de monitoreo de parámetros asociados al estrés hídrico de las plantas (Fitomonitor) y la implementación de múltiples análisis, para definir los niveles nutricionales del cultivo y generar a partir de ellos soluciones equilibradas iónicamente.

Los manejos implementados durante los tres años y medio que duró el proyecto en el huerto Hidropónico generaron una mayor productividad, en comparación con el huerto con manejo Tradicional. Sin que existieran diferencias significativas en la calidad. Sin embargo, los mayores costos de producción generados por el manejo del huerto Hidropónico, redundaron en una menor rentabilidad del cultivo, que no pudo ser soportada por el aumento de la producción

Esta situación puede ser atribuida a que en la práctica resulto imposible desarrollar un sistema radicular confinado. Pues si bien en un comienzo se visualizo un crecimiento moderado bajo los goteros, éste rápidamente dio paso a un desarrollo en un volumen amplio del suelo, aunque siempre en forma superficial y con abundante presencia de raicillas y pelos radiculares, en comparación con el testigo. Las razones no están claras, pero existen algunos indicios que el diseño de riego pudo resultar insuficiente para lograr un manejo de riego localizado sin generar un estrés hídrico en las plantas; probablemente, se requiera de un sistema de riego con un caudal instantáneo muy bajo y un mayor número de pulsos por día

Aún así, el desarrollo del proyecto ha permitido ampliar los conocimientos en diferentes áreas hasta ahora poco desarrollados en la zona, que pueden llevar en un mediano plazo a potenciar el desarrollo en naranjos u otros frutales; entre estos:

- La descripción de la fenología de Naranja Lane Late bajo las condiciones agroclimáticas de una importante zona productora de naranjos.
- El monitoreo de variables cuantitativas de la planta, relacionadas con el estrés hídrico y su aplicación práctica el manejo de riego.
- El manejo conceptos de riego tendientes a minimizar el estrés hídrico de la planta (riego por pulsos)
- La formulación de soluciones nutritivas acorde a los requerimientos del cultivo en sus diferentes etapas de desarrollo.

5,2 L... 2,2... 2,2... 2,2...

C. Metodología y plan de trabajo

La hidroponía abierta es un sistema sofisticado de fertirrigación, donde la principal diferencia radica en el hecho de desarrollar las raíces y generar una gran masa de pelos radiculares en un volumen limitado, mediante un manejo altamente eficiente del riego y fertilización.

Un huerto de naranjos Lane Late plantada sobre patrón Carrizo a 5 x 3,5m en septiembre de 1999, con una superficie aproximada de 4,85 ha, ubicado en San Vicente de Tagua Tagua, VI región, fue seleccionado para evaluar la factibilidad de implementar el concepto de hidroponía abierta y evaluarla técnica y económicamente, en comparación con los manejos tradicionalmente realizados en huertos enfocados a la exportación.

Un sector de 2,4 ha fue asignado para realizar manejos normalmente utilizados en huertos de naranjos (Tradicional) y otro de 2,45 ha para implementar los manejos tendientes a lograr un huerto bajo el concepto de hidroponía abierta (Hidropónico).

En el sector testigo, se mantuvo el sistema de riego presurizado, diseñado para dos líneas de goteros de 4 lt/h dispuestos a 1m de distancia entre ellos (precipitación 0,8 mm/h), conectado a un sistema de fertirrigación volumétrica proporcional marca *Xilema*, con regulación de pH.

Un sistema de riego y fertirrigación independiente fue habilitado para el sector a manejar como hidroponía abierta, durante el invierno de 2001, ante la imposibilidad de dar más de 3 pulsos de riego y el limitado número de estanque para soluciones madres del fertirrigador, del sistema existente. El sistema de riego se diseño para entregar un máximo de 16 pulsos durante el día (horas de luz) con una línea de riego con 3 goteros de 1,2 lts/h antidrenantes, a 33 cm entre ellos (precipitación 0,8 mm/h) y un sistema de fertirrigación volumétrica marca *Nova 2*.

Un moderno equipo de monitoreo de variables relacionadas con el estrés hídrico de la planta y el medio ambiente, como son la temperatura del follaje, el flujo de savia, contracción del tronco y frutos, humedad del suelo, déficit de presión de vapor (DPV), conocido como Fitomonitor marca *Phytec*, fue instalado en plantas representativas de ambas condiciones en ensayo, para obtener información cuantitativa del comportamiento de la planta frente a las condiciones ambientales y los manejos culturales.

Adicionalmente se habilito una estación de tensiómetros a 20 y 40 cm de profundidad en cada sector, así como una bandeja evaporimétrica tipo A. Instrumentos tradicionalmente utilizados para definir los requerimientos hídricos de los cultivos en huertos frutales con riego presurizado.

Las plantas al momento de iniciar el proyecto, tenían un temporada de desarrollo, y contaban con 1 gotero de 4 lts/h a un costado del cuello de la planta. Lo que resultaba a la fecha insuficiente para enfrentar la época estival que comenzaba. Por ello se dispuso de inmediato un gotero adicional, ubicando las líneas de manera que los goteros quedarán a 50

cm del eje del tronco. En el caso del sector Hidropónico, se dispuso bajo los goteros "tumbas" de 30 cm de largo x 30 cm de ancho x 15 cm de profundidad, llenas con corteza de pino compostado (Gromor), como medio para el desarrollo de raicillas.

Durante el invierno, luego de realizado las modificaciones del sistema de riego tendientes a separar los sectores en ensayo. Se completo los goteros de 4 lt/h faltantes en la línea de riego existente en el sector Tradicional, quedando estos dispuestos a un metro. Mientras que en el sector Hidropónico se instaló una línea con 3 goteros antidrenantes Netafim de 1,6 lts/h, por metro. Además, se procedió a alargar las tumbas, de manera de ocupar todo el espacio entre plantas sobre la hilera (2,5m de largo x 30 cm ancho x 30 cm de profundidad), para que la mayor cantidad de goteros quedase ubicado sobre la corteza compostada.

1. Definición de la nutrición:

Para la temporada 2000-2001, el sistema de fertirrigación existente no permitía en la práctica entregar diferentes concentraciones entre los tratamientos, y no se contaba con los análisis de nutrientes de hoja y de fruta, ambos requisito indispensable para la formulación de las soluciones nutritivas, por ello se determinó seguir un criterio similar de fertilización en el huerto Tradicional e Hidropónico.

- Se programó el equipo de fertirrigación de manera de lograr una concentración de 35 ppm N (85% N ureico – 15% N Nítrico), 4 ppm P, 20 ppm K, 8 ppm Zn y 4 ppm Mg en forma permanente en el agua de riego, entre enero de 2000 y abril de 2001. Utilizando como fuentes Urea, Nitrato de potasio, Ácido fosfórico, Sulfato de zinc y Sulfato de magnesio.

Para la temporada 2001-2002, se programó una nutrición diferenciada en los huertos en ensayo.

En el caso del huerto Tradicional, se distribuyo las unidades de los elementos que normalmente se utilizan en huertos de segundo año y se distribuyeron proporcionalmente al volumen de agua que se estimaba utilizar durante la temporada de riego. Programando una concentración de 8,4 ppm N, 2,6 ppm P, 4,5 ppm K, 2,7 ppm Zn y 0,9 ppm Mg entre noviembre y marzo, en base a Nitrato de amonio, Nitrato de potasio, Ácido fosfórico, Sulfato de zinc y Sulfato de magnesio.

Para el caso del huerto Hidropónico, se procuró una solución nutritiva iónicamente balanceada, estimada en base a la extracción que generara la carga frutal y desarrollo vegetativo de la temporada, descontando el aporte de la fuente de agua.

- A partir de la concentración análisis de contenido de nutrientes (N, P, K, Ca, Mg, Zn, B, Mn, Fe, Cu, Cl, Na), materia seca y peso promedio de los frutos en desarrollo, y el volumen de cosecha esperado (3.000 kg/ha para el 2001), se estimó la extracción (kg/ha) de cada nutriente generada por la cosecha Para ello, fueron extraídas mensualmente (dic-ago) una muestra de 20 frutos de árboles

representativos de la condición del huerto. A este cálculo se sumó un 20%, en función de las pérdidas o ineficiencias de la fertilización y la extracción del huerto para el desarrollo de su estructura (coeficiente de fertilización = 1,2).

- Una vez definido los kilos/ha a aplicar de cada nutriente, se estimó el volumen de agua a regar durante el mes, y se calcula miligramos de elemento/ lt de agua (ppm), a los cuales se le restó las ppm de los elementos encontrados en los análisis de nutrientes de la fuente de agua.
- En base a la concentración de nutrientes anteriormente definida, se seleccionó las fuentes de nutrientes de manera de lograr una solución nutritiva iónicamente balanceada.
- Estos cálculos fueron realizados de noviembre a marzo. Obteniendo las siguientes concentraciones:

Nutriente	Nov-01	Dic-01	Ene-02	Feb-02	Mar-02
N-NO3	13,0	15,1		3,9	1,2
N-NH4	2,0	2,0	19,3	23,6	8,1
P	5,6	8,3	2,8	2,5	0,9
K	9,7	17,2	11,1	14,4	3,6

Ajustando las formulaciones con pequeñas cantidades de zinc y boro para lograr el equilibrio iónico de la solución.

Para la temporada 2002-2003, se mantuvo una fertilización diferenciada entre los huertos, procediendo de manera similar a la temporada 2001-2002, pero sin equilibrar iónicamente las soluciones, en vista que el sistema radicular se encontraba ampliamente distribuido (fuera de las tumbas).

En el caso del huerto Tradicional se programó una concentración de 15 ppm de N, 4 ppm P, 6 ppm K, 6 ppm Zn y 6 ppm Mg de octubre a diciembre. De enero a mediados de marzo, se modificó la concentración de nutrientes con el objetivo de favorecer la acumulación de sólidos soluble y el color de la fruta, a 8 ppm N, 4 ppm P, 3 ppm K, 6 ppm Zn y 6 ppm Mg, siguiendo los resultados entregado por las sondas y análisis de nutrientes de Agriquem (empresa española de asesoría nutricional incorporada al proyecto desde esta temporada). Las fuentes de nutrientes utilizadas fueron: Nitrato de amonio, Ácido fosfórico, Nitrato de potasio, Sulfato de zinc y Sulfato de magnesio.

En el caso del huerto Hidropónico, se programó la misma metodología de cálculo que en para la temporada 2001-2002, asumiendo sí una cosecha de 6.000 kg/ha. Aunque no pudo ser realizada con la frecuencia requerida debido a problemas relacionados con el cambio de proveedor de servicios de análisis de laboratorio (pérdida de muestras y lenta entrega de resultados entre otros). Así, se implementó en la práctica una concentración de 48,66 ppm N (85% NH4 – 15% NO3), 34,25 ppm P y 76, 37 ppm K entre octubre y diciembre, y otra de 9,22 ppm N (85% NH4 – 15% NO3), 2,92 P y 3,95 K, de enero hasta mediados de abril.

Donde las fuentes de nutrientes utilizadas fueron: Sulfato de amonio, Nitrato de amonio, Ácido fosfórico, Nitrato de potasio y Sulfato de zinc.

Para la temporada 2003-2004, se definió dos fases de fertilización (2 concentraciones) para cada uno de los huertos en ensayo. La primera Fase de fertilización (Fase I) se programó entre los meses de octubre y diciembre, la segunda fase (Fase II) entre enero y abril. Tomando como base los resultados obtenidos a la fecha, en relación a modificar las concentraciones de los principales elementos, en función del desarrollo del árbol y la fruta.

En el caso del huerto Tradicional, la Fase I comprendió una concentración de 35 ppm de N, 4 ppm de P, 20 ppm K y 4 ppm Zn. Mientras que la Fase II 15 ppm N, 6 ppm P, 4 ppm K, 6 ppm Zn. En base a Nitrato de amonio, Ácido fosfórico, Nitrato de potasio y sulfato de zinc en ambos casos.

