



Universidad de la República
FACULTAD DE AGRONOMIA



EFFECTO DE DIFERENTES MOMENTOS DE RIEGO EN EL RENDIMIENTO Y LA CALIDAD DE CITRUS

MARIO GARCIA PETILLO

BOLETIN DE INVESTIGACIONES Nº 47

MONTEVIDEO

1995

URUGUAY

Las solicitudes de adquisición y de intercambio con esta publicación deben dirigirse al Departamento de Documentación, Facultad de Agronomía, Garzón 780, Montevideo-URUGUAY

Comisión de Publicaciones:

Ing. Agr. Osvaldo del Puerto (egresado)

Ing. Agr. Hugo Petrocelli (docente)

Ing. Agr. Héctor González (docente)

Ing. Agr. Virginia Rossi (docente)

Bach. Marcelo Nougue (estudiante)

Bach. Mario Lema (estudiante)

Bach. Gustavo Uriarte (Editor)

Efecto de diferentes momentos de riego en el rendimiento y la calidad de citrus / Mario García Petillo. -- Montevideo: Facultad de Agronomía, 1995. -- 24 p.-- (Boletín de Investigación; 47)

1. RIEGO
2. CITRUS
3. RENDIMIENTO
4. CALIDAD
- I. García Petillo, Mario

CDU 634.3

EFFECTO DE DIFERENTES MOMENTOS DE RIEGO EN EL RENDIMIENTO Y LA CALIDAD DE CITRUS ⁽¹⁾

Mario García Petillo ⁽²⁾

Resumen

Con el objetivo de cuantificar la respuesta de los citrus a diferentes momentos de aplicación del riego suplementario, se instalaron una serie de ensayos en montes de naranjas "Valencia" y "Washington Navel" (*Citrus sinensis* (L) Osbeck), mandarina "Ellendale" (*Citrus reticulata* Blanco x *Citrus sinensis* (L) Osbeck) y limón (*Citrus limon* (L) Burm. f.). Se aplicaron cuatro tratamientos de riego durante cuatro años: a) riego durante todo el ciclo del cultivo, b) sin riego, c) riego solamente desde la floración hasta la caída de frutos de diciembre (June drop) y d) riego solamente desde la caída de frutos hasta la cosecha. El promedio anual de lluvia fue 1150 mm y los promedios de riego aplicado fueron a) 481, b) 0, c) 93 y d) 388 mm para cada tratamiento respectivamente. Los tratamientos bajo riego incrementaron los rendimientos respecto al secano en un 41% para naranja "Valencia", 20% para naranja "Washington Navel" y 29% para limón. Para mandarina "Ellendale" los resultados fueron menos consistentes. El riego también incrementó el tamaño de la fruta en todas las especies. La calidad de fruta también fue mejorada por el riego, aumentando el contenido de jugo, el ratio Brix:acidez y disminuyendo el espesor de la cáscara. El crecimiento vegetativo fue sólo levemente afectado. El ingreso neto recibido por el productor se incrementó por efecto del riego en U\$S 1280/há/año en "Valencia", U\$S 663/há/año en "Navel", U\$S 1825/há/año en limón, y disminuyó en U\$S 125/há/año en "Ellendale". Los tratamientos que recibieron más riego, (a) y d), tuvieron rendimientos similares; lo mismo sucedió con los tratamientos b) y c), que recibieron menos cantidad de agua de riego. Aún en las condiciones climáticas semihúmedas del Uruguay, el riego suplementario incrementó el rendimiento, el tamaño de la fruta y la calidad, resultando en aumentos muy importantes de los ingresos netos obtenidos.

Summary

Four irrigation treatments: a) irrigation throughout the growing season, b) no irrigation, c) irrigation only from bloom up to June drop (December, South Hemisphere) and d) irrigation only from June drop up to harvest, were maintained for four years in "Valencia" and "Washington Navel" oranges (*Citrus sinensis* (L) Osbeck), "Ellendale" mandarin (*Citrus reticulata* Blanco x *Citrus sinensis* (L) Osbeck) and lemon (*Citrus limon* (L) Burm. f.).

