

INFORME FINAL

**FERTIRRIGACIÓN, UNA TÉCNICA DE RIEGO Y FERTILIZACIÓN, PARA
AUMENTAR LA PRODUCTIVIDAD Y RENTABILIDAD DE UN
CULTIVO COMERCIAL DE PAPA DE CONSUMO
DEL SECANO INTERIOR DE LA IX REGIÓN”**

Proyecto Código: C97-2-A-097

**FIA
FUNDACIÓN PARA LA INNOVACIÓN AGRARIA
MINISTERIO DE AGRICULTURA**

GONZALO NAVARRETE SUAREZ

JULIO 1999

I ANTECEDENTES GENERALES

Nombre del Proyecto	Fertirrigación, una técnica de riego y fertilización, para aumentar la productividad y rentabilidad de un cultivo comercial de papa de consumo del secano interior de la IX Región”
Código	C97-2-A-097
Región	IX Región de la Araucanía
Fecha de Adjudicación	15 Septiembre 1997
Agente Ejecutor	Gonzalo Navarrete Suárez
Coordinador	Gonzalo Navarrete Suárez
Costo Total	\$ 21.865.180
Aporte FIA	\$ 13.197.278
Período de Ejecución	Septiembre 1997 a Mayo 1999

II. RESUMEN EJECUTIVO

Durante dos temporadas se introdujo en una siembra de papa comercial del secano interior de la IX Región, la fertirrigación y el riego por goteo como innovaciones tecnológicas para este cultivo. ✓

El empresario, un agricultor que tradicionalmente invertía sus esfuerzos en la producción de cultivos de secano como cereales y oleaginosas, espera lograr perder la dependencia de su empresa de dichos cultivos “comodities” y crecer en los cultivos de riego. ?

El agua de riego se obtiene de pequeños tranques acumuladores de aguas lluvias, contruidos con su propio esfuerzo al interior del predio, aprovechando la topografía natural del sector. Este recurso es muy limitado por lo que cualquier crecimiento o desarrollo de estos rubros nuevos implica necesariamente la utilización de sistemas muy eficientes en el aprovechamiento del agua de riego.

Dentro de estos el más eficiente es el riego por goteo, un sistema oneroso en términos de inversión debido a la gran cantidad de cintas de riego que se deben utilizar, pero muy económico en su operación, debido a que no requiere de una alta presión de trabajo al interior de las cintas, por lo que puede ser operado con pequeñas motores eléctricas o motores de combustión de bajo consumo.

Los rendimientos obtenidos que superaron en más de un 200 % la producción tradicional indican que el riego por goteo y la fertirrigación tiene una buena aplicación en el sector. Además, aún sin haber sido publicados los resultados, ha sido replicada por productores que han visitado la experiencia.

Durante ambas temporadas se realizaron también diversas actividades de difusión que contaron con buenas asistencia y motivaron a los asistentes a trabajar por incorporar o mejorar el riego en el cultivo de papas, como principal herramienta para cambiar la rentabilidad y calidad del producto vendido. ✓

III. TEXTO PRINCIPAL

1. RESUMEN DE LA PROPUESTA ORIGINAL

En un predio del secano interior de la IX Región ubicado a 21km al sur de la localidad de Nueva Imperial, se realizó un proyecto de innovación tecnología que contempló la introducción de la técnica de la fertirrigación en un cultivo de papas de consumo de la variedad Desirée. Para este efecto se utilizó un sistema de riego por goteo, provisto con las instalaciones necesarias para aplicar las soluciones nutritivas a las plantas.

Para el efecto se establecieron sobre 1 hectárea del cultivo cinco parcelas correspondientes a cinco tratamientos, con el objeto de evaluar la respuesta productiva y económica de la innovación. Las parcelas contemplaron un tratamiento testigo sin riego (secano), un tratamiento tradicional con riego por goteo, la fertirrigación completa, y la combinación de fertirrigación con fertilizaciones basales a la siembra (Cuadro 1).

Cuadro 1: Tratamientos del Proyecto FIA C97-2-A-097

T ₀	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄
Secano	Riego	Fertirrigación	Fertirrigación	Fertirrigación
N=260 P ₂ O ₅ =300 K ₂ O=50	N=260 P ₂ O ₅ =300 K ₂ O=50	N=0 P ₂ O ₅ =300 K ₂ O=0	N=78 P ₂ O ₅ =120 K ₂ O=15	N=0 P ₂ O ₅ =0 K ₂ O=0
Fertilización a la siembra (N 50% a la siembra)	Fertilización a la siembra (N 50% a la siembra)	Fertilización basal de P a la siembra	Fertilización basal de N-P-K a la siembra	Sin Fertilización basal a la siembra
Siembra:	21 Noviembre 1997 19 Octubre 1998		(Temp. 1997/98) (Temp. 1998/99)	
Cosecha:	25 Abril 1997 (155 días de cultivo) 10 Abril 1998 (173 días de cultivo)		(Temp. 1997/98) (Temp. 1998/99)	
Riego:	Inicio: 29 Dic '97 Inicio: 21 Nov '98	Término: 21 Mar '98 Término: 3 Mar '99	(Temp. 1997/98) (Temp. 1998/99)	

Proyecto FIA C-97-2-A-097

Durante la ejecución del proyecto se monitoreó la humedad del suelo por medio de tensiómetros instalados en el potrero, como la concentración de nutrientes en la solución suelo a través de extractómetros instalados con ese objeto. Para verificar el estado nutricional de las plantas se tomaron muestras de peciolo de plantas los cuales fueron enviadas a un laboratorio foliar para analizar su estado nutricional.

*Jonels
fol*

Paralelamente a estas mediciones se realizaron, a partir de la floración, cosechas secuenciales de tubérculos para estimar el estado de desarrollo de las papas durante el crecimiento de las plantas.

2. CUMPLIMIENTO DE LOS OBJETIVOS DEL PROYECTO

Para mayor claridad en el análisis final del proyecto se separarán momentáneamente los resultados de la segunda temporada, de lo que son los resultados finales y conclusiones del estudio.

• RESULTADOS OBTENIDOS DURANTE LA TEMPORADA 1998/99

El cultivo fue cosechado el 10 de abril, cuando alcanzaba un período vegetativo de 173 días (ver Anexo).

✓ Rendimiento

El resultado físico final resultó satisfactorio, a pesar de haber sido menor al esperado y menor a la meta propuesta para esta segunda temporada. Al igual que en la temporada anterior el tratamiento T_1 fue el que registró la mayor producción entre todos los tratamientos con 59.4 toneladas por hectárea, superando en un 143% al tratamiento testigo T_0 . En esta oportunidad a pesar de observar tendencias de productividad entre los tratamientos estos no arrojaron diferencias tan claras que permitieran lograr diferencias que fuesen estadísticamente significativas (Cuadro 2). Los tratamientos T_1 , T_2 , T_3 y T_4 son estadísticamente similares entre si, y significativamente distintos a T_0 .

Cuadro 2. Rendimiento Total y por Calibres de Papa Consumo (Ton/ha) Imperial, 1998/99

	CALIBRES (mm)						TOTAL
	< 28	28-35	35-45	45-55	55-65	> 65	
T_0	0.6	2.0	10.1	8.3	3.5	0	24.4
T_1	0.2	0.8	4.4	15.5	19.9	18.7	59.4
T_2	0.1	1.0	9.6	10.2	22.4	13.1	56.4
T_3	0.2	1.1	3.7	11.3	17.3	18.7	52.2
T_4	0.3	1.0	5.2	11.2	19.8	19.5	57.1

Proyecto FIA C-97-2-A-097

Nuevamente la sólo incorporación de agua de riego resultó en un factor determinante en el rendimiento del cultivo. Esto era de esperar para un área fuertemente secante como el secano interior de la Región, y en un año marcado por la fuerte sequía que afectó a todo el país.

Los altos rendimientos logrados en los tratamientos T_2 , T_3 y T_4 , que prácticamente igualaron al tratamiento tradicional con riego (T_1) se explica por el largo período vegetativo logrado en el cultivo. En la presente temporada, este período se alargó al máximo permitiendo que la planta expresara su máximo potencial. Sin embargo, el

tratamiento T₁ detuvo su crecimiento pasado los 100 días, a pesar del riego que seguía realizando, encontrándose totalmente seco a los 135-140 días. A esas alturas los tratamientos con fertirrigación aún permanecían verdes con tejido fotosintéticamente activo lo que les permitió seguir acumulando reservas en los tubérculos.

✓ **Número de Tubérculos**

La cosecha secuencial realizada a partir de los 100 días de desarrollo del cultivo arrojó cifras algo mejores que en la temporada anterior debido al temprano inicio de la fertirrigación. Mientras los tratamientos T₀, T₁ y T₂ presentaban 13 tubérculos por planta los tratamiento T₃ y T₄ tenían 11 tubérculos, muy superiores a los 9 de la temporada anterior (Cuadro 3).

No obstante se continuaron observando tendencias a una menor cantidad de tubérculos por planta en los tratamiento con fertirrigación, atribuible a la falta de fertilización fosfatada en los primeros estados de desarrollo de la planta. En esta oportunidad el riego y la fertirrigación se iniciaron a el 26 de noviembre cuando el cultivo cumplía 38 días desde su plantación.

**Cuadro 3. Número de Tubérculos por Planta
Imperial, 1998/99**

	Días después de plantación			Cosecha
	100	120	135	
T ₀	10.8	12.3	12.6	12.0
T ₁	14.3	13.7	12.7	13.0
T ₂	11.0	9.1	11.0	13.3
T ₃	7.9	14.5	14.8	11.2
T ₄	11.2	11.9	8.1	11.9

Proyecto FIA C-97-2-A-097



✓ **Análisis Foliare**

Para apoyar las concentraciones de nutrientes de la solución suelo, se realizaron muestreos foliares cuyos resultados se observan en el Cuadro 4.

La fertirrigación realizada a partir del día 38 (26 de Noviembre) permitió corregir satisfactoriamente cualquier deficiencia nutricional que pudiera haber existido en la solución suelo, no observándose diferencias importantes entre los tratamientos, a nivel de sus concentraciones foliares.

**Cuadro 4. Análisis Foliar de los diferentes Tratamientos (N-P-K (%))
Imperial, 1998/99**

	T₀	T₁	T₂	T₃	T₄
	N - P - K				
22 Dic	2.29 - 0.11 - 9.77	2.66 - 0.14 - 9.43	2.29 - 0.13 - 9.89	2.54 - 0.14 - 10.05	2.92 - 0.15 - 10.39
27 Ene	1.62 - 0.08 - 9.16	1.36 - 0.10 - 8.37	1.34 - 0.10 - 7.64	1.77 - 0.10 - 7.47	1.70 - 0.09 - 8.74

Proyecto FIA C-97-2-A-097

Las concentraciones foliares resultaron muy semejantes a las registradas en la temporada anterior, con mayores concentraciones durante las primeras semanas de cultivo, las cuales posteriormente disminuyen a los niveles indicados en el cuadro anterior.

✓ **Nutrientes aplicados**

Los nutrientes totales aplicados consideran, según cada tratamiento, el aporte de fertilizantes realizados a través del riego o fertirriego, como también los efectuados con productos granulares aplicados en forma tradicional a la siembra en los tratamientos testigos (secano y riego).