En el caso del huerto Hidropónico, se programó para la Fase I una concentración de 35 ppm de N, 4 ppm de P, 20 ppm K, 4 y 4 ppm Mg, en base a Mezcla SQM cítricos de color I (16,4% N, 1,9% P, 9,2% K, 2,1% Zn y 1,8% Mg). Y una concentración de 15 ppm N, 4,4 ppm P, 4,1 ppm Zn y 4,4 ppm Mg, para la fase II, en base a Mezcla SQM Fase I (debido abundante saldo en bodega), reforzada con Nitrato de amonio, Ácido fosfórico, sulfato de zinc y Sulfato de magnesio, para asemejarla a la mezcla SQM cítricos de color Fase II.

2. Determinación de los requerimientos hídricos de la planta:

En el huerto Tradicional, el requerimiento de riego fue definido en base a la interpretación de las lecturas de tensiómetros (20 y 40 cm de profundidad), y bandeja evaporimétrica, instrumentos que entregan información de la condición de la humedad del suelo y la demanda atmosférica respectivamente, y que son en la actualidad los parámetros utilizados en los huertos de exportación con riego tecnificado.

- La estrategia de riego tradicional procuró reponer 15% de la evaporación de bandeja el primer año, 30% el segundo, 50% el tercero y 70% el cuarto; ajustándolas de manera de mantener los tensiómetros de 20 cm entre 6-12 cb y tensiómetro de 40 cm entre 8 – 15 cb. Durante el periodo de primavera-verano-otoño el riego fue diario, mientras que en el invierno estos se distanciaron (1 a 2 veces por semana, en ausencia de lluvias).

En el caso del huerto Hidropónico, se integró a los instrumentos anteriormente mencionados; sensores electrónicos (Fitomonitor) y mecánicos (dendrómetros análogos), desarrollados para cuantificar el grado de estrés hídrico de la planta, y permitir un manejo más fino de los volúmenes de agua a entregar y las frecuencias de riego.

- La estrategia en el huerto Hidropónico, trató de implementar pulsos, distribuidos en las horas de mayor contracción de los dendrómetros, mientras la evaporación de bandeja se mantuviera por sobre 3 mm/día. Ajustando el número de pulsos/día y/o tiempo del pulso (ver tabla de pulsos), mediante un proceso de prueba y error semanal, en base a la respuesta del árbol (nivel de estrés), a los cambios de

estrategia o condiciones climáticas. En invierno (cuando la evaporación de bandeja baja de 3 mm/día) se suspendió el riego por pulsos. Programando riegos cada 2-3 días en ausencia de lluvias, de manera de evitar alzas en sensores relacionados con los niveles de estrés.

- Tabla de pulsos de referencia:

Distancia de plantación (m)	5 x 3,5
Número de goteros/planta	11,7
Caudal efectivo del emisor (lt/h)	1,2
Precipitación de diseño (mm/h)	0,8

Riego			Pulsos/hora										Total	Tiempo
(mm/día)	(horas)	(min.)	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	(pulsos/día)	(mm/pulso)
0,5	0,6	38				1	1	1	1				4	9
1,0	1,3	75			1	1	1	1	1	1			6	13
1,5	1,9	113			1	1	2	2	1	1			8	14
2,0	2,5	150		1	1	1	2	2	1	1	1		10	15
2,5	3,1	188		1	1	2	2	2	2	1	1		12	16
3,0	3,8	225		1	2	2	2	2	2	2	1		14	16
3,5	4,4	263		2	2	2	2	2	2	2	2		16	16
4,0	5,0	300		2	2	2	2	2	2	2	2		16	19
4,5	5,6	338		2	2	2	2	2	2	2	2		16	21
5,0	6,3	375		2	2	2	2	2	2	2	2		16	23
5,5	6,9	413		2	2	2	2	2	2	2	2		16	26
6,0	7,5	450		2	2	2	2	2	2	2	2		16	28
6,5	8,1	488		2	2	2	2	2	2	2	2		16	30
7,0	8,8	525		2	2	2	2	2	2	2	2		16	33
7,5	9,4	563		2	2	2	2	2	2	2	2		16	35
8,0	10,0	600		2	2	2	2	2	2	2	2		16	38

3. Caracterización del cultivo bajo las condiciones del ensayo:

Para conocer la fenología del cultivo bajo condiciones agroclimáticas del lugar de ensayo, se realizaron mediciones tendientes a determinar la intensidad de desarrollo de brotes, raíces, flores, frutos y caída de frutos, en árboles de similar desarrollo (10), libre de enfermedades y plagas, representativos de la condición general del huerto, en cada uno de los tratamientos.

- Para ello, se procedió a marcar y medir semanal ramillas representativas de la condición de los árboles seleccionados (40/tratamiento) para estimar la tasa de crecimiento de estos durante el año y definir así los flush de crecimiento vegetativo.
- Además, se construyó una cámara de inspección (Rizotrón) en la zona de desarrollo radicular de cada uno de los tratamientos, con el objetivo de determinar el número de nuevas raíces y la longitud de estas.

Para observar el desarrollo del sistema radicular en el perfil de suelo, luego de dos temporadas de riego, se procedió durante el 2003 a realizar un descalce con agua a presión, de la zona de raíces ubicada a 30 cm del tronco de un árbol del sector Hidropónico (paralelo a la zona de la tumba), para evaluar por medio de un marco cuadrulado a 10x10 cm la distribución de las raíces.

- La intensidad de floración en cada primavera fue definida mediante el conteo de flores abiertas en las ramillas seleccionadas. El desarrollo de los frutitos por la medición del diámetro polar y ecuatorial de una muestra de estos (4/planta). Y la intensidad de la caída de frutos, por el recuento de frutos recolectados en redes dispuestas bajo la copa de los árboles.

Debido a la importancia que tiene el tipo de flor en la calidad final de los frutos cítricos, se evaluó también en 15 ramillas por punto cardinal de los árboles seleccionados en cada tratamiento, para determinar el tipo de ramilla donde se desarrollaba las yemas florales, clasificándolas en: Brotes vegetativos (sin flores), Brotes mixtos (brotes con flores y acompañadas de hojas), Brotes con flor campanera (brote con hojas y una flor terminal), brotes con racimos florales (brotes con grupos de flores y sin hojas), Brotes con flor solitaria (brotes sin hojas y con 1 flor)

4. Determinación de la cantidad y calidad de la fruta:

Las cosechas del 2002 y 2003 fueron objeto de análisis en relación a la productividad (rendimiento y calibre) y parámetros de calidad según estándares de la industria para fruta destinada a exportación, como peso de fruta, grosor de cáscara, porcentaje de jugo, acidez, sólidos solubles (SS), % de Russet, golpe de sol o desordenes fisiológicos (decoloración, hendidura, etc.) y color.

5. Rentabilidad:

En cada una de las temporadas se registró separadamente los costos de producción de los sectores en ensayo (Tradicional e Hidropónico) para compararlos con los ingresos generados por cada uno de ellos. En el caso de la temporada 2003-2004, los ingresos han sido estimados en base a la estimación de cosecha, ya que a la fecha no se contaba aún con la calidad mínima para realizar la cosecha; Y sobre costos operacionales al mes de mayo.

6. Resumen de actividades desarrolladas durante proyecto FONTEC (Plan de trabajo ejecutado)

DETALLE DE ACTIVIDADES	PLAN DE TRABAJO EJECUTADO																																															
	Primer Año												Segundo Año												Tercer Año												Cuarto Año											
	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	R	F	M	A	M	J					
Etapas																																																
Etapas I																																																
Implementación de los sistemas																																																
Organizar inicio ejecución de proyecto	X																																															
Implementar sistema de hidroponía	X	X							X	X																																						
Determinar y/o ajustar solución nutritiva de la temporada										X										X																												
Crear centro de costos a nivel contable	X																																															
Etapas II																																																
Ejecución y estudio del comportamiento de las plantas																																																
Determinar curva fenológica de la temporada	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
Determinar requerimientos hídricos del cultivo	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
Determinar nivel de estrés del cultivo hidropónico		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
Determinar cantidad de nutrientes en frutos	X	X	X	X	X	X	X					X	X	X	X	X	X	X					X	X	X	X	X	X	X	X					X	X	X											
Ajustar solución nutritiva en base a extracto de saturación		X	X	X	X	X	X					X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				X	X	X	X										
Determinar características químicas del agua de riego	X		X		X		X					X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X					X	X	X	X										
Cosecha y control de calidad de la fruta							X																																									
Análisis y evaluación de resultados					X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X										
Análisis global de los resultados																																																
Etapas III																																																
evaluación del sistema de producción																																																
Determinar costos e ingresos										X																																			X			
evaluación económica																																																
Informes anuales											X																																			X		

D. Resultados Obtenidos

1. Resultado comparativo del manejo de nutrición implementado en los huertos hidropónico y tradicional.

1.1. Fuente y cantidad de fertilizantes utilizados (kg fertilizante/ha):

Durante la primera temporada las cantidades de nutrientes en ambos tratamientos fueron las mismas, ya que no se implemento una fertilización diferenciada, hasta la primavera de 2001. En las siguientes tres temporadas los fertilizantes utilizados fueron variando de acuerdo al programa de nutrición establecido para cada huerto y época. En general los fertilizados utilizados son fuentes disponibles fácilmente en el mercado.

La urea como fuente de nitrógeno, fue erradicada a partir de la segunda temporada, puesto que si bien se trata de una fuente de bajo costo (\$/UN), en riegos de alta frecuencia tiende a ser menos eficiente, puesto que por tratarse de una molécula apolar, se lixivia y el amonio generado por la nitrificación tiende a quedar en estratas profundas (30-90 cm) y fuera del alcance de las raicillas superficiales que se generan con riegos diarios o con pulsos (0-30 cm).

El uso de sulfato de amonio como fuente de nitrógeno, se utilizó para modificar la relación Amonio/Nitrato. Ya que a mayor porcentaje de amonio en la solución fertilizante aumenta la capacidad de acidificación del suelo en el entorno de las raíces. Situación deseada en suelo con pH alcalinos (mayor a 7,5) y/o presencia de carbonatos (mayor a 1,5% de cal activa). Aumentando de esta manera la disponibilidad de nutrientes como el zinc y hierro para la planta

La Mezcla SQM Fase I utilizada en la última temporada de fertilización, corresponde a una mezcla física de nitrato de amonio, nitrato de potasio, fosfato monoamónico, sulfato de zinc y sulfato de magnesio, que aporta 16,4% N (50% NH₄ – 50% NO₃), 1,9% P, 9,2% K, 2,1% Zn y 1,8% Mg. Recomendada para cítricos de color durante la primavera (sep-dic).

1.1.1. Huerto Tradicional:

Nutriente (kg/ha)	Temp. 00/01	Temp. 01/02	Temp. 02/03	Temp 03/04
Nitrato de potasio	84	97	73	186
Acido fosfórico 85%	48	63	68	53
Sulfato de magnesio	30	26	144	
Nitrato de amonio		101	265	195
Sulfato de zinc	71	70	146	87
Sulfato de amonio				
Mezcla SQM Fase I				103
Urea	189			

1.1.2. Huerto Hidropónico:

Nutriente (Kg/ha)	Temp. 00/01	Temp. 01/02	Temp. 02/03	Temp 03/04
Nitrato de potasio	86	43	382	
Ácido fosfórico 85%	48	105	204	76
Sulfato de magnesio	30	13		13
Nitrato de amonio		40	92	18
Sulfato de zinc	72	1		19
Sulfato de amonio		161	298	
Mezcla SQM Fase 1				210
Urea	192	107		

1.2. Unidades de nutrientes aplicados (kg elemento/ha):

La cantidad de nutrientes aplicadas en los huertos en ensayo, variaron de acuerdo a los programas de fertirrigación, pero en general se enmarcan dentro de los estándares de la industria.