Annual average rainfall was 1150 mm and the average irrigation amount was a) 481, b) 0, c) 93 and d) 388 mm for each treatment respectively. Irrigation increased 41% "Valencia" yield compared with no irrigation, 20%

Recibido el 13 de octubre, 1992

Aprobado el 22 de marzo, 1993

(1) Forma parte del proyecto de investigación "Manejo del riego en frutales", de la Cátedra de Hidrología.

(2) Ingeniero Agrónomo, Asistente de la Cátedra de Hidrología, Facultad de Agronomía.

"Navel" yield and 29% lemon yield. "Ellendale" mandarin results were less consistent. Irrigation also increased fruit size in all the cases. Fruit quality was also improved by irrigation, increasing juice content, Brix/citric acid ratio and reducing peel thickness. Vegetative growth was only slightly affected. The net income obtained by the grower was increased by irrigation in US\$ 1280/ha/year in "Valencia", US\$ 663/ha/year in "Navel", US\$ 1825/ha/year in lemon and decreased US\$ 125/ha/year in "Ellendale". Treatments a) and d) which received more irrigation water behaved similarly; the same was true for treatments b) and c) that received less irrigation water. Even under the semihumid Uruguayan climate, supplementary irrigation increased yield, fruit size and quality, resulting in a very important increase in the net income obtained.

1. INTRODUCCION

La producción total cítrica del Uruguay es de 229000 toneladas anuales (Uruguay, 1991), y se estima que para el año 2000 será de 426000 toneladas (FAO, 1989). El mercado local consume solamente 78000, estando bien abastecido durante todo el año y, por lo tanto, sin perspectivas de aumentar esta demanda (FAO, 1989). El destino principal de la producción es la exportación de fruta fresca. Para ello se requieren volúmenes importantes, estables en el tiempo, de fruta de alta calidad y calibres adecuados.

Ha sido claramente demostrado por muchos autores el aumento de la producción debido al riego, tanto en zonas áridas (Hilgeman and Sharp, 1970; Wiegand and Swanson, 1982) como en zonas húmedas (Constantin et al., 1975; Koo, 1978, 1979; Koo and Smajstrla, 1984, 1985). También existen numerosos trabajos que hacen énfasis en la importancia de mantener un alto nivel hídrico del suelo durante la floración y los primeros estados de crecimiento del fruto (Koo and Sites, 1955; Koo, 1963; Hilgeman and Sharp, 1970; Hilgeman, 1977).

Para el productor es de la mayor importancia obtener fruta de un tamaño adecuado. Varios autores encontraron que el riego aumenta el tamaño de los frutos (Hilgeman and Sharp, 1970; Constantin, 1975; Hilgeman, 1977; Wiegand and Swanson, 1982; Koo and Smajstrla, 1985).

El objetivo del presente trabajo es cuantificar la respuesta de cuatro cultivares cítricos a distintos momentos de aplicación de riego, en términos de rendimiento y calidad de fruta, para las condiciones ecológicas del Uruguay.

2. MATERIALES Y METODOS

En el invierno de 1987 se instalaron 4 ensayos en la plantación de la empresa Azucitrus S.A. en Cerro Chato, Paysandú, en montes de naranjas cv "Valencia"

y "Washington Navel" (*Citrus sinensis* (L) Osbeck), mandarina "Ellendale" (*Citrus reticulata* Blanco x *Citrus sinensis* (L) Osbeck) y limón (*Citrus limon* (L) Burm. f.), todos ellos injertados sobre pie de trifolia (*Poncirus trifoliata* (L) Osbeck)

El monte de "Washington Navel" fue plantado en 1981 y los otros tres en 1980. La distancia de plantación es de 7.50 m entre filas y 2.80 m entre plantas para "Valencia" y "Ellendale", 7.50 x 3.00 para "Navel" y 7.00 x 4.00 para limón, determinando una densidad de 476, 444 y 357 árboles por hectárea, respectivamente.