**Cuadro 5. Nutrientes Totales aplicados en los tratamientos (kg/ha)
Imperial, 1998/99**

Tratamiento	N	P₂O₅	K₂O
T ₀	260	300	50
T ₁	260	300	50
T ₂	246	556	225
T ₃	354	364	333
T ₄	319	459	208

Proyecto FIA C-97-2-A-097

En el Cuadro 5 llama la atención la gran cantidad de nutrientes aplicados en los tratamientos fertirregados (T₂, T₃ y T₄), lo que se debió a que las muestras de suelo indicaban bajas concentraciones de estos niveles en el suelo. Además, como se indicara en los informes anteriores, no existen en el mercado local fertilizantes solubles, productos adecuados a suelos trumados (ácidos) que permitan realizar fertilizaciones de un sólo nutriente. Los fertilizantes solubles en esta temporada fueron Fosfato Monoamónico (12-61-0), Ultrasol Crecimiento (25-10-10) y Ultrasol Multipósito (18-18-18).

Los tratamientos T₀ y T₁ sólo recibieron fertilizantes granulares aplicados a la siembra (130-300-50 kg/ha) a los que se agregaron posteriormente una segunda aplicación de nitrógeno (130 kg/ha). El tratamiento T₄ en cambio durante todo su desarrollo sólo recibió fertilizantes solubles aplicados a través del riego. En este caso las fertilizaciones fueron ajustadas periódicamente según los niveles medidos en la

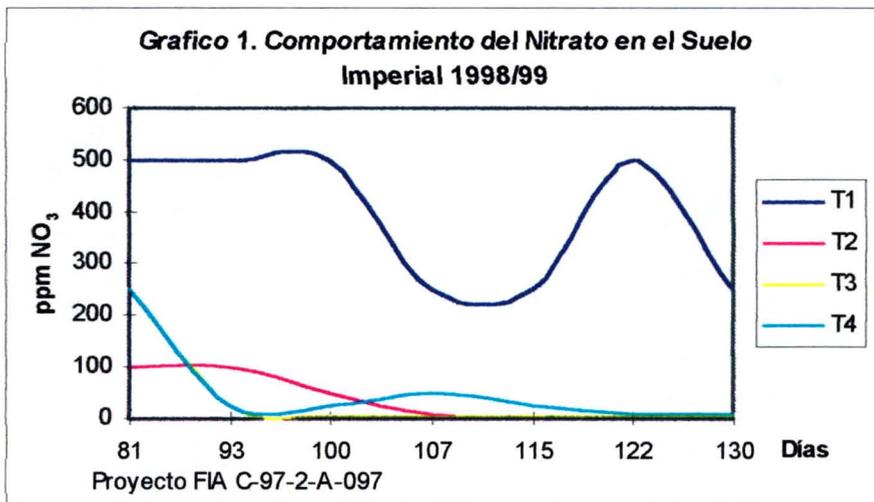
solución suelo, arrojando una fertilización total de 319-456-208 kg/ha de N, P₂O₅ y K₂O, respectivamente.

En el caso de las parcelas fertirregadas T₂ y T₃, a la fertilización realizada a la siembra se agregan los aportes de la fertirrigación, alcanzando los valores indicados en el cuadro anterior.

Seguramente las fertilizaciones realizadas a los tratamientos fertirregados son demasiado elevadas e irracionales, sin embargo correspondían a los que el método utilizado indicaba para cada oportunidad. Los análisis foliares por su parte tampoco indicaron anomalías importantes con respecto a los tratamientos testigos.

◆ Comportamiento del nitrato

La aplicación de nitrógeno a través de la fertirrigación (T₂, T₃ y T₄) debía elevar los niveles de este nutriente en el suelo, asegurando una eficiente nutrición de las plantas. Era de esperar, que en comparación con el T₁, se observaran diferencias interesantes (Gráfico 1).



Con ayuda del gráfico anterior podemos observar como el tratamiento T₁ presenta durante esta segunda temporada niveles altos de nitratos en el suelo, superiores a los del año anterior. Se hace notar una alza en los niveles producto de la 2^a dosis de nitrógeno granular, igual al observado en la temporada anterior, aplicados a los 55 días de cultivo.

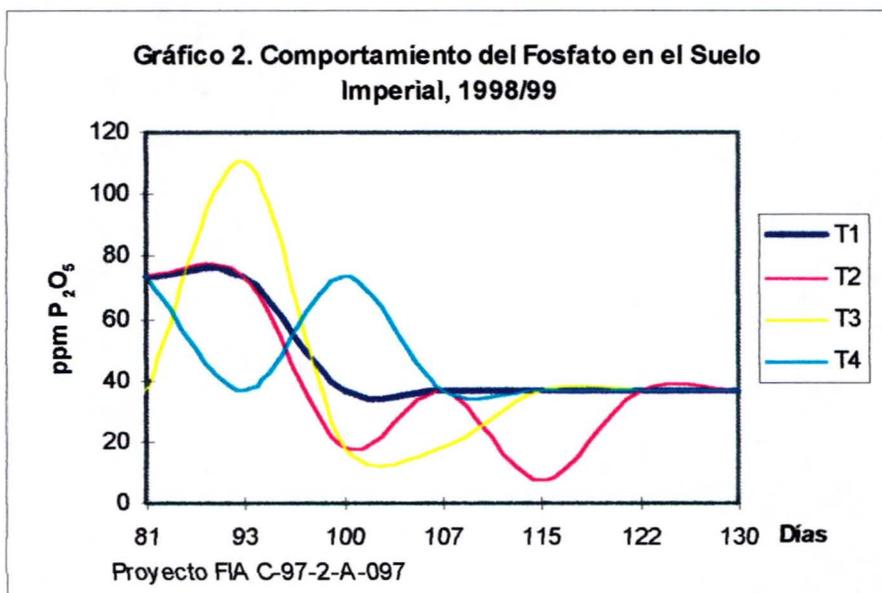
Los tratamientos T₂, T₃ y T₄ en cambio si presentaron un comportamiento bastante similar para ambos casos durante esta temporada, y que fue también similar a las curvas registradas durante 1997/98.

Específicamente en el tratamiento T_4 , que correspondía a un tratamiento mantenido bajo un régimen de 100% fertirrigación, se observa la misma tendencia antes indicada, pero con niveles levemente superior a T_2 y T_3 . Esta situación se repite al comparar los comportamientos de la temporada pasada.

Cabe destacar la diferencia de los niveles de nitrato en el suelo observados entre T_1 y T_4 y la diferencia en el nitrógeno total aplicado durante la temporada, que para T_1 fue de 260 kg N y para T_4 de 319 kg N por hectárea. Los niveles foliares por su parte, son levemente superiores en T_4 a mediados período vegetativo y hacia el inicio de la senescencia de las plantas ($T_1= 2.66$ y 1.36 ; $T_4= 2.92$ y 1.7). Esta situación nos hace pensar que no es recomendable tratar de igualar los niveles de nitrato en el suelo entre ambas técnicas, ya que con pequeñas dosis diarias de elemento se mantiene un nivel foliar similar a fertilización granular, sin embargo la cantidad de elemento total es superior en T_4 lo que hace aumentar los costos por este concepto..

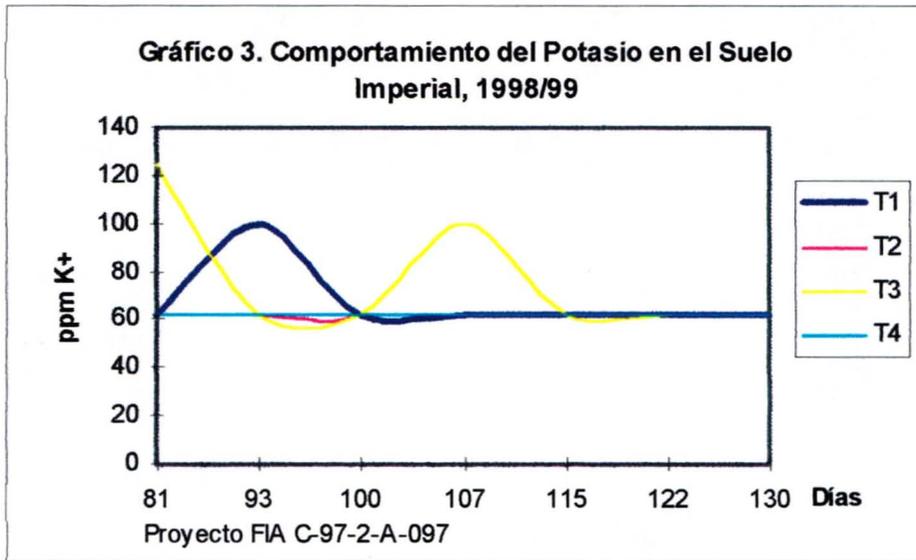
◆ Comportamiento del fosfato

Todos los tratamientos presentaron un comportamiento muy similar, con diferencias pero que no afectan la tendencia general durante el período muestreado (Gráfico 2).



◆ **Comportamiento del potasio**

El potasio tienen un comportamiento muy parejo en todos los tratamientos (Gráfico 3). Los niveles medidos, junto a los niveles foliares, suponen una buena nutrición de las plantas durante la temporada.



◆ **Rangos de lectura**

Los rangos de lecturas realizados con la varillas tornasoles utilizadas en el proyecto fluctuaron para ambas temporadas entre los valores que se indican en el Cuadro 6. Todos los niveles pueden ser considerados normales para esta condición de suelo.

**Cuadro 6. Rangos de lectura NPK en la solución suelo (ppm).
Imperial temporadas 1997/98 y 1998/99**

		Valores Mínimos	Valores Medios	Valor Máximos
NO₃	1997/98	15.0	55-180	250
P₂O₅	1997/98	7.5	13.3-75	187
K⁺	1997/98	63	125-250	250
NO₃	1998/99	5.0	25-100	500
P₂O₅	1998/99	7.5	37-74	111
K⁺	1998/99	63	63-100	100

✓ **Resultado Económico: Margen Bruto**

Muy importante es para esta innovación estimar el margen bruto que obtendría el productor si realizara esta fuerte inversión, la que permite estimar futuros flujos necesarios para hacer frente a este gasto.

**Cuadro 7. Margen Bruto diferentes Tratamientos (\$/ha)
Imperial, Temporada 1998/99**

	Unid/ha	\$	T ₀	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄
Rendimiento total	sacos		305	743	705	653	714
Rendimiento Comercial	sacos		147	675	572	591	633
Roundup+MCPA+aceite		7.500	7.500	7.500	7.500	7.500	7.500
Aplicación Herbicida	1	2.100	2.100	2.100	2.100	2.100	2.100
Prep. Suelo (rastra, cincel, etc)			28.000	28.000	28.000	28.000	28.000
Semilla	2.500	150	375.000	375.000	375.000	375.000	375.000
Siembra (mecánica)	1	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000
Acarreos siembra	3	3.600	10.800	10.800	10.800	10.800	10.800
Superfosfato Triple	652	123	80.196	80.196	80.196	32.087	0
Cloruro de Potasio	83	108	8.964	8.964	0	2.700	0
Urea	565	102	57.630	57.630	0	17.296	0
Fertilizantes solubles			0	0	555.413	804.293	716.265
Herbicida Sencor	1,0	16.050	16.050	16.050	16.050	16.050	16.050
Aplicación Sencor	1	2.100	2.100	2.100	2.100	2.100	2.100
Aplicación Nitrógeno	1	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500
Aporca (0,6 hr/ha)	1	3.600	2.160	2.160	2.160	2.160	2.160
Instalación cintas goteo	16	312	0	4.992	4.992	4.992	4.922
Riego			0	10.000	10.000	10.000	10.000
Fungicida Foliar (1ªplic.)	2	8.789	17.578	17.578	17.578	17.578	17.578
Insecticida (1 aplic.)	1	8.344	8.344	8.344	8.344	8.344	8.344
Aplicación Fung.	2	2.100	4.200	4.200	4.200	4.200	4.200
Retirar cintas riego	32	350	0	11.200	11.200	11.200	11.200
Cosecha (según rendimiento)		600	183.000	445.800	723.000	391.800	428.400
Costo sacos		160	48.800	118.880	112.800	104.480	114.240
Cargar sacos (según rend.)		100	30.500	74.300	70.500	65.300	71.400
TOTAL COSTO DIRECTO			907.078	1.309.950	1.766.089	1.942.120	1.854.485
INGRESO (venta comercial)		4.000	588.000	2.700.000	2.288.000	2.364.000	2.532.000
MARGEN BRUTO			-319.078	1.390.050	521.911	421.880	677.515

Proyecto FIA C97-2-A-097

El Cuadro 7 hace resaltar el incremento en el margen bruto que significa el sólo hecho de incorporar riego al cultivo. Mientras la alternativa sin riego (T₀) produjo 11.8 ton/ha de producto comercial (147 sacos/ha), lo que no permitió cubrir los gastos, arrojando un margen negativo de \$ -327.422, el tratamiento T₁ logró un margen bruto positivo de \$ 1.381.706 con una venta de 54.0 ton/ha (675 sacos) de papa comercial (calibre > 50 mm).