1.2.1. Huerto Tradicional:

Elemento (kg/ha)	Temp. 00/01	Temp. 01/02	Temp. 02/03	Temp 03/04
N	98	48	102	109
P	13	17	18	16
K	32	37	28	80
Zn	16	16	34	20
Mg	3	3	14	2

1.2.2. Huerto Hidropónico:

Elemento (kg/ha)	Temp. 00/01	Temp. 01/02	Temp. 02/03	Temp 03/04
N	100	102	143	41
P	13	29	55	25
K	33	16	145	19
Zn	17	0	0	9
Mg	3	1	0	5

1.3. Contenido de los principales nutrientes en análisis foliares de abril:

Al comparar el contenido de los principales nutrientes (N, P, K, Mg y Zn) con los estándares nutricionales definidos para el cultivo, se puede apreciar que en ambos casos estos se encuentran sobre el mínimo del rango óptimo, y en algunos casos (especialmente en el huerto hidropónico) sobre el máximo definido como rango óptimo.

Esta situación puede significar que las cantidades de nutrientes aplicadas pudieron ser superiores a los requerimientos de las plantas (extracción del cultivo), considerando que el huerto presentaba una producción aún era reducida, por encontrarse en desarrollo. Sin embargo, lo más probable, es que se haya subestimado la mayor eficiencia de asimilación que generan los equipos de fertirrigación volumétrica dispuestos en ambos huertos en ensayo. Siendo mayor el efecto, en el huerto hidropónico, debido a que el riego por pulsos diurno, genera un sistema radicular más superficial y maximiza la absorción de agua por parte de la planta, y por consiguiente una mayor eficiencia en el uso de los fertilizantes.

1.3.1. Huerto Tradicional:

Elemento	Unidad	Rango	Análisis Foliar (abril)				
		Óptimo	2000	2001	2002	2003	2004
N	%	2,40 - 2,70	3,55	-	2,26	3,85	3,29
P	%	0,12 - 0,16	0,28	-	0,24	0,25	0,21
K	%	0,70 - 1,10	2,00	-	1,51	1,25	1,42
Mg	%	0,26 - 0,70	0,27	-	0,26	0,20	0,27
Zn	ppm	25 - 100	30	-	33	23	24

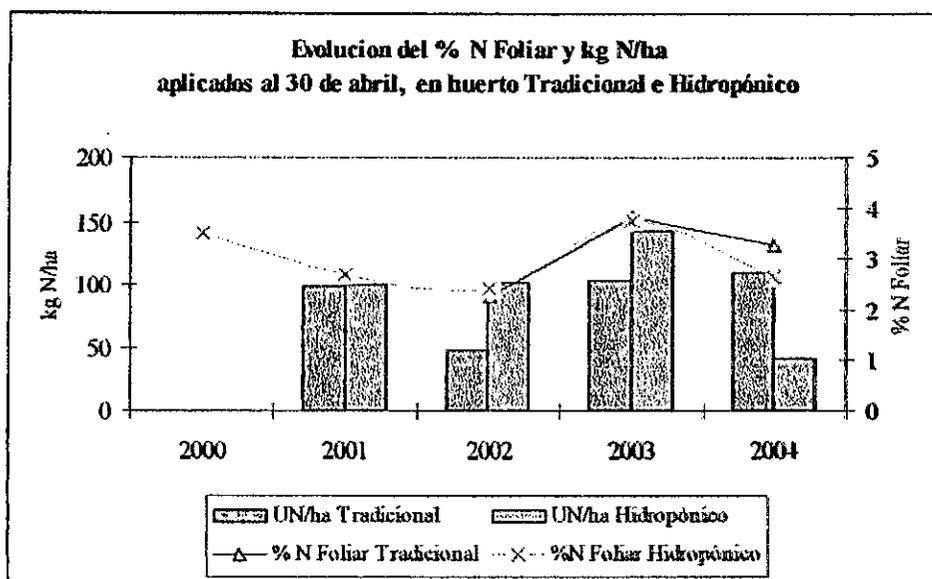
1.3.2. Huerto Hidropónico:

Elemento	Unidad	Rango	Análisis Foliar (abril)				
		Óptimo	2000	2001	2002	2003	2004
N	%	2,40 - 2,70	3,55	2,71	2,42	3,76	2,65
P	%	0,12 - 0,16	0,28	0,21	0,15	0,19	0,19
K	%	0,70 - 1,10	2,0	1,64	1,12	1,38	1,45
Mg	%	0,26 - 0,70	0,27	0,27	0,28	0,19	0,30
Zn	ppm	25 - 100	30	77	73	19	31

1.4. Evolución del contenido de nutrientes en relación a la nutrición:

Al comparar el contenido foliar de los principales elementos (N, P, K, Zn, Mg) en relación a la cantidad fertilizada en cada temporada (al mes de abril de cada año), podemos encontrar que:

1.4.1. Evolución del Nitrógeno:

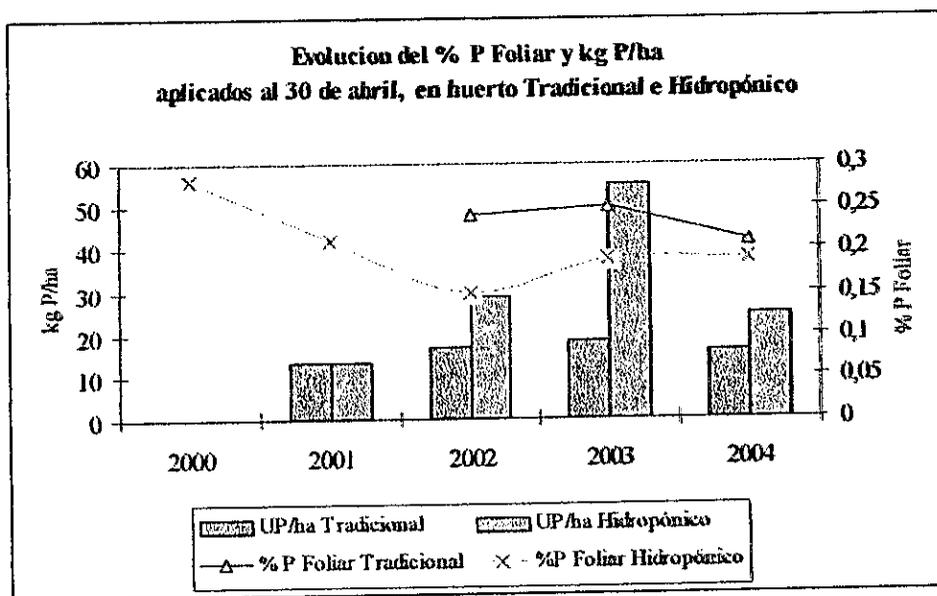


Pese a que la nutrición realizada en las temporadas 2001-2002 y 2002-2003 fueron 36 y 17% superiores en el huerto Hidropónico respecto del Tradicional, los niveles de nitrógeno mantuvieron niveles foliares similares. Lo que resultó ser un claro indicio que parte del fertilizante no estaba siendo utilizado por la planta. Y que indujo a disminuir su aplicación en el huerto hidropónico a la temporada siguiente a niveles similares al huerto Tradicional. Sin embargo problemas con el sistema de inyección de fertilizantes impidieron una adecuada nutrición, llevando a aplicar una cantidad de nitrógeno menor a la programada. (41 UN/ha). Obteniendo como resultado un menor nivel de nitrógeno foliar en comparación con el huerto Tradicional.

Si bien en plantaciones nuevas es común tener niveles foliares por sobre el rango ideal (2,4-2,7 %), la permanencia de estos en el tiempo puede afectar la calidad de la fruta, al estimular excesivo desarrollo vegetativo y retrasar la acumulación de sólidos solubles de la fruta, y limitar con ello eventualmente la exportación.

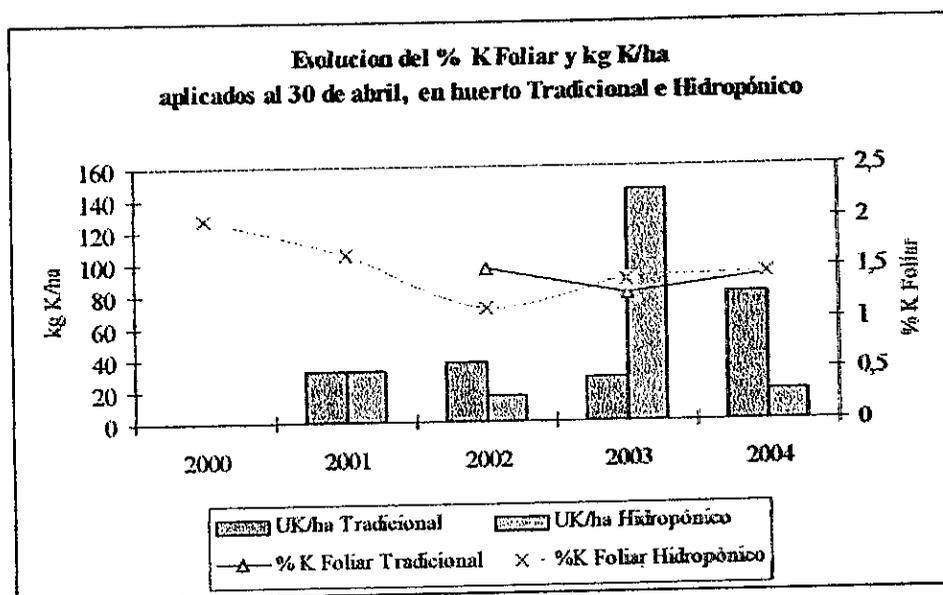
La estrategia de realizar una fertilización nitrogenada en forma concentrada en la primavera (durante el primer flush de crecimiento vegetativo) y limitarla hacia el verano (segundo flush de crecimiento vegetativo), tal como se programó para la última temporada de fertilización en ambos huertos, pretende atenuar el efecto antes mencionado.

1.4.2. Evolución del Fósforo:



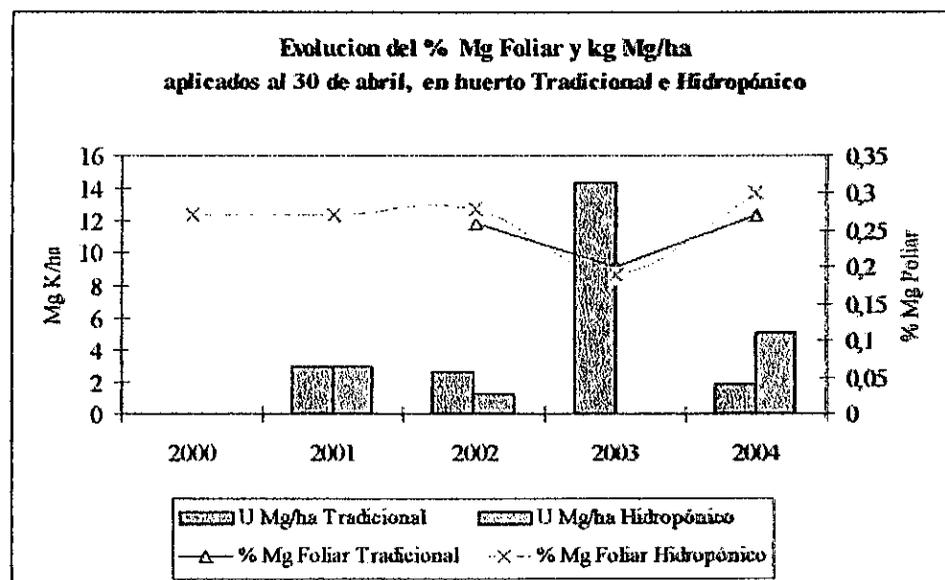
Los niveles de fósforo en ambos tratamientos se encuentran por sobre el rango óptimo. Destaca el hecho que el huerto Tradicional tenga niveles superiores con aplicaciones menores, situación que lleva a pensar que las cantidades aplicadas en el huerto Hidropónico resultan excesivas. Esto queda claramente demostrado al observar en el huerto hidropónico, que pese a la baja ostensible de la dosis de fertilización (25 kg P/ha) se logró mantener los niveles foliares del 2004.