El suelo es un Brunosol subeútrico típico perteneciente a la Unidad Chapicuy (M.G.A.P. - D.S.A.). (Cuadro N° 1)

Tabla N° 1. Características químicas, físicas e hídricas del suelo

Prof. (cm)	pH Horiz.	pH (agua)	C.I.C. me/100	Satur. (%)	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Mat. Org. Textura	Dens. Ap.	C.C. (mm/10cm)	C.M.P.	A. Disp.
0-40	A	6.0	17.2	77.3	64.9	9.7	25.4	F.Ac.Ar. 2.18	1.64	28.4	18.5	9.9
40-75	B	6.7	24.3	94.2	55.3	6.7	38.0	Ac.Ar. 0.71	1.71	40.1	33.1	7.0
75-+	C	7.2	24.5	97.6	57.1	8.1	34.8	F.Ac.Ar. 1.91	1.65	35.8	28.8	7.0

La plantación se regó mediante un sistema de riego localizado, con 1 microaspersor de 12l/hora por planta. En ausencia de lluvias, se regó cada 3 días el equivalente al 75% de la evaporación del tanque tipo "A" en dicho período (Bredell y Barnard, 1977). La fuente de agua fue una represa.

Los tratamientos aplicados consistieron en 4 manejos del riego:

a) **Riego durante todo el ciclo (RTC)**. Se aplicó el riego durante todo el ciclo, desde el comienzo de las deficiencias hídricas en la primavera hasta su finalización.

b) **Secano (SEC)**. Nunca se regó.

c) **Riego al inicio del ciclo (RIC)**. Se regó desde que comienzan las deficiencias hasta la caída de frutos de diciembre (June drop).

d) **Riego al final del ciclo (RFC)**. Se comenzó a regar después de la caída de frutos de diciembre, hasta la finalización de las deficiencias hídricas.

El aporte total de agua de lluvia y riego para cada tratamiento y durante todas las temporadas del ensayo, se resumen en el Cuadro N° 2.

Tabla N° 2. Rango de diámetros utilizados en la calibración (en mm.) y calibres comerciales correspondientes.

Navel		Valencia		Ellendale		Limón	
Diám	Calib.	Diám	Calib.	Diám	Calib.	Diám	Calib.
	>64		>64		>64		>80
89	64-72	89	64-72	79	64	76	80-88
83	80-88	83	80-88	76	72-80	70	100-113
77	100-113	77	100-113	71	90-100	65	125-144
71	125-144	71	125-144	66	110-120	61	150-162
65	150-162	65	150-162	60	135-150	57	180-216
59	<162	59	<162	55	<150	50	<216

Las exigencias de manejo de una plantación comercial imposibilitaron el empleo de un diseño experimental con repeticiones y aleatorizado. Se asignaron los tratamientos a parcelas grandes de 100 a 250 árboles, homogéneas en suelos y topografía. En cada una se seleccionaron 20 árboles al azar, descartándose los que visiblemente eran superiores o inferiores al estado promedio del cuadro.

En el momento de cada cosecha, se pesó la producción y se contó el número de frutos totales de cada árbol.

De la producción total de los 20 árboles de cada tratamiento, se extrajo una muestra al azar de 1000 frutos. Esta fue pasada en el campo por un clasificador consistente en una tabla con seis orificios circulares, de diámetros crecientes y diferentes para cada especie. Esto determinó la separación de la muestra en siete calibres comerciales (Cuadro N° 3). Se pesaron y contaron los frutos de cada calibre.

Se realizaron las siguientes determinaciones de calidad: porcentaje de jugo, grados Brix, porcentaje de acidez, ratio Brix:acidez y espesor de la cáscara. El procedimiento seguido fue el estándar utilizado por la industria. Las determinaciones se realizaron sobre 10 muestras al azar, de 10 frutas cada una, por tratamiento.

A partir de 1990 se comenzaron a tomar medidas de la circunferencia del tronco, 10 cm por encima del injerto.