Los tratamientos fertirregados T₂, T₃ y T₄ presentaron márgenes brutos positivos de \$521.911, \$421.880 y \$677.515, respectivamente, resultando inferiores al tratamiento T₁, que consideró el manejo tradicional pero con riego por goteo. La situación se motivó principalmente por el encarecimiento que significó utilizar fertilizantes solubles en esos tratamientos. Además, la productividad de estos tratamientos, si bien fue superior al testigo T₀, resultó inferior a T₁.

✓ **Resultado Económico: Sensibilización del ingreso**

Al sensibilizar el margen bruto, con precios de venta que fluctúen entre \$2.000 y \$6.000 por saco de 80 kg se observa que T₀ aún con el mayor precio no arroja flujos positivos, mientras el tratamiento T₁ incluso con el menor precio logra cubrir los costos fijos. Ello indica el gran efecto del riego, al aumentar en más de 300% el rendimiento comercial sobre los ingresos, permitiendo cubrir incluso en el primer año la inversión en riego (ver Cuadro 8).

**Cuadro 8. Sensibilización del Margen Bruto (\$/ha)
Imperial, Temporada 1998/99**

			Precio venta saco papa				
	Costo Directo	Venta	2000	3000	4000	5000	6000
T0	907.078	147	-613.078	-466.078	-319.078	-172.078	-25.078
T1	1.309.950	675	40.050	715.050	1.390.050	2.065.050	2.740.050
T2	1.766.089	572	-622.089	-50.089	521.911	1.093.911	1.665.911
T3	1.942.120	591	-760.120	-169.120	421.880	1.012.880	1.603.880
T4	1.854.485	633	-588.485	44.515	677.515	1.310.515	1.943.515

Proyecto FIA C-97-2-A-097

Como era de esperar los tratamientos con fertirrigación muestran una mayor dependencia a las condiciones de mercado para cubrir satisfactoriamente sus costos directos. Es así como T₂, T₃ y T₄ tienen márgenes negativos con un precio de papa de \$ 2.000 por saco, que se hace positivo en el caso del tratamiento T₄ con un precio de \$3.000, mientras T₂ y T₃ requieren al menos un precio de \$4.000 para asegurar flujos positivos.

✓ **Eficiencia en el uso de agua de riego**

Los cintas de goteo utilizadas Streamline 60 con goteros integrados a 30 cm y caudal nominal de 1.05 lt/hr, fueron distribuidas a lo largo de cada una de las melgas de papa. Para controlar el tiempo de riego se utilizaron dos tensiómetros ubicados a 15 y 30 cm de profundidad.

En la presente temporada el cultivo recibió una carga de agua equivalente a 5.814 m³/ha en 102 días de riego. La literatura señala para el cultivo demandas que pueden oscilar entre 4500 y 6000 m³/ha por temporada, sin considerar aportes de las aguas lluvias.

- **RESULTADOS OBTENIDOS EN AMBAS TEMPORADAS** (Comparación con los Resultados Esperados).

En esta sección se realizará un comentario general que analice los resultados y respuestas obtenidos en ambos períodos de evaluación.

✓ **Rendimiento Total**

La productividad de los tratamientos superó ampliamente en ambas temporadas al testigo, que consideraba una siembra tradicional de secano (sin riego), sin embargo no alcanzó la meta productiva propuesta (Cuadro 9).

Posiblemente el rendimiento total propuesto de 85 ton/ha resultó demasiado auspicioso para una temporada tan seca y anormal como la última, como también poder alcanzarlo con un proyecto tan innovador como este, en tan sólo dos temporadas. No obstante haber logrado la meta parcial de 65 ton/ha de papa total al primer año, no fué posible en la segunda temporada superar esta cifra.

El proyecto no contemplaban en su segunda temporada importantes cambios en la aplicación de la tecnología, sino esencialmente la repetición de la misma como método para mejorar la credibilidad de la misma. La segunda temporada permitió confirmar los resultados obtenidos inicialmente, abriendo probablemente importantes interrogantes en torno a la aplicabilidad de la fertirrigación en un cultivo de papa de consumo.

Cuadro 9. Rendimiento promedio de los tratamientos. (Ton/ha)
Imperial 1997/98 y 1998/99.

	T ₀	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄
1997/98	25.3 c	64.5 a	52.8 b	52.2 b	49.5 b
1998/99	24.4 c	59.4 A	56.4 A	52.2 A	57.1 A
Promedio	24.9	62.0	54.6	52.2	53.3
%	100	249	219	210	214

Letras distintas en una misma fila, señalan diferencias estadísticamente significativas, 95% Tukey.
Proyecto FIA C-97-2-A-097

El tratamiento T₁ que consideraba una siembra con fertilización tradicional con riego, logró con un promedio de 62.0 Ton/ha el máximo rendimiento, superando en un 149% al testigo sin riego T₀.

Los tratamientos fertirregados T₂, T₃ y T₄, no lograron alcanzar los rendimientos de T₁. Estadísticamente en la segunda temporada las diferencias observadas no resultaron significativas, lo que se explica por el mayor período vegetativo alcanzado con estos tratamientos. La aplicación de fertilizantes solubles hasta los 135 días de desarrollo del cultivo atrasó el inicio de la senescencia en estos tratamientos, mientras T₁ a esas alturas no disponía de tejido fotosintéticamente activo (verde). Ello permitió que los tratamientos T₂, T₃ y T₄ logaran un mayor llenado de

tubérculos, mejorando sus productividades con respecto a la temporada anterior, y acercándose a las del tratamiento T₁.

✓ Rendimiento Comercial

El rendimiento comercial es sin lugar el principal factor a considerar en la rentabilidad del cultivo, como parámetro de productividad y calidad por lo que será analizado separadamente del punto anterior.

Los calibres de desecho, menores a 35 mm, que en el testigo constituyen más del 50% del total producido, se lograron disminuir alcanzando niveles por debajo de los esperados inicialmente (Cuadro 10)

**Cuadro 10. Desecho y Porcentaje del Total Producido (Ton/ha).
Imperial 1997/98 y 1998/99.**

	T ₀	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄
1997/98	15.8 (62.5%)	8.9 (13.8%)	9.5 (17.9%)	8.4 (16.1%)	8.3 (16.8%)
1998/99	12.7 (51.8%)	5.4 (9.1%)	10.7 (18.0%)	4.9 (9.4%)	6.5 (11.4%)
Promedio	14.3 (57.4%)	7.2 (11.6%)	10.1 (18.5%)	6.7 (12.8%)	7.4 (13.9%)

Letras distintas en una misma fila, señalan diferencias estadísticamente significativas, 95% Tukey.
Proyecto FIA C-97-2-A-097

Los tratamientos fertirregados (T₃ y T₄) al igual que el regado (T₁) presentaron volúmenes de desechos que fluctuaron entre el 11 y 14% del total producido, niveles que deben ser considerados como muy buenos, y que superaron la meta propuesta en el proyecto original de alcanzar un 20% de calibres menores. El tratamiento (T₂), donde todo el fósforo fue aplicado como fósforo granular en el momento de la siembra, mientras los restantes nutrientes fueron aplicados a través de la fertirrigación, presentó una condición intermedia con un 18% de calibres de desecho, superior a los tratamientos anteriores pero igualmente menor a la meta propuesta.

**Cuadro 11. Rendimiento Comercial Promedio en ambas temporadas (Ton/ha).
Imperial 1997/98 y 1998/99.**

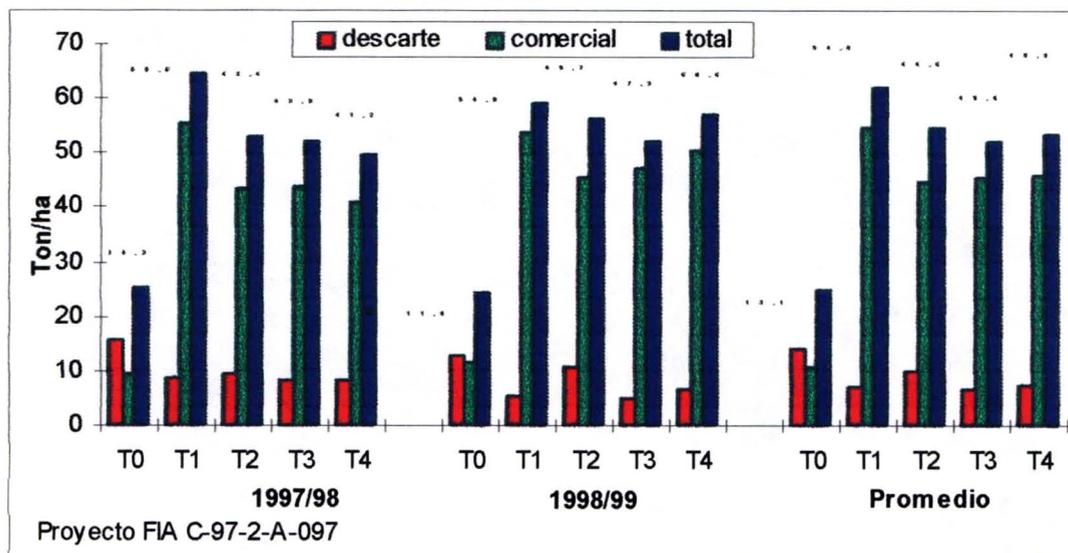
	T ₀	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄
1997/98	9.5 c	55.6 a	43.4 b	43.8 b	41.2 b
1998/99	11.8 c	54.0 A	45.7 A	47.3 A	50.6 A
Promedio	10.7	54.8	44.6	45.6	45.9
%	100	397	323	330	332

Letras distintas en una misma fila, señalan diferencias estadísticamente significativas, 95% Tukey.
Proyecto FIA C97-2-A-097

Con respecto al Cuadro 11 donde se presenta el rendimiento comercial promedio, las tendencias son similares al de rendimiento total, con las mismas significancias estadísticas, pero de una magnitud mucho mayor, explicado por la participación de una fracción menor de calibres de desecho en relación al total de papas producidas.

Mientras en el tratamiento T₀ solamente 10.7 ton/ha lograron calibres comerciales (> 45 mm), el T₁ superó en casi 300% esta cifra con 54.8 ton/ha. Es decir sólo el 43% del total producido por T₀ podía llevar como destino la venta, mientras que en T₁ más del 88% de los tubérculos presentaron calibres de mercado (Gráfico 4).