1.4.3. Evolución del Potasio:



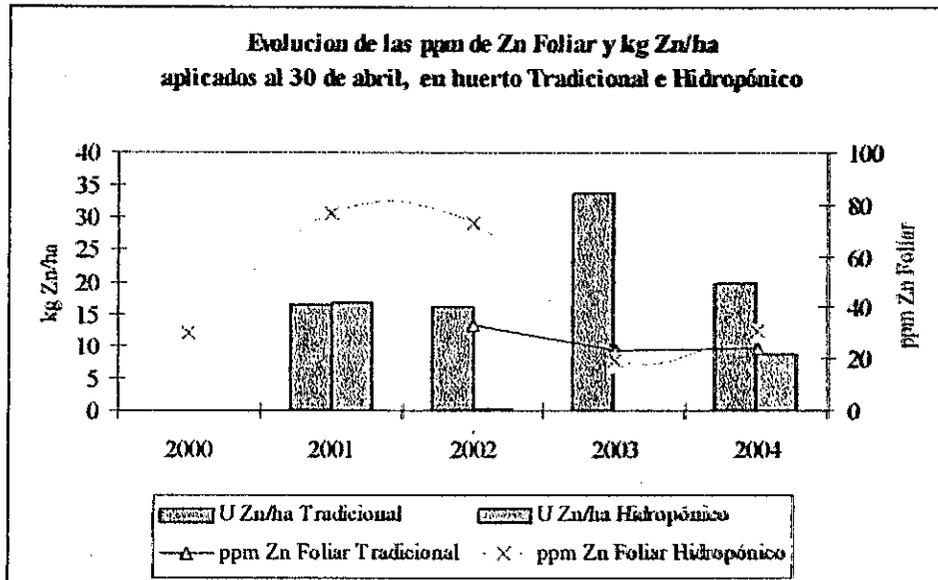
Los niveles de potasio en los análisis foliares, resultan en ambos tratamientos superiores al rango óptimo (0,7 – 1,1%), por lo que debe mantenerse un seguimiento de su evolución y los parámetros de calidad a la cosecha, puesto que, altos niveles de potasio pueden redundar en un mayor grosor de cáscara, rugosidad de la corteza y acidez, y un menor contenido de sólidos solubles y porcentajes de jugo, en resumen, menor calidad de fruta, aún cuando favorezca el calibre de esta.

1.4.4. Evolución del Magnesio:



Al comparar la evolución del magnesio en los análisis foliares de los huertos en ensayo, se puede apreciar que estos han tenido un comportamiento similar, encontrándose en la parte baja del rango óptimo (0,26 – 0,70 %) o ligeramente bajo este, pese a existir diferencias en la fertilización de una temporada a otra y entre los tratamientos. Esta situación puede deberse a que las dosis utilizadas son muy bajas para generar un cambio, incluso en la temporada 2002-2003 en que se fertilizó en el huerto tradicional el equivalente a 1g sulfato de magnesio/pl/día (dosis usual). Esto lleva a pensar que el problema es de eficiencia del fertilizante utilizado (sulfato de magnesio). Por ello, para futuros programas de fertilización, se deberá evaluar el uso de fuentes quelatadas (Quelato de magnesio).

1.4.5. Evolución del Zinc:



En el caso del huerto Tradicional los niveles de zinc se mueven cercano a la parte baja del rango óptimo (25-100 ppm), pese a que en todas las temporadas se contempló la aplicación de sulfato de zinc.

El huerto hidropónico, logró niveles óptimos en las primeras 2 temporadas de manejo diferenciado (2000-2001 y 2001-2002), pero el hecho de no haberlo incluido en las siguientes temporadas generó una fuerte baja, relegando los contenidos a la parte baja del rango.

El hecho de no incluir Zinc en las fertilizaciones del 2001-2002 y 2002-2003, fue deliberado, por cuanto el sistema de fertirrigación instalado contaba con un solo estanque, para preparar la solución madre. Por lo que el Sulfato de zinc debía ser mezclado con el ácido fosfórico, lo cual generaría una reacción química entre Zn y P. Por lo que se optó por suprimir en el programa de nutrición al Zinc. Para la temporada 2003-2004, se solucionó en parte este inconveniente, al incorporar al programa la Mezcla SQM.

Cabe destacar que pese a que no se realizaron aplicaciones de zinc en la temporada 2001-2002 y 2002-2003, en el tratamiento Hidropónico; los niveles se mantuvieron dentro de rangos aceptables y comparables con el huerto Tradicional. Lo que puede estar dado por un sistema de riego (pulsos en horas de luz) y radicular más eficientes.

2. Resultado comparativo del manejo de riego entre huerto Hidropónico y Tradicional

2.1. Manejo general de riego:

Durante la temporada 2000-2001 del proyecto la determinación del tiempo de riego se hizo en base a la evaporación de bandeja evaporimétrica Clase A. En el caso del huerto hidropónico se repuso en promedio, el 23% de la evaporación y en el huerto testigo el 16%.

En la temporada 2001-2002 en el huerto Hidropónico se repuso en promedio un 50% de la evaporación y en el huerto Tradicional el 40%, entre los meses de octubre y marzo. Durante el mes de abril se definió para ambos huertos un 35% de reposición de bandeja.

Durante la temporada 2002-2003 se repuso en promedio el 50% de la evaporación de bandeja, en el caso del huerto Hidropónico en base a riego por pulsos y el 30% en base a riego diario en el huerto

En el caso del huerto Hidropónico los riegos se fueron programando según los valores registrados por los dendrómetros una vez a la semana. La reposición se ajusto aumentando o disminuyendo 1 mm, tratando de mantener dendrómetros en la parte baja del rango propuesto (5-10 cmm), ya que mínima contracción implica mínimo estrés. En el caso del huerto Tradicional los riegos fueron ajustados de acuerdo al comportamiento de los tensiómetros.

Con el objetivo de mejorar la calidad de fruta en ambos huertos, se decidió implementar un riego deficitario controlado (RDC) durante cuatro semanas a partir de mediados de enero, buscando con esto el aumento en los sólidos solubles y color. En el caso del huerto Tradicional se procedió reponer con este criterio de RDC el 20 % de la ET_0 , cuidando que el tensiómetro de 20 cm de profundidad sobrepasaran los 40 cb. Y en el huerto Hidropónico, se regó 8 pulsos de 0,26 mm/pulso en las horas de mayor demanda (12:00 a 15:00). Luego de dos semanas se observó un gran porcentaje de frutos y hojas con quemadura de sol, especialmente en la cara norte de los árboles, por lo que se procedió a restablecer los riegos normales previo al manejo de RDC. En el huerto hidropónico restableció el riego normal, volviendo a 16 pulsos de 0,26 mm (4 mm diarios), y para el huerto testigo 35% de bandeja.

A partir de abril, en el huerto Tradicional se disminuyó la frecuencia de riego, acumulando 6 mm de evaporación de bandeja y reposición de 50 % de esta (riegos cada 2-3 días). En el caso del huerto ensayo se mantuvo el criterio de manejo en base a dendrómetros, disminuyendo la precipitación y los pulsos gradualmente hacia el otoño. Cuando la evaporación bajó los 3 mm se suspendió el riego por pulsos, acumulando 6 mm de evaporación para regar, de manera de mantener la contracción del tronco entre 5 a 10 cmm, subiendo o bajando 1 mm la tasa de reposición.

En la temporada 2003-2004, se partió con una reposición de bandeja de 30% en ambos huertos.

En el huerto tradicional se fue ajustando posteriormente el % de acuerdo al comportamiento de los tensiómetros; Mientras que en huerto Hidropónico, se realizaron ajuste en base a las lecturas de los dendrómetros, subiendo o bajando 1 mm y verificando la respuesta al cambio en un proceso iterativo, de manera de lograr la mínima contracción. La reposición en ninguno de los tratamientos superó el 90%.

Con el objeto de ampliar la capacidad de riego del sistema de riego en que se encontraba inserto el huerto Tradicional dejar más tiempo libre para el resto de los sectores), se instaló a finales de enero, una segunda línea de goteros de 2 lt/horas cada 50 cm. Duplicando la precipitación de diseño. Lo que generó una inmediata baja de los dendrómetros instalados, ya que si bien se mantuvo los milímetros repuestos por día, se mejoró la distribución del agua.

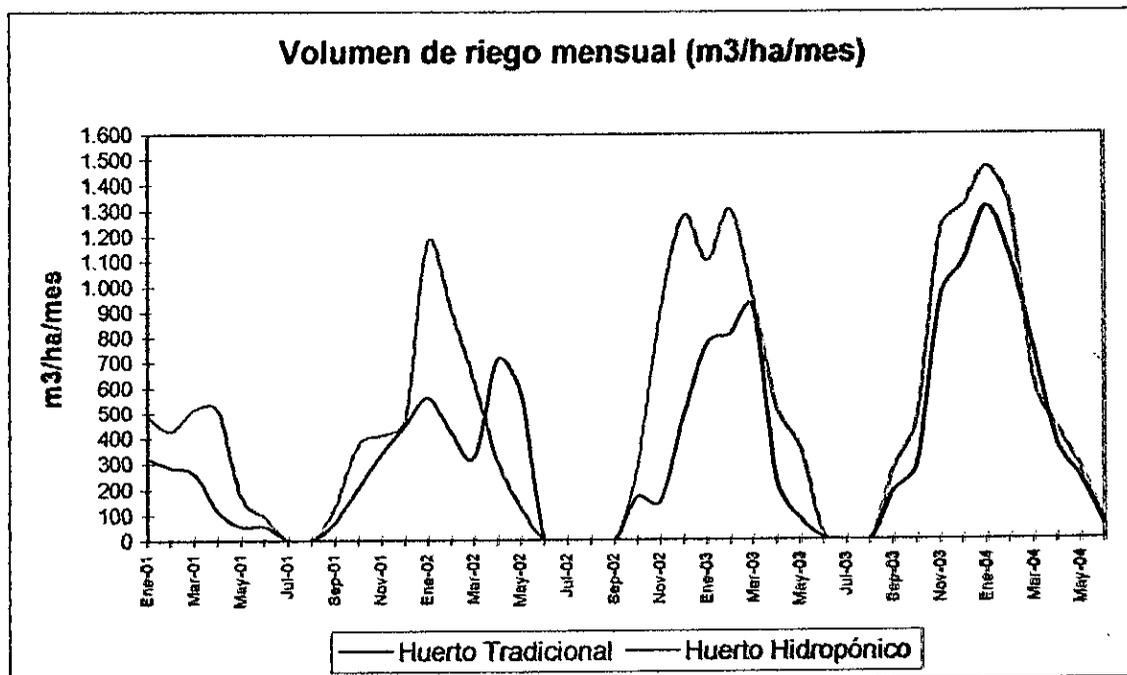
Hacia el otoño se comenzó a disminuir los pulsos gradualmente en el huerto hidropónico, siguiendo la misma dinámica que en la primavera, pero de manera inversa (proceso iterativo de ajuste). Hacia mayo, se suspendieron los pulsos para regar de acuerdo al criterio de invierno (2-3 riego sin pulsos/ semana en ausencia de lluvias, observando dendrómetros). En al caso del huerto tradicional, a mediados del mes de abril, se suspendieron los riegos diarios, regando 1 -2 veces por semana (cada vez que se acumulaban 7 mm de evaporación de bandeja).

2.2. Consumo de agua:

Al observar un resumen de los metros cúbicos utilizados en cada uno de los huertos en ensayo, en cada temporada, es posible apreciar que los conceptos de riego aplicados en el huerto Hidropónico, en contra de lo esperado, generaron una mayor tasa de riego en comparación al manejo implementado en el huerto Tradicional, especialmente en las temporadas 2000-2001 y 2002-2003, donde el huerto Hidropónico se regó 50 y 46% por sobre el testigo. Y a lo largo del proyecto un 29% superior que el manejo Tradicional.