Los datos meteorológicos (temperatura, lluvia, evaporación del tanque "A"), fueron registrados diariamente en la estación meteorológica de la Dirección Nacional de Meteorología ubicada en la propia plantación de Azucitrus S.A.

Tabla N° 3. Rendimiento total anual y promedio 1988/1991, en kg/árbol(*)

Cultivar	Trat.	Rendimiento total				
		1988	1989	1990	1991	Promedio
Naranja Navel	RTC	82 ab	76 a	102 a	-	87
	SEC	81 a	51 b	86 b	-	76
	RIC	75 b	57 b	72 c	78 b	70
	RFC	81 a	76 a	103 a	109 a	92
Naranja Valencia	RTC	70 ns	75 a	137 a	128 a	103
	SEC	64 ns	42 c	110 b	88 c	76
	RIC	64 ns	52 b	106 b	111 b	83
	RFC	62 ns	76 a	139 a	121 ab	100
Mandarina Ellande	RTC	-	51 ns	64 a	74 b	63
	SEC	-	42 ns	56 ab	94 a	64
	RIC	-	48 ns	26 c	77 b	50
	RFC	-	49 ns	44 b	77 b	56
Limón	RTC	126 a	122 a	176 a	186 a	152
	SEC	133 a	94 b	136 b	145 b	127
	RIC	117 b	107 ab	150 b	193 a	142
	RFC	121 ab	124 a	145 b	180 ab	143

(*)Para cada cultivar y año, los números seguidos de letras iguales no difieren significativamente a $p=0.10$

La tensión de agua en el suelo fue chequeada con baterías de tres tensiómetros ubicados a 30, 60 y 90 cm de profundidad, colocados en la fila de árboles, bajo la copa, y a 1 m del tronco.

Por problemas ajenos al ensayo, en 1988 no se cosechó el cuadro de mandarina "Ellendale", aunque recibió los tratamientos durante todo el ciclo.

En 1991, y por problemas sanitarios, no se pudieron cosechar las plantas de naranja "Washington Navel" de los tratamientos Riego todo el ciclo y Secano.

El patrón experimental utilizado no corresponde a un diseño experimental, por lo cual no se utilizaron las técnicas estándar de análisis.

La selección aleatoria de árboles dentro de las parcelas grandes en que se aplicaron los tratamientos, permite una estimación insesgada (puntual y por intervalo de confianza) del promedio de cada parcela grande. Cada parcela (tratamiento de riego, suelo, manejo, material vegetal, etc.), es una población de la cual se ha extraído una muestra. La comparación de las medias de estas poblaciones es una comparación aproximada de los tratamientos de riego, si se considera que los demás factores de la producción involucrados mantienen un razonable nivel de homogeneidad.

Para comparar las medias poblacionales se utilizó la propiedad de equiprobabilidad de los intervalos de confianza: si dos intervalos de confianza no se traslapan, las medias poblacionales son diferentes (existen diferencias significativas).

La inferencia sólo puede hacerse estrictamente a las parcelas utilizadas, y su generalización a otras condiciones será sólo aproximada y más o menos válida en términos de las condiciones agroecológicas sobre las que se quiera inferir.

A fin de cuantificar el resultado económico de los tratamientos, se calculó el ingreso neto/há para cada variedad.

3. RESULTADOS

3.1. Rendimiento total

La producción de fruta aumentó significativamente con el riego en naranjas “Navel” y “Valencia”, y limón. (Cuadro N° 4). Las producciones máximas se obtuvieron con los tratamientos RTC y RFC en que el contenido de agua del suelo se mantiene alto durante todo el ciclo o a partir de la caída de frutos de diciembre, respectivamente. Para estas tres especies no hubo diferencias entre estos dos tratamientos, salvo para limón en el año 1990. Estos resultados sugerirían que es importante mantener alta la humedad del suelo con posterioridad a la caída de frutos de diciembre.