Gráfico 4. Rendimiento Comercial Promedio para ambas temporadas (ton/ha) Imperial, 1997/98 y 1998/99



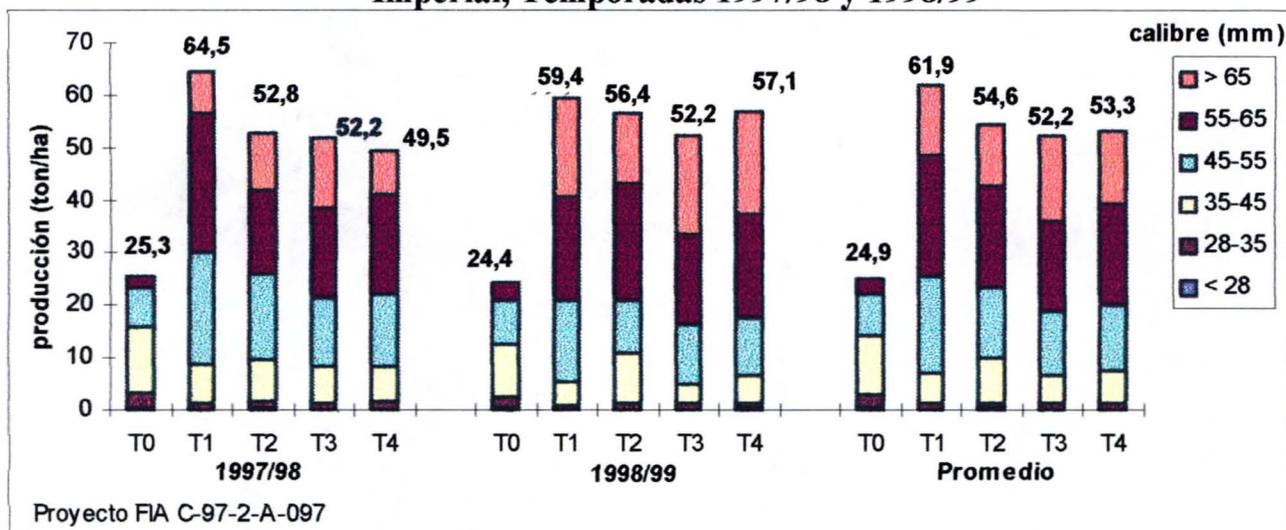
El efecto de una adecuada nutrición de las plantas, y ~~en~~ especialmente de un oportuno y correcto método y sistema de riego, como la fertirrigación, significaron que un alto porcentaje de los tubérculos alcanzaran calibres comerciales, expresando el verdadero potencial productivo de la variedad. Es posible destacar también que contrariamente a lo que muchas veces se piensa no todo este esfuerzo lleva como destino la producción de “camotes” (mayores a 65 mm), sino por el contrario mejora el correcto crecimiento de todos los tubérculos, disminuyendo cualquier efecto de dominancia que pudiera existir entre ellos. La principal fracción se ubicó entre los 45 y 65 mm de diámetro orbital (Cuadro 12).

Cuadro 12. Rendimiento Promedio por Calibre (Ton/ha). Imperial, Temporadas 1997/98 y 1998/99

	CALIBRES (mm)						Comercial
	< 28	28-35	35-45	45-55	55-65	> 65	
T ₀	0.5	2.5	11.3	7.9	2.8	0	10.7
T ₁	0.2	1.0	6.1	18.3	23.1	13.5	54.8
T ₂	0.3	1.1	8.9	13.4	19.2	12.0	44.6
T ₃	0.2	1.1	5.5	12.3	17.3	16.1	45.6
T ₄	0.2	1.2	6.0	12.6	19.4	13.9	45.9

El Cuadro 12 y Gráfico 5 permiten visualizar como en los tratamientos fertirregados y regados la mayor proporción de los tubérculos se concentran en los calibres de 45 a 65 mm. En el caso de T₁ sólo un 25% (peso/peso) de la producción comercial fueron calibres mayores a 65 mm. Esta proporción no tendrá problemas de comercialización debido a que generalmente se trata de tubérculos de buena forma y que no presentan crecimientos exagerados (camotes).

**Gráfico 5. Rendimiento Promedio por Calibre (Ton/ha).
Imperial, Temporadas 1997/98 y 1998/99**



✓ Número de Tubérculos por planta

La cantidad de tubérculos por planta debe ser visto como un importante indicador del potencial productivo de cada tratamiento. Si bien este parámetro no fue incluido como indicador de logro de resultados esperados, es importante considerar su comportamiento para futuras experiencias utilizando esta tecnología.

Los tratamientos difieren entre si no sólo por la cantidad de nutrientes aplicados, sino también por la oportunidad en que se realiza dicha aplicación. Mientras en T₀, T₁ y T₂ el fertilizante estaba disponible para las plantas desde la siembra (aplicado en forma granular en la máquina sembradora), en los restantes tratamientos, se aplicaba sólo después de haber iniciado el riego (fertirrigación), lo que significó en las temporadas evaluadas, que esta fertilización sólo ocurrió después de 45 y 33 días de transcurrida la siembra, respectivamente.

**Cuadro 13. Promedio de Número de Tubérculos por Planta.
Imperial, Temporadas 1997/98 y 1998/99**

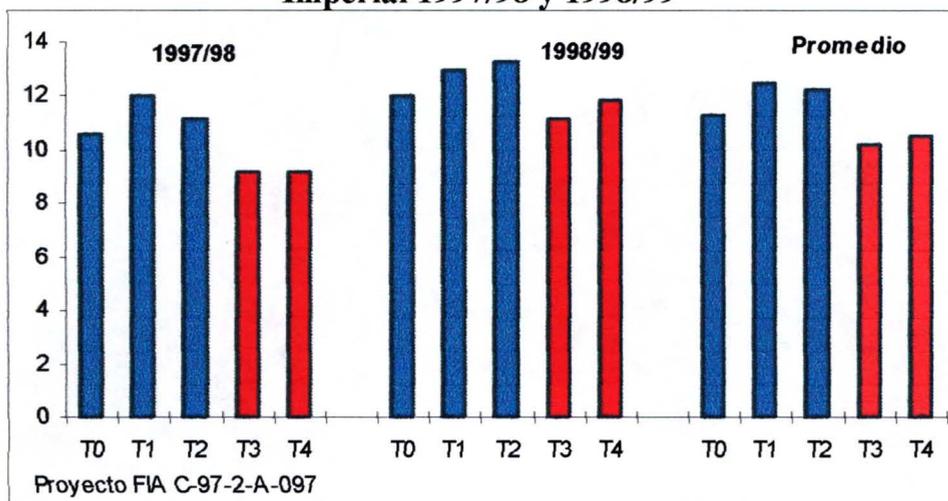
	1997/98	1998/99	Promedio
T₀	10.6	12.0	11.3
T₁	12.0	13.0	12.5
T₂	11.2	13.3	12.3
T₃	9.2	11.2	10.2
T₄	9.2	11.9	10.6

Proyecto FIA C97-2-A-097

No se observan grandes diferencias al analizar la cantidad promedio de tubérculos por planta que presentaba cada tratamiento. Tampoco se observan importantes diferencias entre ambas temporadas (Cuadro 13).

Mientras los tratamientos T₁ y T₂ lograron la mayor cantidad de tubérculos por planta, con un promedio de 12,5 para ambas temporadas, los tratamientos con fertirrigación presentaron una menor cantidad de tubérculos atribuible seguramente al hecho que estos tratamientos no dispusieron de suficiente fertilizante fosfatado al inicio del desarrollo de las plantas.

**Gráfico 6. Tubérculos promedios por planta,
Imperial 1997/98 y 1998/99**



El tratamiento T₂, que recibió solamente el fertilizante fosfatado a la siembra y el nitrógeno y potasio como fertilizantes solubles a través del riego (fertirrigación), reafirma la hipótesis anterior al presentar similar cantidad de tubérculos por planta que T₁. El tratamiento T₀, o testigo de secano, en cambio, a pesar de haber tenido un muy buen desarrollo inicial de las plantas, vio afectado el número final de tubérculos debido a la falta de humedad que lo afectaron severamente al estar bajo condiciones de secano. Esta situación impidió que el tratamiento expresara todo su potencial de rendimiento.

✓ Nutrientes aplicados

Los nutrientes totales aplicados consideran el aporte de fertilizantes granulares aplicados a la siembra, como el efectuado a través de la fertirrigación. A continuación se presentan observaciones a ambas temporadas de evaluación.

**Cuadro 5. Nutrientes Totales aplicados en los tratamientos (kg/ha).
Imperial, 1997/98 y 1998/99**

Tratamiento	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Temporada		1997/98			1998/99	
T ₀	260	150	50	260	300	50
T ₁	260	150	50	260	300	50
T ₂	337	432	234	246	556	225
T ₃	293	292	185	354	364	333
T ₄	315	417	223	319	459	208

Proyecto FIA C-97-2-A-097

En el Cuadro 5 llama la atención la gran cantidad de nutrientes aplicados en los tratamientos fertirregados (T₂, T₃ y T₄) por sobre el aplicado en los tratamientos testigos (T₀ y T₁), lo que se debió a que las muestras de la solución suelo obtenidas a través de los extractómetros instalados a 30 cm de profundidad, indicaban bajas concentraciones de estos niveles en ella.

Es necesario señalar además, que en el mercado de fertilizantes solubles no existen, o al menos en Temuco, productos que permitan realizar fertilizaciones de un sólo nutriente, adecuados a suelos trumaos o suelos ácidos. Los fertilizantes solubles utilizados fueron Fosfato Monoamónico (12-61-0), Nitrato de Potasio (13-0-40), Ultrasol Crecimiento (25-10-10) y Ultrasol Multipropósito (18-18-18).

Los tratamientos T₀ y T₁ sólo recibieron fertilizantes granulares aplicados al cultivo en forma tradicional, vale decir durante la siembra (130-300-50) y antes de la macolla (130 kg/ha). El tratamiento T₄ en cambio durante todo su desarrollo sólo recibió fertilizantes solubles aplicados a través del riego.

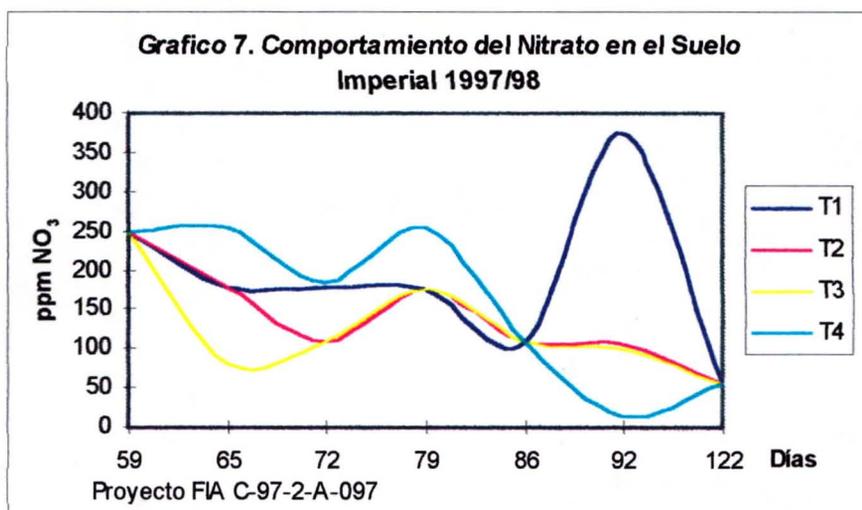
En el caso de las parcelas fertirregadas T₂ y T₃, a la fertilización basal realizada a la siembra se agregan los aportes de la fertirrigación, alcanzando fertilizaciones que se indican en el cuadro anterior. Los valores si bien son menores a las del tratamiento únicamente fertirregado (T₃), aún resultan muy superiores a los tratamientos testigos, lo que encarece los costos de fertilización. El aumento en el valor de la fertilización aparentemente no se relaciona con una mayor eficiencia en la utilización del fertilizante.