Huerto	Volumen de riego (m3/ha)				Total
	2000-2001	2001-2002	2002-2003	2003-2004	
Tradicional	1.101	3.060	3.643	6.190	13.994
Hidropónico	2.213	3.625	6.750	7.207	19.795
Dif. %	50%	16%	46%	14%	29%

Al observar la evolución de los volúmenes mensuales utilizados en los huertos, destaca el hecho que los volúmenes aplicados en máxima demanda (verano) en el huerto Hidropónico fueran relativamente similares, mientras que en el huerto tradicional fueron crecientes. Esto debido a que los conceptos detrás de ello en el huerto Hidropónico no se ajustan a un % de reposición relacionado al cubrimiento del huerto como en el caso del huerto con manejo Tradicional, sino que a la demanda del árbol, determinada por parámetros cuantitativos estrés hídrico.



En todo caso, esto no significa necesariamente que los árboles bajo manejo Hidropónico tengan un requerimiento de agua mayor, respecto de los árboles bajo manejo Tradicional. Si no que probablemente el número de pulsos del sistema de riego tal como fue planteado (máximo 16 pulsos/día) es limitado, y no logra distribuir el agua de acuerdo a los requerimientos instantáneos de la planta, generando un excedente de agua que la planta en definitiva no utiliza. Y es así como podemos observar, que por ejemplo, en las temporadas 2001-2002 y 2002-2003, las diferencias entre los consumos del huerto Hidropónico y Tradicional se acentúan hacia los meses de mayor demanda atmosférica. Es decir, en el huerto Hidropónico fue necesario aplicar un mayor volumen de agua para bajar los niveles de estrés hídrico de la planta, aún cuando parte de esa agua no era percibida por el sistema radicular.

2.3. Niveles de estrés hídrico:

Los niveles de estrés hídrico fueron seguidos mediante diferentes sensores del fitomonitor.

Los sensores de temperatura de hoja, flujo de savia y diámetro de fruta, por quedar relativamente expuestos en el follaje, sufrían en general permanentes fallas en la instalación, generadas por eventos climáticos o manejos relacionados con el cultivo (pese a que se encontraban en un área restringida). Además, en ocasiones entregaban datos contradictorios entre sí, dificultando la toma de decisiones de riego. Esta situación es atribuida a que estos sensores monitorean una fracción de la planta (ramilla, hoja o fruto), lo que de ser así significaría que probablemente se adapten mejor a plantas suculentas (hortalizas o flores).

El dendrómetro mostró ser una excelente herramienta, ya que al estar instalado en el tronco del árbol (bajo la canopia) se encontraba más protegido y entregaba una visión de la

sumatoria de estructuras de la planta. Además, en la práctica, la información entregada por este resultaba de fácil interpretación y adaptación para definir el criterio de riego.

Durante el transcurso del proyecto, los esfuerzos por mantener bajas contracciones en el huerto Hidropónico fueron constantes. Sin embargo, las contracciones no siempre resultaron menores en comparación al huerto Tradicional. Esta situación puede estar referida principalmente, a las diferencias en la condición de los árboles en lo relativo con el volumen foliar y carga frutal, durante el desarrollo del cultivo.

A comienzos de la temporada 2002-2003, dendrómetros mecánicos fueron instalados en el huerto en forma adicional al dendrómetro del fitomonitor, de manera de ampliar el número de árboles bajo seguimiento, y hacer más representativo los resultados de contracción. Ya que los dendrómetros del fitomonitor presentan limitantes en relación al costo y a su distribución espacial. En el tiempo, los dendrómetros mecánicos mostraron ser prácticos y de fácil operación por lo que su implementación se ha ampliado al resto de los cultivos del predio.

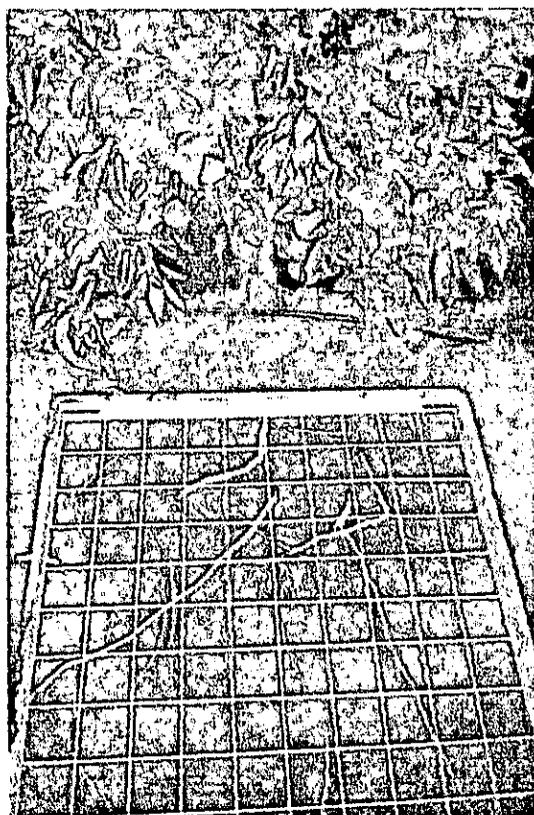
2.4. Confinamiento de raíces en huerto Hidropónico:

El manejo de riego realizado durante el 2001-2002 en el huerto Hidropónico, permitió generar raicillas en las tumbas de corteza de pino compostada, según lo programado pero no en la densidad esperada.



Para la temporada de riego 2002-2003, se hizo evidente que el aumento de la tasa de riego en comparación al año anterior, producto del aumento de la demanda de los árboles, y la imposibilidad de dar una mayor cantidad de pulsos, hacía que el agua saturara la tumba al punto de encontrar agua libre luego de cada riego. Esta derivó en la pérdida de las raicillas allí desarrolladas.

Para determinar el desarrollo que había tomado el sistema radicular, se procedió a lavar con agua a presión el suelo de la cara cálida de un árbol representativo de la condición del huerto, generando un corte perpendicular a 30 cm del tronco y 1 m de profundidad. Encontrándose que el sistema radicular y la humedad se encontraban ampliamente distribuidas en el perfil. Sin embargo destacó, que una gran concentración de raicillas y pelos radiculares en los primeros 20 cm del perfil de suelo.



Debido a la imposibilidad de aumentar el número de pulsos para concentrar el agua en las tumbas y ajustar el caudal de los pulsos a la tasa de absorción de la planta, sin realizar mayores inversiones (puesto de se debía modificar completamente el diseño de riego), para revertir esta situación, el criterio de riego se mantuvo igual para la temporada 2003-2004, por lo que tampoco se generó un cambio en relación al confinamiento de las raíces.

A futuro deberá ser evaluada la posibilidad de:

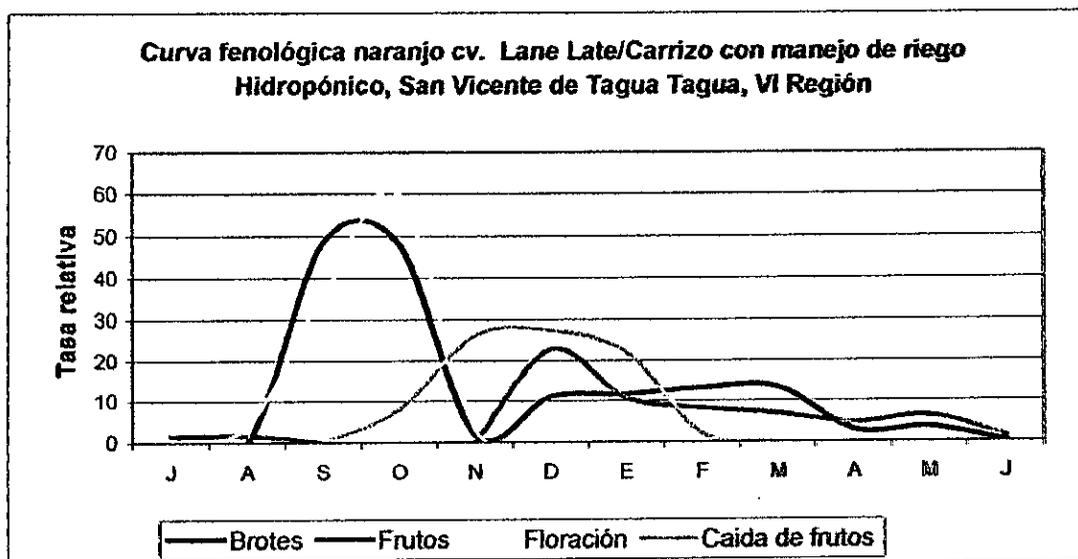
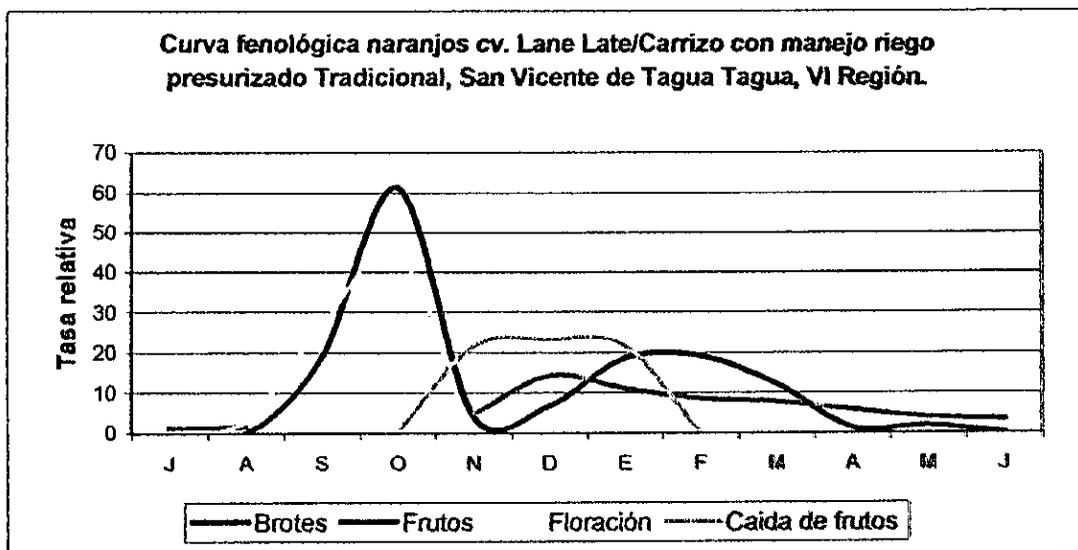
- Modificar el sistema de riego: Aumentando los puntos de contacto (dos líneas de riego con 4 goteros por metro), utilizando goteros de menor caudal (1 lt/h) y aumentando la capacidad de pulsos por día (48 pulsos/16 horas), para distribuir el volumen de agua en pequeñas fracciones, que puedan ser tomadas por la planta dentro de la tumba.
- Utilizar un material con mayor capacidad de absorción de agua (sin que con ello pierda la capacidad de aireación).
- Disponer barreras físicas laterales (como polietileno) a los costados de las tumbas, en los primeros 50 cm del perfil de suelo, para evitar que las raíces escapen del área asignada en períodos de lluvias.

3. Caracterización del huerto Hidropónico y Tradicional

3.1. Curva fenológicas del cultivo:

Las curvas fenológicas tienen por objeto representar gráficamente la forma en que eventos como el desarrollo de los brotes vegetativos y raíces, la intensidad de la floración, desarrollo y caída de frutos de frutos, se dan en el tiempo. De manera de conocer el comportamiento del cultivo en una determinada zona agroclimática y poder asociarlo a los manejos culturales que se realizan en él.

Las curvas fenológicas para los hurtos Tradicional e Hidropónico, en base a las mediciones realizadas entre junio de 2001 y mayo de 2004 son:



Crecimiento vegetativo (desarrollo de brotes):

Durante el invierno la actividad vegetativa es nula o casi nula. A mediados de agosto cuando la temperatura se incrementa, se inicia un primer flush de crecimiento, la tasa de crecimiento va en aumento hasta que alcanza su pick a mediados del mes de octubre, a partir del cual la tasa de crecimiento o intensidad de brotación comienza a disminuir, para detenerse por completo a mediados de noviembre (Flush de primavera), pero por un corto periodo (1-2 semanas), puesto que se reinicia en los primeros días de diciembre, un segundo flush de crecimiento que se mantiene durante los meses del verano, con una menor intensidad en comparación al primero, y que finaliza a mediados de abril (Flush de verano). Un tercer flush de crecimiento se da durante el mes de mayo (Flush de otoño), aunque de muy baja intensidad en comparación a los anteriores. Luego las bajas temperaturas del invierno hacen que el crecimiento vegetativo se detenga completamente.