El efecto del riego suplementario sobre la producción de fruta está influido por la lluvia anual. Los mayores aumentos porcentuales en la producción ocurrieron en 1989, cuando la precipitación anual de la temporada fue unos 400 mm inferior a la precipitación normal (Cuadro N° 8). Sin embargo, aún en el año 1991, en que la precipitación fue unos 150 mm superior a la normal, se produjeron significativos aumentos de la producción por el riego.

Las distintas especies mostraron diferentes respuestas al riego. La naranja “Valencia” mostró la mayor respuesta, variando su aumento de producción desde un

25% en un año húmedo hasta un 79% en un año seco. Le sigue la naranja "Navel", cuyo aumento de la producción varió entre un 19 y un 49% para los mismos años. El limón mostró un comportamiento más estable, estando su aumento de rendimiento alrededor del 30% en los distintos años. Los resultados para mandarina "Ellendale" fueron poco consistentes. No se encontraron diferencias entre los tratamientos en el año más seco, mientras que en el año 1991 el tratamiento de secano fue el que dió los mayores rendimientos.

Tabla N° 4. Número de frutos por árbol, anual y promedio 1988/1991 (*)

Cultivar	Trat.	Año				Promedio
		1988	1989	1990	1991	
Naranja Navel	RTC	464 ns	345 b	630 a	-	480
	SEC	433 ns	427 a	541 b	-	467
	RIC	465 ns	359 b	562 b	303 b	422
	RFC	451 ns	343 b	626 a	420 a	460
Naranja Valencia	RTC	510 ns	614 a	957 ab	838 a	730
	SEC	488 ns	445 b	887 ab	487 b	577
	RIC	528 ns	593 a	822 b	707 a	661
	RFC	488 ns	639 a	987 a	780 a	723
Mandarina Ellandale	RTC	-	382 b	410 a	483 b	425
	SEC	-	506 a	419 a	622 a	516
	RIC	-	538 a	198 b	519 b	418
	RFC	-	461 ab	279 b	490 b	410
Limón	RTC	1402 b	1178 ns	1631 a	1374 ab	1396
	SEC	1548 a	1226 ns	1299 b	1058 b	1283
	RIC	1436 ab	1262 ns	1500 ab	1565 a	1441
	RFC	1358 b	1269 ns	1336 b	1317 ab	1320

(*) Para cada cultivar y año, los números seguidos de letras iguales no difieren significativamente a $p=0.10$

3.2. Número de frutos por planta

Anualmente, hubieron diferencias significativas en el número de frutos de cada tratamiento, en las cuatro variedades consideradas. Sin embargo, no surgió una

Tabla N° 5. Peso promedio de fruto anual y promedio 1988/1991, en g/fruto(*)

Cultivar	Trat.	Año				Promedio
		1988	1989	1990	1991	
Naranja Navel	RTC	176 a	219 a	162 a	-	186
	SEC	187 a	143 b	159 a	-	163
	RIC	160 b	159 b	128 b	257 ns	176
	RFC	180 a	221 a	165 a	260 ns	206
Naranja Valencia	RTC	138 a	122 a	144 a	152 b	139
	SEC	130 ab	95 b	124 b	181 a	132
	RIC	123 b	87 b	128 b	156 b	124
	RFC	128 ab	119 a	141 a	154 b	135
Mandarina Ellande	RTC	-	133 a	156 a	153 ns	147
	SEC	-	84 c	134 b	151 ns	123
	RIC	-	89 c	133 b	149 ns	123
	RFC	-	106 b	156 a	157 ns	140
Limón	RTC	90 a	103 a	108 a	135 a	109
	SEC	86 ab	77 c	105 a	137 a	101
	RIC	82 b	85 b	100 b	123 b	97
	RFC	89 a	98 a	108 a	136 a	108

(*)Para cada cultivar y año, los números seguidos de letras iguales no difieren significativamente a $p=0.10$

tendencia clara que relacione el aporte de agua con este parámetro (Cuadro N° 5).