Seguramente las fertilizaciones realizadas a los tratamientos fertirregados, junto con ser demasiado caros, son elevadas y probablemente irracionales, al no mejorar la

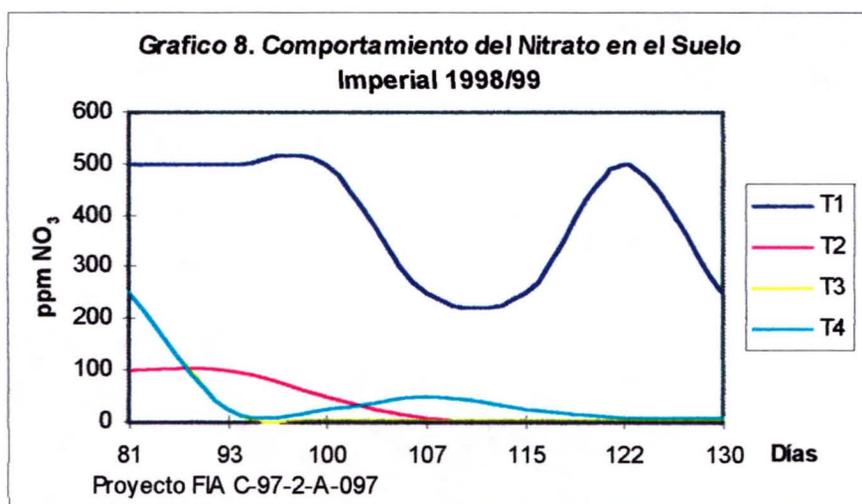
calidad del producto final ni la eficiencia de utilización de los insumos, embargo correspondían a los que indicaba el método utilizado para cada oportunidad. Los análisis foliares por su parte tampoco indicaron anomalías importantes con respecto a los tratamientos testigos.

◆ Comportamiento del nitrato

La aplicación de nitrógeno a través de la fertirrigación (T_2 , T_3 y T_4) debía elevar los niveles de este nutriente en el suelo durante gran parte del período vegetativo de la planta, asegurando una eficiente nutrición de las plantas. Era de esperar, que en comparación con el T_1 , se observaran diferencias interesantes.



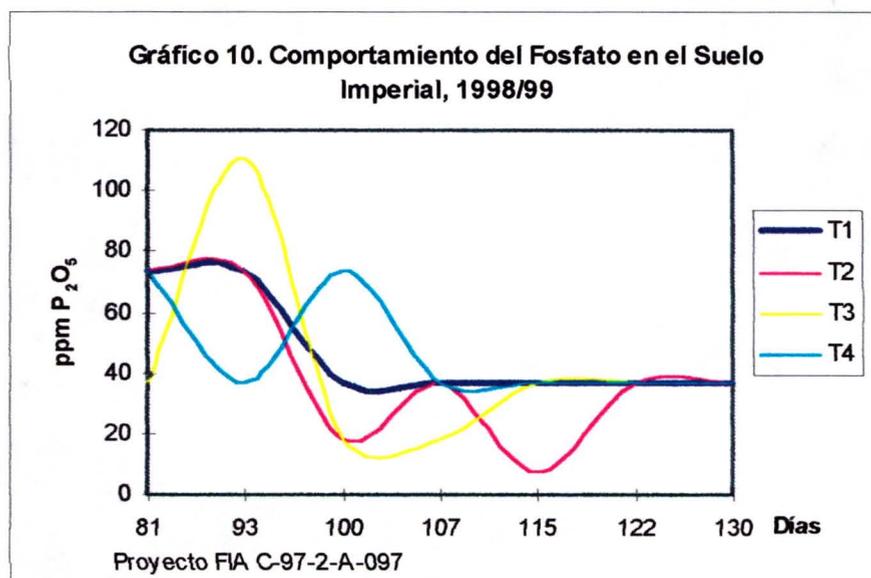
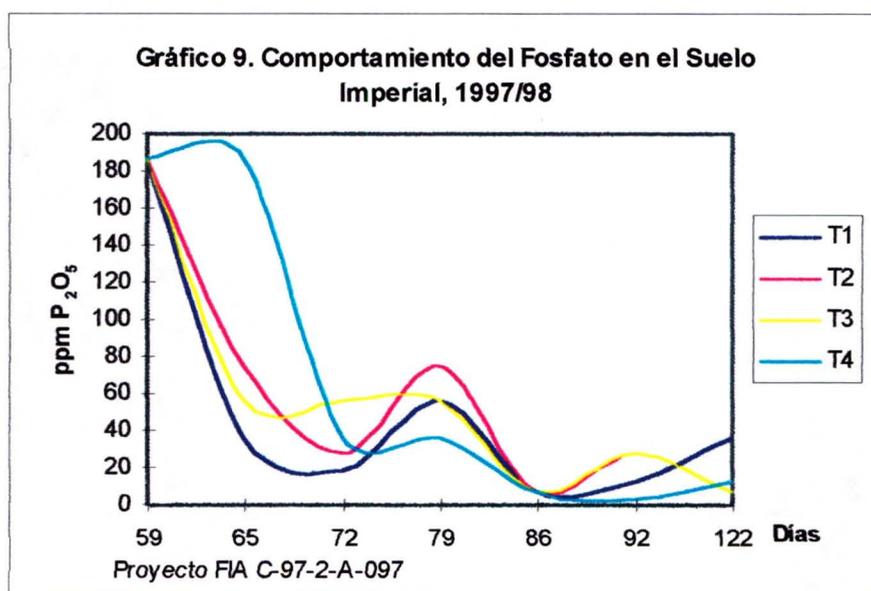
En el Gráficos 8 podemos observar como el tratamiento T_1 presenta en la segunda temporada niveles altos de nitratos en el suelo, superiores a los del año anterior (Gráfico 7). En ambas temporadas se hace notar una alza en los niveles detectados a 30 cm de profundidad en la solución suelo, producto de la 2^a dosis de nitrógeno granular aplicados a los 55 días de cultivo.



Los tratamientos T₂, T₃ y T₄ en cambio presentaron un comportamiento bastante similar en ambas temporadas. Los niveles de nitratos al iniciar la fertirrigación son relativamente similares al testigo T₁ que fue fertilizado en forma tradicional con 130 kg N/ha a la siembra, para posteriormente caer sistemáticamente hasta niveles de 10 o 50 ppm. Esta menor concentración de NO₃ al final del período vegetativo del cultivo no debe entenderse como una desnutrición que puede haber afectado la productividad de las plantas, sino por el contrario, una eficiente nutrición. Ello lo demostró los rendimientos obtenidos con estos tratamientos (ver Cuadro 2).

◆ Comportamiento del fosfato

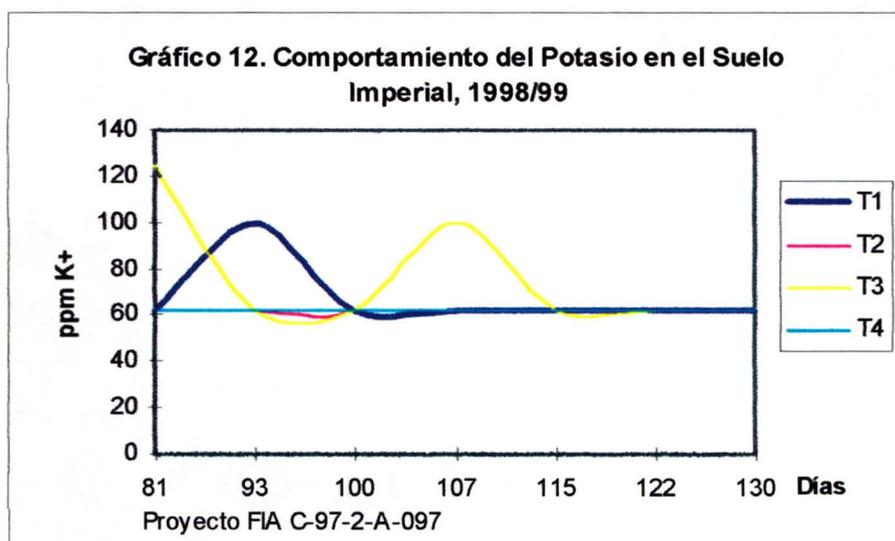
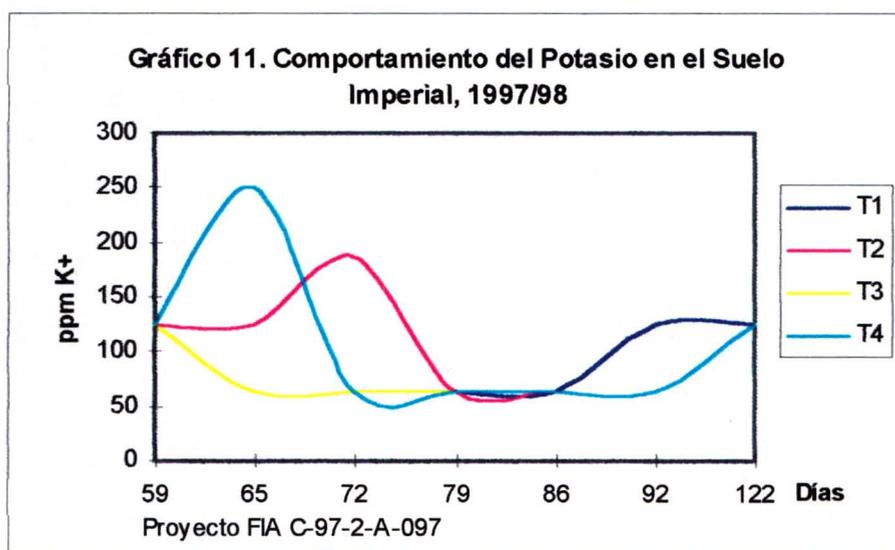
Todos los tratamientos presentaron un comportamiento muy similar, con diferencias que no afectan la tendencia general para todo el período muestreado (Gráficos 9 y 10). En ambas temporadas los tratamientos siguieron el mismo patrón de comportamiento, que comienza con niveles elevados de fósforo en la solución suelo, que van disminuyendo paulatinamente hacia el final del período.



Notoriamente, en ambas temporadas T₁ presentó las curvas de P₂O₅ más bajas, que pudiera reflejar una menor solubilidad en la fuente granular con respecto a una fuente soluble aplicada a través del riego. Ello no guardó relación con la productividad de las plantas, al T₁ los mayores rendimientos. Como se señalara anteriormente estos niveles obtenidos a 30 cm de profundidad no deben entenderse como un defecto en la nutrición de las plantas, debido a que corresponde a las concentraciones que han escapado al principal área de absorción del sistema radicular. Esta vez el T₃ sufrió un alza al inicio del período, el que fue eficientemente corregido disminuyendo la aplicación de este nutriente a través del riego.

◆ Comportamiento del potasio

El potasio tienen un comportamiento muy parejo en todos los tratamientos (Gráfico 11 y 12). Los niveles medidos suponen una buena nutrición de las plantas durante ambas temporadas. Se observan algunas alzas en algunos tratamientos fertirregados durante ambas temporadas que son corregidas volviendo el elemento a presentar concentraciones similares al resto de los tratamientos en los muestreos siguientes. Ello podría indicar la facilidad de manejo de este elemento en estos suelos.



◆ **Rangos de lectura**

Los rangos de lecturas realizados con la varillas tomasoles utilizadas en el proyecto fluctuaron para ambas temporadas entre los valores que se indican en el Cuadro 6. Todos los niveles pueden ser considerados normales para esta condición de suelo.