- Llama la atención que en el sector Hidropónico el flush de primavera presenta un pick menos marcado que en el caso del sector Tradicional, lo que puede dar cuenta de un desarrollo menos acelerado pero más continuo en el huerto Hidropónico.

Floración:

La floración presentó un comportamiento muy similar al del primer flush de crecimiento vegetativo. Se inicia a mediados de agosto, con un pick a mediados de octubre y finaliza a mediados de diciembre. Situación que puede ser explicada por la fuerte influencia que tiene el periodo de reposo invernal sobre estos dos eventos.

Esto probablemente se deba al a que el descenso térmico de invierno, genera un periodo de reposo del crecimiento radicular, lo que restringe el aporte de giberelinas endógenas a la copa, induciendo la floración. Y el aumento de las temperaturas a salida del invierno gatillaría la diferenciación floral y la antesis.

- La época de floración no presentó diferencia entre los tratamientos, lo que da cuenta que son otros los factores que están influyendo sobre el inicio y término de este evento fenológico. En todo caso, destaca el hecho de que la floración del sector Tradicional presenta un pick menos marcado que en el caso del sector Hidropónico.

Caída de frutos:

El inicio de la caída de frutitos en ambos tratamientos coincide con el pick de floración (15 de octubre) y el pick de caída de frutitos con el fin de la floración (15 de noviembre). Finalizando a mediados de febrero (15 de febrero).

- La mayor amplitud de la caída de frutitos en el caso del sector Hidropónico, puede estar asociada a la mayor intensidad de floración que presentaba este sector en primavera, haciendo que se exceda la capacidad de la planta para nutrir de metabolitos a todos los frutos que se encuentran e desarrollo. En otras palabras, a un mecanismo de auto control de la planta para ajustar el número de frutos a su capacidad para nutrirlos.

- La situación anterior sin embargo, no logró afectar la productividad del Huerto Hidropónico, que siempre mostró un mayor rendimiento que el huerto Tradicional, dando cuenta de la mayor capacidad de la planta para mantener una mayor cantidad de frutos.

Crecimiento de frutos:

Los frutitos recién cuajados muestran una alta tasa de crecimiento hasta el mes de diciembre, asociada a una acelerada división celular. Apartir de enero, la tasa de crecimiento de los frutos disminuye gradualmente, hasta el mes de junio, donde se mantiene en niveles mínimos, momento en el cual se daría los cambios asociados a la maduración.

- El huerto Hidropónico a diferencia del Tradicional muestra un aumento de la tasa de crecimiento durante el mes de mayo, coincidiendo con un tercer flush de crecimiento, también más intenso. Esta situación puede ser atribuida a que en el caso del huerto Hidropónico, el hecho de mantener un riego muy intensivo hacia el otoño (en base a los requerimientos del árbol y no a los requerimientos atmosféricos) pueden generar un aumento importante calibre de la fruta, en comparación al huerto tradicional, aun cuando esto genera una brotación de otoño más intensa y sensible a las bajas temperaturas de invierno.

Crecimiento radicular:

El crecimiento de raíces no logró ser evaluado por el método implementado. Aún así, es posible extrapolar parte de los resultados del crecimiento vegetativo.

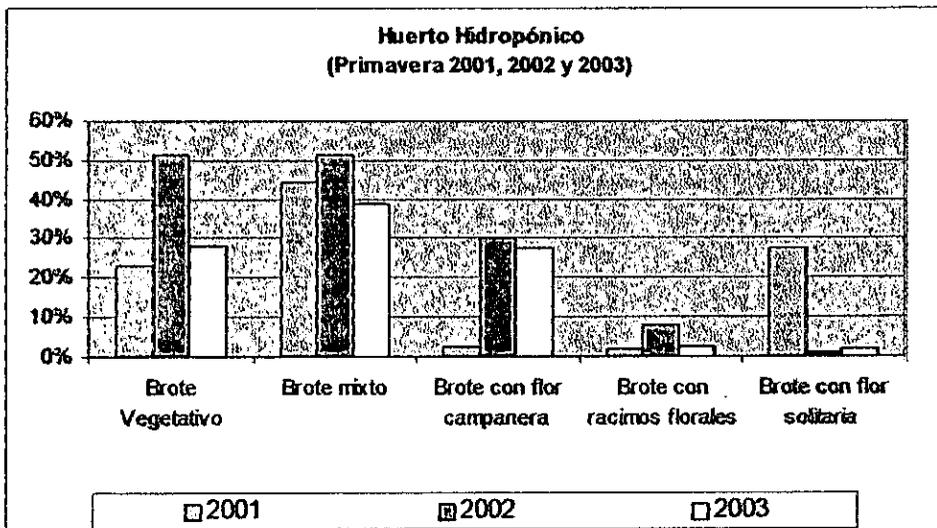
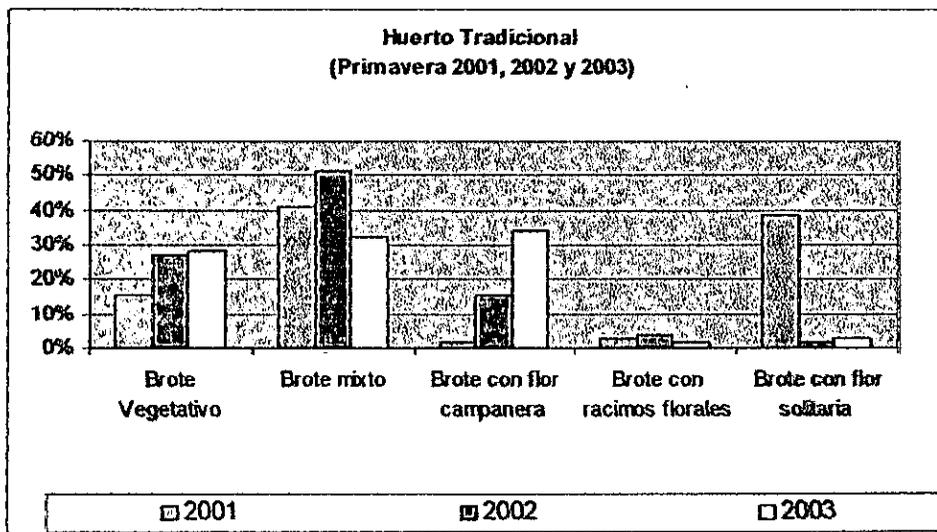
Como a salidas de invierno el incremento de la temperatura se produce primero en el ambiente y más tarde en el suelo, sería lógico pensar que el desarrollo de las raíces se inicia en forma posterior al crecimiento de los brotes, probablemente a principios del mes de octubre, cuando el follaje desarrollado durante la primera parte del primer flush vegetativo comienza a madurar y a exportar fotoasimilados. La detención del crecimiento vegetativo en diciembre, puede ser consecuencia de un sistema radicular limitado para los nuevos requerimientos hídricos generado en el primer flush vegetativo. Esta momentánea detención puede ser aprovechada para un rápido desarrollo de nuevas raicillas (eventual pick de desarrollo de raíces en diciembre); haciendo que la planta pueda dar origen a un nuevo flush vegetativo en un período de alta demanda. Un segundo flush radicular pudiera estar ocurriendo de la misma forma entre el segundo y tercer flush vegetativo. Además, debiera observarse un crecimiento de raicillas hacia finales de otoño e inicios de invierno, por cuanto el suelo demora más en enfriarse que el ambiente.

Para verificar lo anterior, es necesario buscar otros métodos no destructivos de observación del crecimiento de las raíces en terreno, ya que a diferencia de lo ocurrido en el estudio de la fenología de otros cultivos, el rizotrón (cámara de observación) no permitió el desarrollo de raicillas durante todo el transcurso del proyecto.

3.2. Tipo de floración:

Las flores de los naranjos se desarrollan en las axilas de las de las hojas de brotes de ciclos anteriores, pudiendo tener una o varias flores. Así es que al momento de la floración en primavera se puede encontrar 5 tipos de brotes: **Brotos vegetativos** (sin flores), **Brotos mixtos** (brotes con flores y acompañadas de hojas), **Brotos con flor campanera** (brote con hojas y una flor terminal), **Brotos con racimos florales** (brotes con grupos de flores y sin hojas), **Brotos con flor solitaria** (brotes sin hojas y con 1 flor); de los cuales los que generan la mejor calidad de fruta corresponden a los brotes mixtos y los brotes con flor campanera, ya que al estar las flores acompañados de hojas cuentan con un mejor abastecimiento de fotoasimilados.

Al analizar los tipos de brotes en los huertos en ensayo, durante las primaveras del 2001, 2002 y 2003, se encontró:



El bajo porcentaje de brotes con racimos de flores y con flor solitaria, encontrados en el Huerto Tradicional e Hidropónico en el 2003 y 2004, es un claro indicio que el manejo de riego en ambos huertos cumple un estándar tal, que permite la producción de brotes capaces de generar fruta de calidad.

- El hecho que en la primavera de 2002, se encontrara un porcentaje importante de brotes con flor solitaria, tanto en el huerto Tradicional (39%) como el huerto Hidropónico(28%), puede deberse a una situación puntual, producto de que se trata de la primera floración, y proviene de árboles jóvenes con poco follaje.

El porcentaje de brotes vegetativos (sin flores), fue siempre mayor en el huerto hidropónico que en el huerto Tradicional. Sin embargo, las producciones del huerto tradicional fueron más bajas. Por lo que es posible pensar que si bien estos brotes no aportan flores, son importantes en el desarrollo del resto de los frutos.

- El hecho que el porcentaje de brotes vegetativos del huerto hidropónico duplique a los del huerto Tradicional en el 2002, puede ser atribuido a un mejor manejo de riego (mínimo estrés), por cuanto la fertilización nitrogenada en la temporada anterior fue prácticamente similar, mientras que el riego fue el doble. Lo cual se puede haber incidido en una producción 20% mayor en el 2003 respecto del huerto Tradicional.

Los brotes mixtos y con flores campaneras, tuvieron un comportamiento similar en la primavera de 2001, en ambos tratamientos. Mientras que en la primavera del 2002, el sector Tradicional presentó en conjunto una menor cantidad de este tipo de brotes, lo que al igual que en el caso de los brotes vegetativos puede ser atribuido a un mejor manejo de riego en la temporada 2001-2002. En el 2003, la sumatoria de brotes mixtos y con flores campaneras, presentando el sector tradicional más brotes con flores campaneras (de mejor calidad), aún cuando el riego del huerto Hidropónico fue muy superior al del Tradicional. (15% mayor).

Primavera	% brotes Mixtos + Campaneras	
	Hidropónico	Tradicional
2001	47%	43%
2002	82%	67%
2003	67%	67%

4. Análisis comparativo de la productividad y calidad de la fruta del huerto Tradicional e Hidropónico:

4.1. Cosecha 2001

El 27 de agosto de 2001, se realizó la primera cosecha del huerto (102 kg/ha en el sector Tradicional y de 82 kg/ha en el sector hidropónico), no siendo esta una producción comercial, ya que se trata de una muy pequeña cantidad, que no justifican normalmente la labor. Además, normalmente la fruta presenta problemas de calidad externa e interna; siendo los principales problemas encontrados, el sobre calibre, cáscara gruesa, russet y baja relación sólidos soluble/acidez. Los cuales si bien fueron analizados para el ensayo, los resultados son poco representativos, puesto que además los manejos que influyeron sobre el desarrollo de la fruta no fueron diferenciados.