**Cuadro 6. Rangos de lectura NPK en la solución suelo (ppm).
Imperial temporadas 1997/98 y 1998/99**

		Valores Mínimos	Valores Medios	Valor Máximos
NO₃	1997/98	15.0	55-180	250
P₂O₅	1997/98	7.5	13.3-75	187
K+	1997/98	63	125-250	250
NO₃	1998/99	5.0	25-100	500
P₂O₅	1998/99	7.5	37-74	111
K+	1998/99	63	63-100	100

Proyecto FIA C-97-2-A-097

✓ **Análisis Económico:**

De los informes anteriores se desprende el gran efecto que tiene el sólo hecho de regar sobre un cultivo comercial de papa de consumo sembrado en una zona como el secano interior de la IX Región. Todos los tratamientos evaluados superaron la meta final fijada en \$ 800.000 de margen bruto (Cuadro 14).

De un margen bruto que no logra cubrir los costos directos del cultivo, incorporando el riego, se pasa a una situación que permite incluso cubrir en la primera temporada los costos de inversión de la nueva tecnología.

**Cuadro 14. Margen Bruto Promedio de las distintas temporadas (\$ nominales).
Imperial 1997/98 y 1998/99.**

	T ₀	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄
1997/98	- 392.916	1.509.708	510.857	643.991	444.611
1998/99	- 319.078	1.390.050	521.911	421.880	677.515
Promedio	- 355.997	1.449.879	516.384	532.936	561.063

Proyecto FIA C97-2-A-097

Los resultados económicos señalan el claro efecto en la rentabilidad del cultivo, cuando se logra aumentar el rendimiento del cultivo de papa, y especialmente cuando se mejora en forma sustantiva la fracción comercializable de la misma. Es así como el tratamiento T₀ con un rendimientos que no superaron las 25 ton/ha no logra cubrir los costos fijos, arrojando en promedio un margen negativo de \$ -360.169. En cambio

T₁, con rendimientos que superaron las 60 ton/ha, arroja un margen bruto promedio para ambas evaluaciones de \$ 1.445.707. Esta cifra junto con permitir cubrir satisfactoriamente los costos indirectos de la empresa, deja un remanente para recuperar la totalidad de la inversión en la nueva tecnología realizada en la primera temporada.

Los tratamientos fertilizados, como se ha señalado anteriormente, logran márgenes positivos pero de menor valor que T₁, debido al elevado costo de los fertilizantes solubles. El método utilizado, tampoco logró una mejora importante en la eficiencia de utilización de los fertilizantes que permitiera, hacer uso de menor cantidad de fertilizantes disminuyendo de esta forma el costo de estos. Adicionalmente estos tratamientos presentaron menores volúmenes de venta comercial.

✓ Impactos Observados

El principal impacto observado ha sido la replicación de la tecnología evaluada por algunos agricultores del sector.

El proyecto, ha suscitado el interés de los agricultores, profesionales e incluso autoridades comunales de sector, quienes alertados por los letreros alusivos instalados en la entrada del predio, como por las actividades programadas y los artículos publicados en la prensa local, han seguido el desarrollo del proyecto, y participado de los días de campo o charlas técnicas efectuadas para diferentes grupos.

Algunos de estos visitantes, al conocer la aplicabilidad de la tecnología a su propia realidad han adquirido la infraestructura necesaria, y adaptada a cada caso en particular, para regar por goteo e incluso fertilizar sus chacras de papa utilizando pequeños caudales de agua de riego, obtenido de norias o pequeños tranques.

Los resultados obtenidos por estos nuevos innovadores permiten predecir que la tecnología, continuará aumentando en la zona, caracterizada por la escasez de agua de riego, pero abundante en aguas lluvias, las cuales pueden ser almacenadas en tranques intraprediales.

Desde el punto de vista económico la adecuada nutrición de las plantas de papa, tanto en agua como fertilizantes, aumenta significativamente la productividad del cultivo, uniformando los calibres y aumentando la fracción comercial de los tubérculos. La inversión es posible de recuperar en uno o dos años.

3. ASPECTOS METODOLOGICOS

✓ Metodología Efectivamente Utilizada

En el Fundo Los Coigues de la Sucesión Eduardo Navarrete Senn, ubicado en la comuna de Nueva Imperial, se establecieron durante dos temporadas cinco *unidades* demostrativas de 2.000 m² del cultivo papa consumo variedad Desirée.

- Testigo sin riego
- Riego por goteo
- Fertirrigación combinada con una fertilización basal de P a la siembra.
- Fertirrigación combinada con una fertilización basal de N-P-K a la siembra.
- Fertirrigación completa

Se contó con los servicios del Ingeniero Agrónomo Andreas Köbrich G., para ejecutar y desarrollar el proyecto. Además de la especialista en riego Ing. Agr. Marcela Valdés G. y el investigador en papas Ing. Agr. Andrés Contreras M., quienes apoyaron con sus conocimientos el desarrollo del proyecto.

Para el establecimiento de las parcelas de validación, se utilizó semilla certificada de la variedad Desirée, sembrada mecánicamente. El distanciamiento entre hilera fue de 0.75 m mientras el sobre hilera fluctuó entre 0.23 y 0.27 m.

El agua utilizada en el proyecto provino de un tranque de acumulación de aguas lluvias (ver Fotos 6, 7) ubicado en las cercanías del potrero utilizado para la experiencia. Durante la primera temporada se sembró un sector del potrero con avena, donde posteriormente se estableció la validación en su segunda temporada.

A excepción del tratamiento que solo recibió agua de riego, los riegos se realizaron aplicando siempre fertilizantes, evitando de esta forma diluir la concentración de nutrientes en la solución suelo. Los riegos fueron apoyados con las lecturas diarias de dos tensiómetros instalados en el potrero a profundidades de 15 y 30 cm.

La concentración de nutrientes N-P-K, pH y conductividad eléctrica de la solución suelo y de solución nutritiva aplicada a través del riego, fue determinada "in situ" con el uso de varillas analíticas. La solución suelo fue obtenida desde extractómetros instalados a 30 cm profundidad, en cada uno de los tratamientos regados. Ello permitió realizar periódicamente ajustes en la fertirrigación según las concentraciones de nutrientes existentes en la solución suelo.

Durante el desarrollo del cultivo y como complemento a las lecturas de la concentración de nutrientes de la solución suelo, se realizaron análisis foliares, tendientes a detectar anomalías importantes en los contenidos de nutrientes de los tejidos de la planta. Para este efecto se colectaron muestras del cuarto peciolo de las plantas.

Los parámetros de producción fueron determinados a través de muestreos realizados secuencialmente después de la floración de las plantas. Al final de cada temporada se cosecharon 4 submuestras por cada tratamiento, cuyos resultados fueron analizados estadísticamente.

✓ **Principales Problemas Metodológicos**

El principal problema metodológico dice relación con el tardío inicio de las fertilizaciones en los tratamientos fertirregados. En el primer año se consideró que los menores rendimientos registrados en los tratamientos T₂, T₃ y T₄, se debió principalmente al hecho que en ellos se inició el riego a fines de diciembre, cuando el cultivo ya tenía más de 45 días de desarrollo y aproximadamente 30 cm de altura. No se pudo iniciar el riego o fertirrigación antes, debido a las copiosas lluvias que se hicieron presente justamente durante los días de Navidad. Y ello a pesar que el suelo presentaba niveles de 29 ppm de fósforo y 493 ppm de potasio (muestras a 20 cm de profundidad).

Para prevenir esta situación, en la segunda temporada se decidió adelantar los riegos, iniciándose éstos a partir del día 33. Sin embargo aún este importante cambio en el inicio de la fertirrigación, aparentemente también resultó ser deficitario para las plantas, las cuales acusaron menor cantidad de tubérculos que finalmente provocó mermas en los rendimientos.

Posiblemente para futuras experiencias con fertirrigación en cultivos anuales debiera considerarse el inicio de estas aplicaciones inmediatamente después de la siembra e incluso antes de ésta, asegurando de esta forma el desarrollo de las plantas desde sus inicios, en un medio adecuadamente nutritivo.

✓ **Adaptaciones o modificaciones**

No se requirieron modificaciones metodológicas relevantes con respecto a la propuesta original, lo cual se observa con claridad en el punto siguiente, donde se indican detalladamente cada una de las actividades realizadas.

4. ACTIVIDADES Y TAREAS EJECUTADAS EN AMBAS TEMPORADAS

Las actividades desarrolladas en ambas temporadas fueron las mismas planteadas en el proyecto original, no siendo necesario realizar importantes cambios. Las principales modificaciones se relacionan con la gran cantidad de actividades de difusión que debieron hacerse por el interés suscitado especialmente entre los técnicos y pequeños productores de papas del sector.

PRIMERA TEMPORADA (1997/98) - AÑO 1997**Objetivo específico 1**

Actividades	Descripción	Fecha
1	Contratación Especialista Asesor en el cultivo de papa	Octubre
2	Visitas Ing. Agrónomo encargado del proyecto	desde Septiembre
3	Elección sitio ensayo	29 Septiembre
4	Siembra avena para el ensayo año 2	07 Octubre
5	Toma muestras de suelo y estacado sitio ensayo	01 Octubre
6	Aplicación barbecho químico	01 Septiembre
7	Visita Especialista Asesor	07 Noviembre
8	Preparación de suelo	20-30 Septiembre
9	Siembra del ensayo (incluye el 5° tratamiento)	21 Noviembre
	Eliminar o bajar melga siembra	22 Noviembre
10	Estacado y delimitación sitio ensayo	Diciembre
11	Instalación equipos de riego	20 Diciembre
	Instalación equipos de fertirrigación	26 Diciembre
12	Visita Técnica Especialista Asesor	19 Diciembre
13	Aporca	8-9 Enero
14	Control Malezas	14 Diciembre
15	Capacitación personal de apoyo	Dic - Enero
16	Instalación cintas de riego	20 Diciembre
17	Se inician las labores de riego	27 Diciembre
18	Se inician las labores de fertirrigación	01 Enero

Objetivo específico 2

Actividades	Descripción	Fecha
1	Instalación equipos de monitoreo	Enero
2	Se inicia el monitoreo contenido de humedad	29 Diciembre
3	Se inician los monitoreos de la solución suelo	Enero
4	Determinaciones fertilizaciones próximo periodo	Enero
5	Muestras foliares	29 Diciembre

Objetivo específico 4

Actividades	Descripción	Fecha
1	Día de Campo para productores	18 Diciembre

PRIMERA TEMPORADA (1997/98) - AÑO 1998**Objetivo específico 1**

Actividades	Descripción	Fecha
1	Visitas semanales Ing. Agrónomo encargado	siembra a cosecha
2	Labores de riego	hasta 21 marzo
3	Labores de fertirrigación	hasta 21 marzo
4	Visita Especialista Asesor	27 enero
5	Aplicación fungicida e insecticida	06 enero 28 enero

Objetivo específico 2

Actividades	Descripción	Fecha
1	Monitoreo contenido de humedad del suelo (diario)	hasta fin riego
2	Monitoreo concentraciones N:P:K	hasta fin riego
3	Determinación futuras fertilizaciones	hasta fin riego
4	Muestreo análisis foliar	24 enero 10 febrero 8 marzo

Objetivo específico 3

Actividades	Descripción	Fecha
1	Cosecha secuencial de tubérculos	31 ene - 22 mar
1	Cosecha final	25 abril
2	Clasificación y evaluación material cosechado	31 ene - 26 abril

Objetivo específico 4

Actividades	Descripción	Fecha
1	Día de Campo para Prodesal (7 personas)	2 febrero
1	Día de Campo profesionales Sofo y otros (10 personas)	5 febrero
1	Visita Especialista Riego U. Concepción	8 febrero
1	Día de Campo Peq. Agric. T.Schmidt (12 personas)	11 febrero
1	Visita profesionales SQMC (5 personas)	12 febrero
1	Visita productor de papa sector Freire	5 marzo
1	Visita profesor investigador de cultivos UFRO	14 marzo
1	Visita Investigador Canadiense especialista en papa	4 abril
1	Día de Campo GTT Imperial (7 personas)	15 abril
2	Publicación en suplemento Campo Sureño	16 febrero
2	Panel Divulgativo en Reunión Anual de "ACHIPA"	13-14 marzo
3	Charla GTT Imperial	15 abril
3	Charla GTT Tolten	17 abril