4.2. Cosecha 2002

La cosecha del huerto Hidropónico se realizó del 21 al 22 de agosto y el 16 de septiembre; obtenido en total 1.782 kg/ha. Y la cosecha del huerto testigo el 16 de septiembre; obteniendo 1.354 kg/ha.

4.2.2. Calidad interna de la fruta:

Para analizar los parámetros de calidad interna, se trabajó con un diseño completamente al azar (30 frutos por tratamiento, 10 frutos por repetición y 3 repeticiones por tratamiento), donde los resultados fueron analizados por medio del programa estadístico Statgraphics Plus Versión 1.4.

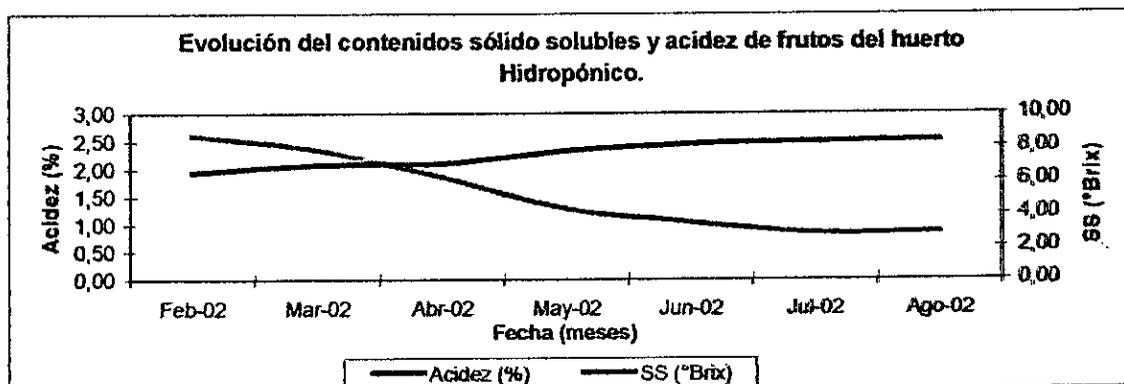
El análisis mostró que no existían diferencias significativas entre los tratamientos, excepto por el parámetro de peso de fruto, donde el tamaño de fruto del Huerto Tradicional es estadísticamente menor que los frutos del huerto Hidropónico, pese a que la carga era mayor.

Tratamiento	Peso Fruto (g)	Grosor Cáscara (mm)	% jugo (%)	Acidez (%)	Sólidos Solubles (°Brix)	SS/Acidez
Hidropónico	380	8.94	38.7	0.87	8.4	9.66
Tradicional	355	7.28	34.57	0.8	8.31	10.39

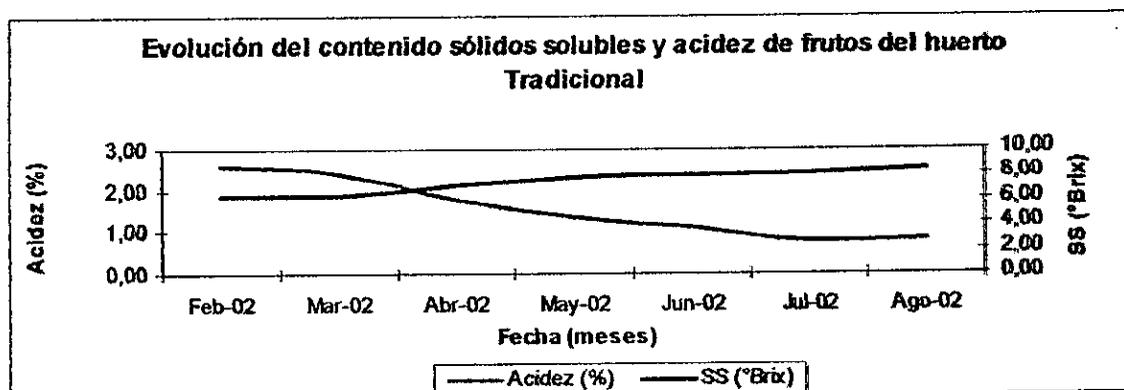
Si consideramos que la relación SS/Acidez mínima para exportación es de 9 para USA y 11 para Japón, se tiene que la producción de ambos huertos queda descartada para estos mercados.

Al analizar la evolución de estos parámetros de calidad durante la temporada, se observó una marcada inflexión de la curva de acumulación de sólidos solubles a partir del mes de mayo en ambos huertos, situación que puede estar asociada a las copiosas lluvias ocurridas

durante ese invierno (221mm en mayo, 160mm en junio y 93mm en julio), y eventualmente responsable de la baja acumulación a la fecha de cosecha.



Fuente: Mediciones FONTEC.



Fuente: Mediciones FONTEC.

4.2.3. Calidad externa de la fruta:

El análisis de calidad externa se realizó visualmente, con un diseño completamente al azar (30 frutos por tratamiento, 10 frutos por repetición y 3 repeticiones por tratamiento) y analizados estadístico con programa Statgraphics Plus Versión 1.4. no encontrando diferencias significativas entre los tratamientos, para ninguna de las variables consideradas.

Huerto	Color				
	Verdoso	Naranja verdoso	Naranja amarillo	Naranja	Naranja intenso
Hidropónico	0	33	33	67	17
Tradicional	17	17	33	50	17

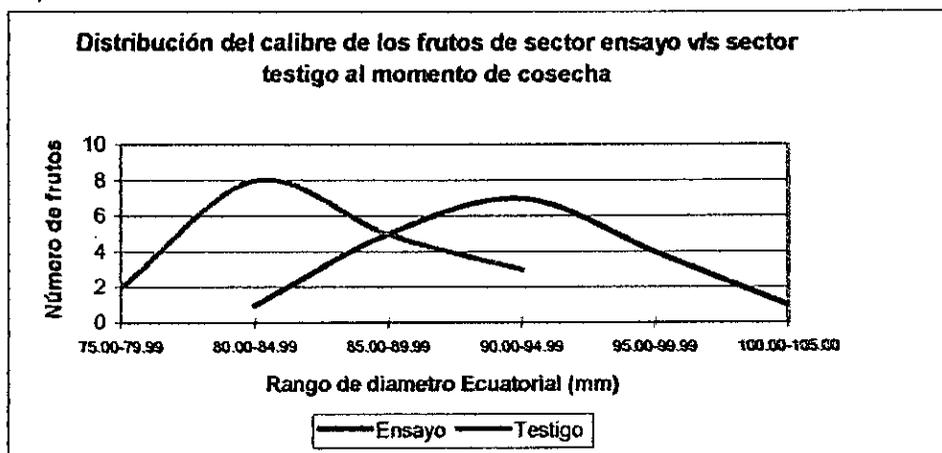
En relación al color, el mayor porcentaje de los frutos muestreados de ambos tratamientos, se encontró en el naranjo y en menor medida en el naranjo amarillo. Situación limitante para exportación, por cuanto la exigencia es color naranjo intenso.

En relación a los daños o desordenes fisiológicos en la cáscara, en la cosecha de 2002, se puede observar en ambos tratamientos predominó la hendidura como principal problema, presentándose en cerca de la mitad de los frutos procedentes de ambos huertos. Además, el russet constituyo otro problema, especialmente en el huerto hidropónico aunque de una intensidad moderada. En todo caso, estos problemas tienden a disminuir en la medida que los árboles entran en niveles productivos más altos.

Repetición 1	Huerto Hidropónico				Huerto Tradicional			
	Ausencia	Presencia			Ausencia	Presencia		
		Leve	Moderada	Severa		Leve	Moderada	Severa
Russet	-	17	83	-	-	50	50	-
Decoloración	-	50	33	17	17	33	33	17
Hendiduras	-	-	50	50	-	17	33	50
Repetición 2								
Russet	-	33	67	-	17	33	33	17
Decoloración	17	50	17	17	-	50	33	17
Hendiduras	-	33	17	50	17	33	50	-
Repetición 2								
Russet	-	17	33	50	17	50	33	-
Decoloración	33	33	33	-	33	33	33	-
Hendiduras	17	33	17	33	-	33	67	-

% de frutos con daño o desorden fisiológico.

Al analizar la distribución de calibre, se observa claramente un desplazamiento hacia frutas de mayor diámetro en el tratamiento Hidropónico (ensayo). Así, los calibres de los frutos del ensayo fluctúan entre 80.00 mm y 105.00 mm de diámetro ecuatorial, encontrándose el mayor número de estos dentro de los 90.00 mm y 94.99 mm de diámetro. Los frutos pertenecientes al huerto Tradicional (testigo) fluctúan entre los 75.00 mm y 95.00 mm de diámetro ecuatorial, encontrándose el mayor número de estos dentro de los 80.00 mm y 84.99 mm de diámetro.



Fuente: Mediciones FONTEC.

4.3. Cosecha 2003

La cosecha del huerto Hidropónico se realizó los días 21 y 22 de agosto, y el 16 de septiembre; mientras que la del huerto Tradicional el 16 de septiembre. La productividad obtenida en esta tercera temporada fue de 11.902 kg/ha en el huerto Hidropónico y 9.600 kg/ha en el caso del huerto en Tradicional. Esta mayor productividad del huerto Hidropónico (20% mayor que Tradicional), puede ser producto de la mayor expresión vegetativa de los árboles durante la temporada de desarrollo de los frutos, así como por la mayor cantidad de flores mixtas y campaneras (flores acompañadas de hojas) que dieron origen a la cosecha, en comparación con el huerto Tradicional.

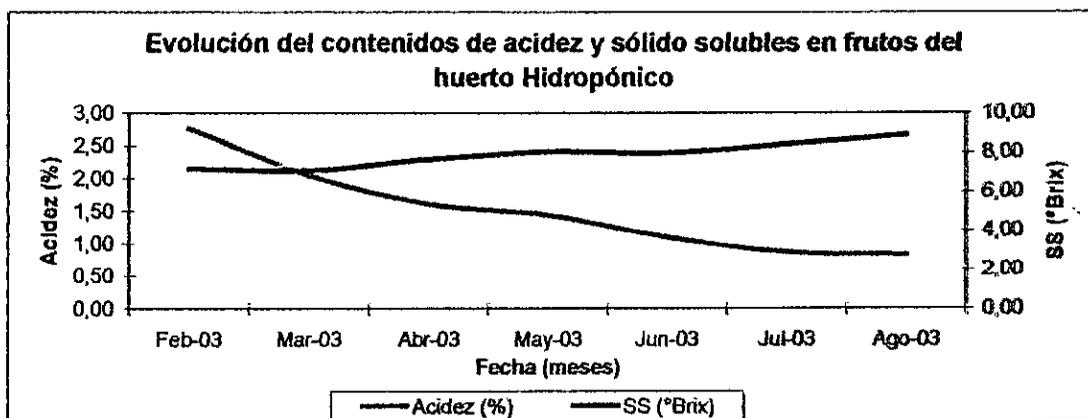
4.3.1. Calidad interna de la fruta:

Al igual que en años anteriores, los parámetros de calidad interna fueron analizados por un diseño completamente al azar y en el programa estadístico Statgraphics Plus Versión 1.4. Sin obtener diferencias significativas entre los tratamientos.