SEGUNDA TEMPORADA (1998/99) - AÑO 1998**Objetivo específico 1**

Actividades	Descripción	Fecha
8	Visitas Ing. Agrónomo encargado del proyecto	a partir de Agosto
9	Tomar muestras de suelo	Septiembre
10	Aplicación Barbecho Químico	Agosto
12	Preparación de suelo	Sept. - Octubre
13	Siembra	19 Octubre
14	Estacar ensayo	Octubre
15	Visita Técnica Especialista en papas (A. Contreras)	19 Diciembre
16	Aporca	21 Diciembre
17	Control de Malezas (Sencor)	28 Noviembre
18	Instalar Cintas de riego	20 Noviembre

19	Labores de Riego	21 Noviembre
20	Labores de Fertirrigación	5 Diciembre
21	Visita Técnica especialista en papa (A. Contreras)	29 Enero
23	Aplicación de Fungicida e Insecticida	15 Enero

Objetivo específico 2

Actividades	Descripción	Fecha
5	Instalación equipos de monitoreo	15 Noviembre
6	Se inicia el monitoreo contenido de humedad	21 Noviembre
8	Se inician los monitoreos de la solución suelo	Diciembre
9	Determinaciones fertilizaciones próximo periodo	Enero
10	Muestreo de pecíolos para análisis foliar	29 Diciembre 27 Enero

Objetivo específico 4

Actividades	Descripción	Fecha
1	Día de Campo INDAP Teodoro Schmidt (80 personas)	4 Diciembre
1	Día de Campo pequeños empresarios del rubro (3)	5 Diciembre
1	Día de Campo GTT Imperial (10 personas)	15 Diciembre

SEGUNDA TEMPORADA (1998/99) - AÑO 1999

Objetivo específico 1

Actividades	Descripción	Fecha
1	Visitas semanales Ing. Agrónomo encargado	hasta cosecha
19	Labores de riego (diario)	hasta 3 marzo
20	Labores de fertirrigación (diario)	hasta 3 marzo
22	Visita Especialista Asesor	29 Enero
23	Aplicación fungicida e insecticida	06 Enero
24	Recoger cintas de riego	abril
25	Almacenar cintas de riego	abril

Objetivo específico 2

Actividades	Descripción	Fecha
11	Monitoreo contenido de humedad del suelo	hasta 3 marzo
12	Determinación volúmenes de agua	hasta 3 marzo
13	Monitoreo concentraciones N:P:K	hasta 3 marzo
14	Determinación futuras fertilizaciones	hasta 3 marzo
15	Muestreo análisis foliar	24 Enero

Objetivo específico 3

Actividades	Descripción	Fecha
3	Cosecha secuencial de tubérculos	hasta 3 marzo
5	Cosecha final	10 abril
4	Clasificación y evaluación material cosechado	hasta 10 abril

Objetivo específico 4

Actividades	Descripción	Fecha
1	Visitas individuales pequeños agricultores (10)	Enero
1	Visita profesionales industrializadora de papa (2 prof)	27 Enero
1	Visitas profesionales industria papa (2 Ing.Agr.)	16 febrero
1	Visita equipo técnico SOFO (3 personas)	3 marzo
1	Día de Campo para Agricultores (15 personas)	4 marzo
1	Día de Campo Indap (54 pequeños agricultores)	5 marzo
1	Visita Prodesal y alcaldesa Teodoro Schmidt	11 marzo
1	Visita Periodista Diario Austral	11 marzo
2	Publicación en suplemento Campo Sureño	marzo
2	Publicación en revista SOFOCAMPO	marzo
2	Publicación Técnica en suplemento Campo Sureño	julio
2	Publicación Técnica en revista SOFOCAMPO	julio
3	Charla GTT Imperial	17 marzo
3	Charla Productores T.Schmidt e Imperial	14 mayo
3	Charla GTT Toltén	18 junio

5. PROBLEMAS ENFRENTADOS

No se debieron enfrentar mayores problemas durante la ejecución del proyecto durante ambas temporadas.

✓ **Legales**

Ninguno

✓ **Técnicos**

El problema técnico enfrentado dice relación con las conclusiones del presente proyecto y se refieren a la conveniencia técnico económica de implementar la fertirrigación, como única fuente nutritiva exógena para las plantas, en una siembra comercial de papas de consumo de la IX Región.

Como se ha analizado, en ambas temporadas los tratamientos con fertirrigación lograron rendimientos menores, debido seguramente a la demora en la disponibilidad para las raíces de las plantas de los nutrientes provenientes de la fertilización, al aplicar estos junto con el riego. Vale decir, el inicio de la fertirrigación no estuvo dado necesariamente por los niveles nutritivos, sino por la disponibilidad de agua en el suelo.

La Región de la Araucanía es posible llevar a buen término un cultivo de papas mantenido bajo estrictas condiciones de secano, debido a las abundantes precipitaciones de primavera, que permiten establecer el cultivo con suficiente humedad en el suelo, generalmente cercana a capacidad de campo. Bajo estas condiciones no es recomendable iniciar los riegos antes de la emergencia de las plantas, cuando normalmente ya han transcurrido más de 30 días desde la plantación. Para algunas variedades de tuberización temprana como la Desirée, a pesar de su

largo período vegetativo, se recomienda completar toda la fertilización antes de los 60 días, cuando ésta ya ha iniciado el proceso de tuberización.

✓ **Administrativos**

Ninguno

✓ **De Gestión**

Algunos centros de costo, como compra de insumos, presentaron cifras significativamente mayores a las estimadas en el proyecto original, debido a que no se disponían de antecedentes adecuados que permitieran estimar la cantidad de fertilizantes solubles que pudiera demandar el cultivo de papas, en suelo trumao, y utilizando la técnica que hemos denominado “a boca llena”. Ello significó un importante desembolso adicional de dinero por parte del empresario.

6. CALENDARIO DE EJECUCIÓN

ACTIVIDADES	PROGRAMADO	REAL
Siembra Temporada 1	15 Oct - 25 Oct	21 Nov. '97
Inicio Riego y Fertirrigación	20 Nov	20 Dic.
Cosecha Temporada 1	15 Mar - 15 Abr	25 Abr.
Siembra Temporada 2	15 Oct - 25 Oct	19 Oct. '98
Inicio Riego y Fertirrigación	20 Nov	21 Nov.
Cosecha Temporada 1	15 Mar - 15 Abr	10 Abr.

Proyecto FIA C97-2-A-097

◆ **Cuadro Resumen de Costos (\$)**

ITEM DE GASTOS (\$)	PROGRAMADO	REAL
Remuneraciones	8.209.200	8.213.200
Inversiones	1.822.840	2.095.717
Insumos	3.717.274	4.912.817
Elaboración Proyecto	1.000.000	1.000.000
Analítica	3.542.644	2.910.742
Arriendos	216.000	216.000
Movilización	1.440.000	1.440.000
Actividades Transferencia	1.100.000	1.100.000
Gastos Generales	817.222	762.255
TOTAL COSTOS (\$)	21.865.180	22.650.731

7. DIFUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Desde el establecimiento de la primera temporada se observó gran interés entre los productores del sector y técnicos del rubro, por lo que se debieron realizar durante ambas temporadas 30 actividades de difusión (ver Anexo).

No se descarta tener que realizar actividades de difusión, aún después de terminado y publicados los resultados del proyecto, como respuesta al gran interés que existe por la materia.

ACTIVIDADES DE DIFUSIÓN	EN AMBAS TEMPORADAS
Días de Campo (en el predio)	6
Visitas al ensayo	13
Charlas	5
Publicaciones	5
Participación en eventos especiales (panel, etc.)	1
TOTAL DE ACTIVIDADES REALIZADAS	30

Proyecto FIA C97-2-A-097

8. CONCLUSIONES

1. La técnica de fertirrigación tuvo una adecuada adaptación al cultivo de papa, sin embargo requiere de mayor información para alcanzar y mejorar los rendimientos y rentabilidades obtenidas con siembra tradicionales regadas.
2. El principal impacto en el cultivo ha sido el riego más que la fertirrigación, entendiéndose por esta última, la aplicación del 100% de la fertilización a través del agua de riego.
3. A inicios del desarrollo de las plantas cuando aún no se requiere el riego, ocurre una deficiente nutrición en los tratamientos fertirregados debido a la falta de fertilización.
4. El principal nutriente que afectó el rendimiento del cultivo pareciera ser el fósforo, el cual sólo comenzó a fertilizarse en los tratamientos fertirregados una vez iniciado el riego.
5. En ambas temporadas evaluadas se lograron rendimientos que superaron las 65,5^u ton/ha, en un cultivo de papas de consumo de la variedad Desirée, plantadas en el secano costero de la Provincia de Cautín
6. Los tubérculos cosechados presentaron una alta calidad, con buena presentación, color, forma, y escasa incidencia de enfermedades de la piel.
7. El tamaño de los tubérculos (calibres) en los tratamientos fertirregados se concentraron mayoritariamente en los calibres intermedios, con rendimientos comerciales que superaron el 50%.
8. Los tratamientos fertirregados presentaron menor número de tubérculos por planta en comparación al tratamiento regado e incluso de secano, debido seguramente a una deficiente nutrición fosforada durante los primeros estados de desarrollo del cultivo.
9. El tratamiento regado presentó un margen bruto \$ 1.449.879 que resultó ser casi un 500% mayor al tratamiento tradicional de secano.
10. Utilizando recursos de agua de riego provenientes de un tranque de acumulación de lluvias y una pequeña bomba eléctrica fue posible regar adecuadamente 1 ha de superficie de riego por goteo con no más de 8 horas diarias de riego. *A más de 12 mm/hora*
11. En los tratamientos fertirregados fue posible mantener tejido verde en las plantas hasta más allá de los 130 días de cultivo con la variedad Desirée.

9. ANEXOS



Foto 1: Entrada al Fundo Los Coigües, en el camino Imperial - Barros Aranas.

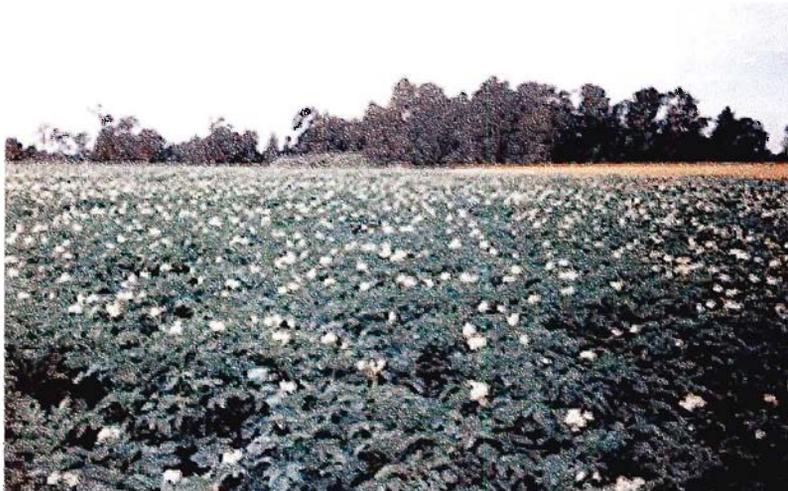


Foto 2: Vista del Proyecto en su primera temporada (Febrero '98).



Foto 3: El coordinador del proyecto Gonzalo Navarrete Suárez, señalando el estado del tratamiento testigo T_0 en la segunda temporada del proyecto.