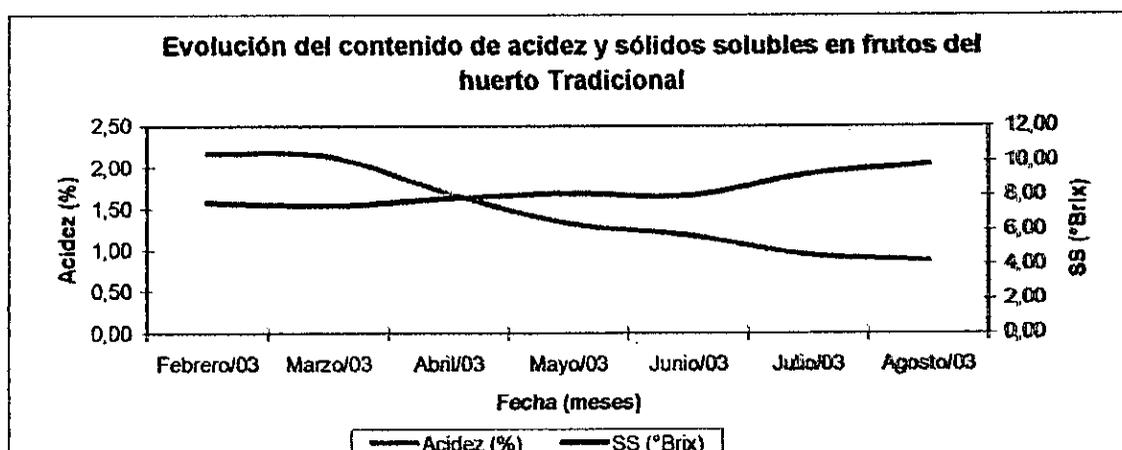
Al observar los factores de calidad interna de la fruta correspondiente a la cosecha 2003, se puede apreciar que el huerto Tradicional presenta un mayor contenido de sólidos solubles, a la misma fecha (16 septiembre). Esto pudiera estar eventualmente influenciado por el riego intensivo de la temporada en el caso del huerto Hidropónico (6.750m³/ha vs. 3.643m³/ha).

Tratamiento	Peso Fruto (g)	Grosor Cáscara (mm)	% jugo (%)	Acidez (%)	Sólidos Solubles (°Brix)	SS/Acidez
Hidropónico	344,22	8,43	40,74	0,84	8,92	10,61
Tradicional	371,67	9,64	39,84	0,88	9,83	11,16

La evolución de acumulación de sólidos solubles y pérdida de la acidez, muestra una tendencia similar a la del año 2002, con la característica dificultad para lograr una adecuada calidad interna en ambos casos.



Fuente: Mediciones FONTEC.



Fuente: Mediciones FONTEC.

4.3.2. Calidad externa de la fruta:

Los parámetros de calidad externa fueron analizados por un diseño completamente al azar y en el programa estadístico Statgraphics Plus Versión 1.4. Sin obtener diferencias significativas entre los tratamientos.

En relación al color de la fruta, llama la atención que el huerto Tradicional concentra su fruta en los colores naranja verdosos y naranja amarillo (77%), estando lejos de los estándares exigidos para la exportación, pese a tener un adecuado contenido de sólidos soluble. Mientras que el huerto Hidropónico tiene un alto porcentaje con color naranja (67%), pero sin cumplir aún la exigencia mínima de color para la exportación (naranja intenso).

Huerto	Color				
	Verdoso	Naranja verdoso	Naranja amarillo	Naranja	Naranja intenso
Hidropónico	-	6%	28%	67%	-
Tradicional	-	44%	33%	22%	-

Por otra parte, la fruta presentó una fuerte granulación en ambos huertos, lo cual está indicando que a la fecha de cosecha la fruta ya ha comenzado la senescencia, donde se inicia un proceso de gelificación del zumo en su interior por penetración del aire en la separación de los sacos.

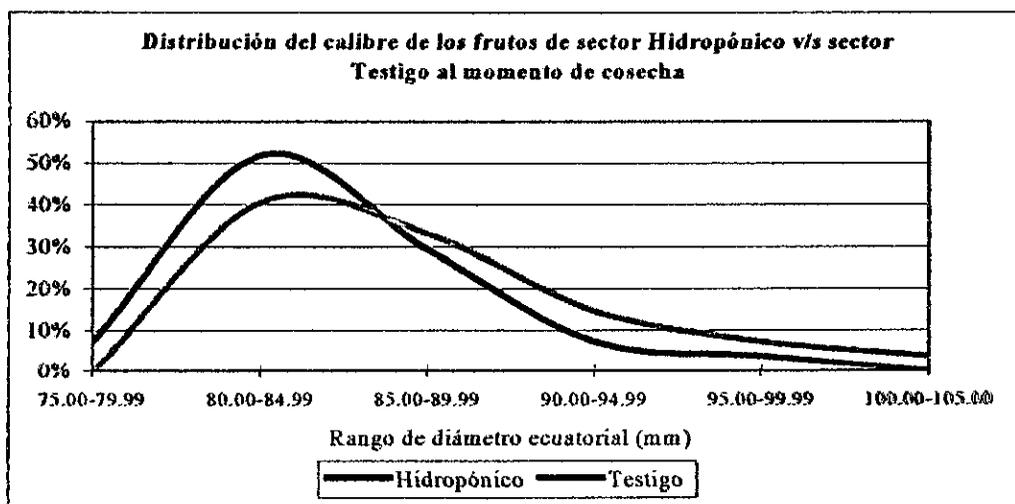
El daño de heladas también fue notable en ambos huertos, debido a las bajas temperaturas presentadas en la zona durante el período final de maduración del fruto.

La presencia de pata de rata fue mucho menor en esta temporada para ambos huertos, creyendo que las aplicaciones de nitrato de potasio (150g/100lt de agua) durante el mes de febrero ayudaron a estos resultados.

La decoloración y russet en ciertas zonas del fruto se presentan de manera leve en ambos huertos, teniendo un mayor porcentaje de frutos con estos desordenes en el huerto testigo.

Repetición 1	Huerto Hidropónico				Huerto Tradicional			
	Ausencia	Presencia			Ausencia	Presencia		
		Leve	Moderada	Severa		Leve	Moderada	Severa
Decoloración	0,06	28%	17%	11%	33%	56%	11%	-
Hendiduras	0,06	61%	22%	11%	28%	56%	17%	-
Russet	0,39	28%	28%	6%	11%	67%	22%	-
Daño heladas	0,17	75%	6%	-	11%	22%	67%	-
Pata rata	0,72	28%	-	-	50%	11%	39%	-
Granulación	0,11	39%	33%	17%	22%	28%	44%	6%
Rajadura Ombigo	0,5	39%	11%	-	33%	44%	17%	6%

La distribución de calibres (diámetro ecuatorial en cm) resultó similar en ambos tratamientos, estando levemente desplazada hacia los calibres grandes en el caso del huerto Tradicional (testigo), posiblemente influenciado por una menor carga frutal, en comparación con el huerto tradicional.



Fuente: Mediciones FONTEC.

4.4. Resumen Calidad:

En resumen, los factores de calidad externos e internos en ambos tratamiento aún limitan la exportación de la fruta. Por cuanto la fruta no alcanza una adecuada relación SS/Acidez ni color, antes que se gatillan los procesos de senescencia. Esta situación debe ser evaluada en la temporada 2004, ya que de persistir deberá evaluarse otros factores que pudieran estar influyendo sobre ambos tratamientos.

5. Rentabilidad comparativa del huerto Tradicional e Hidropónico

Los costos de ambos sectores en ensayo han sido llevados en centros de costos independientes, a lo largo de la implementación y desarrollo del proyecto.

Para efectos de análisis, se ha procedido a estimar la producción para el 2004 en base a los recuentos de fruta realizados a la fecha en los huertos (118 frutos/pl en sector Tradicional y 120 frutos/pl en sector Hidropónico), considerando un peso de 300 g/fruta, un 30% de fruta con destino exportación a un valor de 192 \$/kg y 70% destinada a mercado interno a un valor de \$100/kg.

Los ingresos netos de las temporadas pasadas han sido actualizados, utilizando una tasa pertinente al inversor del 8% (costo alternativo del dinero).

Las bases de cálculo y los resultados son presentados en las siguientes tablas:

Costos directos	Huerto Tradicional			
	2000-2001	2001-2002	2002-2003	2003-2004
Mano de Obra	415.521	396.186	1.262.669	310.266
Insumos	699.580	685.524	1.368.449	1.027.265
Maquinaria	65.125	114.450	276.200	114.290
Total	1.180.226	1.196.160	2.907.318	1.451.821
Ingreso Directos				
Producción (kg/sector)	244	3.251	23.040	48.512
% Exportación	0%	0%	0%	30%
% Mercado Interno	100%	100%	100%	70%
Precio Exportación (\$/kg)				192
Precio Merc. Int (\$/kg)	110,2	85	114	100
Ingreso Bruto (\$)	26.889	276.335	2.626.560	6.190.152
Ingreso Neto (\$)	-1.153.337	-919.825	-280.758	4.738.331
Superficie	2,4	2,4	2,4	2,4
Ingreso neto/ha	-480.557	-383.260	-116.983	1.974.304
Valor Presente	-560.522	-447.035	-126.341	1.974.304
Total Valor Presente		840.406		

Huerto Hidropónico				
Costos directos	2000-2001	2001-2002	2002-2003	2003-2004
Mano de Obra	1.435.622	1.272.778	1.130.964	398.904
Insumos	1.517.991	1.436.689	1.309.198	881.499
Maquinaria	146.225	215.050	236.200	136.440
Total	3.099.838	2.924.517	2.676.362	1.416.843
Ingreso Directos				
Producción (kg/sector)	202	4.367	29.160	49.523
% Exportación	0%	0%	0%	30%
% Mercado Interno	100%	100%	100%	70%
Precio Exportación (\$/kg)				192
Precio Merc.Int (\$/kg)	110,2	85	114	100
Ingreso Bruto (\$)	22.260	371.195	3.324.240	6.319.115
Ingreso Neto (\$)	-3.077.578	-2.553.322	647.878	4.902.270
Superficie	2,45	2,45	2,45	2,45
Ingreso neto/ha	-1.256.154	-1.042.172	264.440	2.000.927
Valor Presente	-1.465.178	-1.215.590	285.595	2.000.927
Total Valor Presente		-394.246		

En relación a los costos, claramente han sido mayores en el huerto Hidropónico, especialmente en lo referente al Ítem Insumos. Mientras que los ingresos por su parte resultan superiores en el huerto Hidropónico, asociado a una mayor producción, ya que los precios obtenidos por la fruta han sido los mismos.

Al traer a valor presente los flujos pasados usando una tasa del 8%, se tiene que en que el sector Tradicional pudiera estar pagando sus costos con la próxima cosecha y generando un excedente de caja de \$ 840.406/ha, para amortizar la inversión inicial. A diferencia de ello, si los Ingresos se dan como están proyectados para el 2003-2004, el huerto Hidropónico mantendrá un saldo negativo de \$ 394.246/ha, por lo que el retorno de la inversión puede demorar al menos un año más.

Sin embargo, si persiste la tendencia de una mayor producción, eventualmente el huerto hidropónico puede llegar a sobrepasar al huerto tradicional. Además, es necesario verificar los resultados de la próxima temporada antes de tomar cualquier decisión, puesto de pequeños cambios en la producción o porcentaje de exportación pueden influir fuertemente sobre los flujos del 2003-2004.

E. Impactos del proyecto

Si bien los resultados obtenidos de la realización del proyecto de innovación, respecto de la calidad, productividad o rentabilidad, no fueron los esperados, la amplia gama de nuevas tecnologías implementadas durante el desarrollo de este, en ámbitos como el riego y la nutrición, son valiosos y han generado un cambio cultural dentro de la estructura organizacional de la empresa. Así, es como:

- El concepto de manejo de riego para lograr mínimo estrés hídrico se encuentra tan internalizado, que instrumentos mecánicos para la medición de la contracción del tronco han sido instalados en pomelos y naranjos Thompson, y son utilizados permanentemente para la toma de decisiones de riego, desplazando al tensiómetro y la bandeja evaporimétrica a un segundo plano.
- El aumento de la frecuencia de riego (2 o 3 veces/día) y el riego durante las horas de luz, que se procuran realizar en los cítricos del predio, pese a las fuerte limitantes que imprimen los antiguos diseños de riego, muestran el cambio de visión que generó el riego por pulsos.
- El monitoreo del extracto de saturación por medio de sondas y el análisis foliar mensual, se encuentran en plena implementación en el cultivo de uva de mesa, permitiendo realizar correcciones de la fertilización durante la temporada de crecimiento del cultivo, al detectar eventuales excesos o deficiencias en el suelo o la planta.

Esto, por cuanto se está convencido que los lineamientos bajo los que se desarrolló el ensayo tienen sentido.

Anexos