Foto 4: Unidad de bombeo



Foto 5: Unidad de fertirrigación



Foto 6: Tranque utilizado para regar el proyecto (octubre'98).



Foto 7: Estado del tranque a la cosecha del ensayo (abril'99) y cuando el agricultor ya había iniciado las labores de preparación de suelo para sus siembras invernales.



Foto 8. Siembra de la primera temporada del proyecto (1997/98)



Foto 9. Siembra del ensayo en su segunda temporada (1998/99)



Foto 10. En ambas temporadas se logró una buena siembra, con una rápida y uniforme emergencia. También se observan los tensiómetros y extractómetros instalados en el potrero.



Foto 11. Riego por goteo (cintas).



Foto 12. Primeras diferencias entre el testigo T_0 y los tratamientos fertirregados (1997/98)

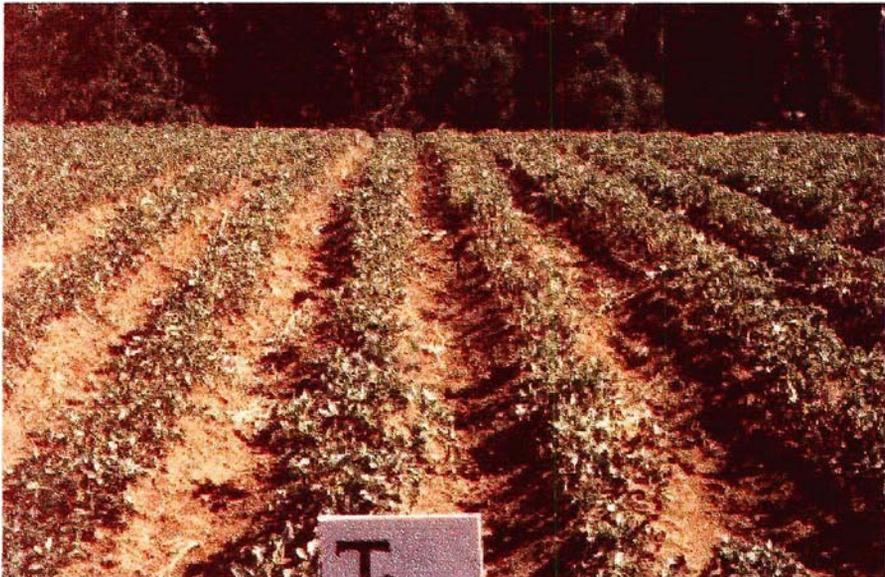


Foto 13. El tratamiento T_0 (testigo sin riego) durante la temporada 1998/99



Foto 14. Estado de desarrollo alcanzado por T₂ en la temporada 1998/99



Foto 15. Vista del estado del tratamiento T₃ durante el segundo año de evaluación



Foto 16. Los tratamientos T₁, T₃ y T₄ a los 60 días post plantación. Se observa un atraso en el desarrollo inicial de T₃ y T₄. Hacia la cosecha esta diferencia el follaje había desaparecido.



Foto 17. Durante la cosecha de los tratamiento en la temporada 1997/98, de izquierda a derecha los ingenieros agrónomos Marcela Valdés (Fertirrigación), Andrés Contreras (Investigador U. Austral) y Andreas Köbrich (Especialista en papas y responsable del proyecto).



Foto 18. Estado a la cosecha del ensayo en su primera temporada (1997/98)



Foto 19. Cosecha del tratamiento T₄ durante la temporada 1998/99.



Foto 20. Para la evaluación de rendimiento se cosecharon 4 repeticiones de 3 metros lineales cada una por tratamiento. Posteriormente se lavó, seleccionó, clasificó y pesó el material cosechado.



Foto 21. Uniformidad de los tubérculos cosechados.

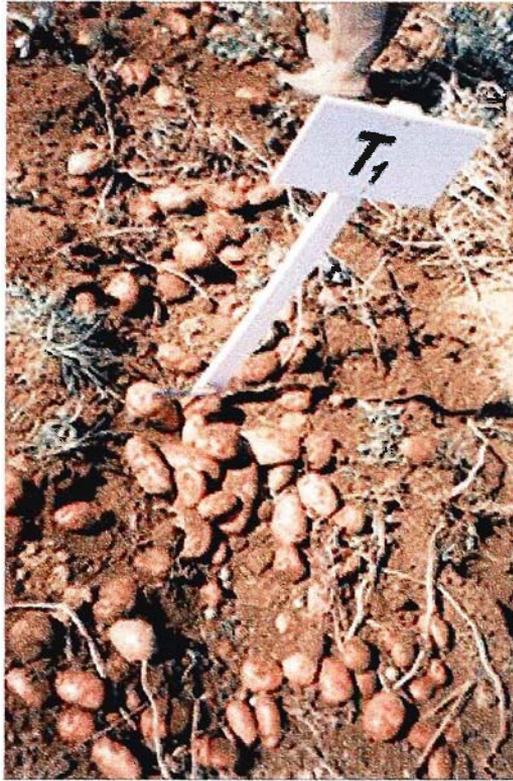


Foto 22. En algunos tratamientos sobre el 85% de los tubérculos cosechados alcanzaron calibres comerciales y con una muy buena presentación.



Foto 23. Un grupo de pequeños agricultores junto a Gonzalo Navarrete durante un Día de Campo (Temporada 1997/98)



Foto 24. Visita de la alcaldesa Sra. Yolanda Pezo y el equipo de técnicos de la comuna de Teodoro Schmidt, junto a periodistas y Juan Carlos Galaz (FIA) (Marzo 1999).



Foto 25. Grupo de Agricultores visitando el proyecto durante la segunda temporada



Foto 26. Día de Campo para pequeños agricultores de la comuna de Teodoro Schmidt.

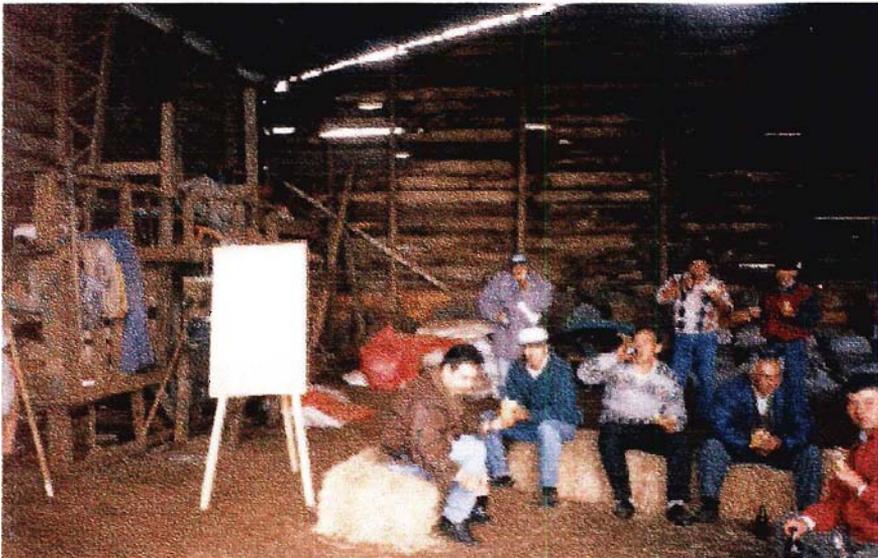


Foto 27. Después del día de campo.



1

Foto 28. Gonzalo Navarrete durante un día de campo para agricultores del sector Almagro.



Foto 29. Visita y posterior Charla a agricultores GTT Imperial

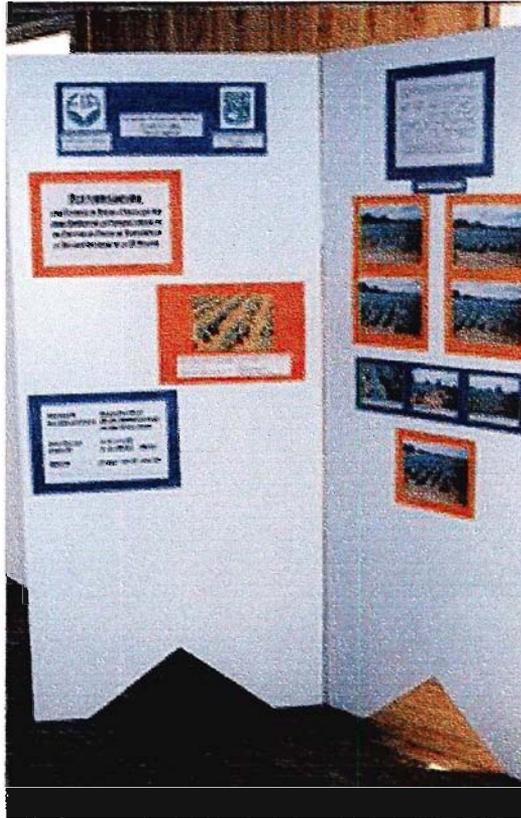


Foto 30. Panel sobre el proyecto presentado durante la Reunión Anual de la Asociación Chilena de la Papa (ACHIPA) realizada en marzo de 1998 en Carahue.

10. Bibliografía Consultada

- Contreras M., Andrés. Producción de Papa-Semilla. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Austral de Chile, Valdivia, 1997.
- Ferreya E., Raúl; Selles V., Gabriel. Manejo del Riego en Condiciones de Restricción Hídrica. Serie La Platina N° 67. Santiago, 1997.
- Gandara, Hernán. Evaluación de Sistemas de Riego Tecnificado en papa primor, en la IV Región. Soquimich, 9 pág. 1996. No publicado.
- García D., J.C. y Pizarro, Alberto. Efecto del Riego en el Rendimiento con diferentes densidades de plantación sobre hilera papa producción de papa *Solanum tuberosum*, en el Valle Central de la IX Región. Tesis para optar al grado de Ing. Agrónomo. UFRO, 1997. Aún no publicada.
- Jerez J. Rendimiento de papa bajo condiciones de riego en el sector Faja Maisan, IX Región. En: Revista Agroanálisis N° 152. Abril 1997.
- King B., and Stark J. Potato Irrigation Manegment. Cooperative Extention System, University of IdahoKing B., and Stark J. Potato Irrigation Manegment. Cooperative Extention System, University of Idaho. Bul 789.
- Kolbe H., y Stephan-Beckmann S., Development, growth and chemical composition of the potato crop. I. leaf and stem. In Potato Research 1997. Pág. 111-129.
- Mortvedt J.J., Soltanpour P.N., Zink R.T. and Davidson R.D. Soil Fertilizing Potatos. Crop Series, Colorado State University Cooperative Extention. No. 0.541.
- Muschnick, Eugenia, Tejo, Pedro. Producción y Comercialización de la papa a nivel mundial. En: Revista Agroanálisis N° 152. Abril 1997.
- ODEPA. Perspectivas del Mercado de la Papa. En: Mercados Agropecuarios N° 45, Abril. ODEPA. Santiago 1996.
- Rouanet M., Juan Luís. Areas Agroecológicas en la IX Región: Descripción. IPA Carillanca, Año 14 N°4. Temuco, 1992
- Sandoval H., Jorge. Planificación y Manejo del Riego en el Cultivo de Papa. En: Manejo Agronómico del Cultivo de Papa y las Perspectivas del Mercado. U. Católica de Temuco. Temuco, 1993.

Van der Zaag, D.E., Dr. La Patata y su Cultivo en los Países Bajos. Instituto Consultativo Holandés sobre la Patata, La Haya, Holanda, 1993.

Varas B., Edmundo y otros. Frecuencia de Riego. Revista Tierra Adentro N° 4, Oct-Nov. INIA. Santiago, 1995

Venoit R. The Why and How of Tissue Testing for Potatoes. Prince Edward Island Department of Agriculture, Canada. 1987.