En naranja "Navel", en el año más seco (1989), el tratamiento de secano fue el que tuvo significativamente mayor número de frutos, mientras que en un año más lluvioso (1990) fue el que tuvo menos. En el promedio de los cuatro años, el número de frutos en los cuatro tratamientos fue aproximadamente igual. En naranja "Valencia", por el contrario, en 1989 el secano tuvo significativamente menos frutos que los otros tratamientos, ocurriendo lo mismo en el año más lluvioso (1991). En el promedio de los cuatro años, el tratamiento sin riego mostró menor número de frutos. En limón no hubo diferencias entre los tratamientos en el año más seco, mientras que el número

de fruta se vió significativamente reducido en el secano en los años más lluviosos. Finalmente, en mandarina Ellendale, los árboles de secano fueron los que presentaron mayor número de frutos por planta en todos los años.

Comparando el tratamiento de secano con el de RIC, que mantiene un alto contenido de agua en el suelo en la floración y primeras etapas de crecimiento del fruto, los resultados muestran que en naranja "Navel" sólo difirieron un año, cuando el Secano fue superior a RIC. En limón también difirieron un solo año, pero RIC fue superior a Secano. En "Valencia" difirieron significativamente dos años, dando en ambos casos mayor número de frutos el tratamiento RIC que el Secano.

La falta de una tendencia clara, estaría indicando que el número de frutos por planta está muy influido por otros factores, además del contenido de agua del suelo.

3.3. Peso promedio

El tamaño promedio de los frutos aumentó significativamente con el riego en todas las variedades estudiadas (Cuadro Nº 6). Los tamaños máximos se obtuvieron con los tratamientos RTC y RFC, lo que indicaría que el tamaño del fruto está muy influido por la cantidad de agua aplicada.

Las únicas excepciones fueron para mandarina "Ellendale" en 1991 en que no hay diferencias entre los tratamientos, y el mismo año, en naranja "Valencia", en que el tratamiento de Secano dió los frutos mayores. El motivo de este resultado fue el muy bajo número de frutos en ese tratamiento, para ese año.

El porcentaje de aumento de tamaño debido al riego fue muy dependiente de las condiciones climáticas. En el año más seco (1989), las cuatro variedades mostraron los máximos aumentos, mientras que en el año más lluvioso (1991) casi no existieron diferencias entre los tratamientos.

Estos datos sugerirían que el tamaño de fruto es el componente de la producción total más afectado por las condiciones hídricas del suelo.

Comparando los tratamientos RFC con el secano, en el año más seco (1989), se ve que para las cuatro variedades hubo un aumento significativo de tamaño por mantener un alto contenido hídrico del suelo a partir de la caída de frutos de diciembre.

Entre las cuatro variedades, el comportamiento fue muy similar. Los menores aumentos de tamaño en el año más seco se dieron en "Valencia" (28%), pero ésto fue debido al muy bajo número de frutos de las plantas bajo Secano en ese año, lo que les permite, en parte, compensar las deficiencias hídricas. El mayor aumento de tamaño de frutos en todos los años se dió en mandarina "Ellendale". Para esta variedad, el tamaño de fruto parece ser la característica más consistentemente afectada por el riego.

Tabla N° 6. Características de calidad del jugo, promedio 1988/1991.

Cultivar	Trat.	Conten. de jugo (%)	Brix (°)	Acidez (%)	Ratio	Espesor cáscara mm.
Naranja	RTC	48	10.7	1.18	9.12	5.5
Navel	SEC	44	11.6	1.47	8.06	5.8
	RIC	45	11.7	1.26	9.57	5.7
	RFC	49	10.9	1.05	10.44	5.4
	Sig(*)	2/4	4/4	3/4	4/4	2/4
Naranja	RTC	40	10.6	1.65	6.64	6.2
Valencia	SEC	39	10.7	1.86	6.21	6.7
	RIC	36	10.7	1.64	6.77	6.9
	RFC	42	10.5	1.58	6.86	6.5
	Sig	3/4	4/4	4/4	3/4	3/4
Mandarina	RTC	53	12.7	1.47	8.93	3.1
Ellande	SEC	51	13.8	1.82	8.02	3.3
	RIC	53	13.3	1.57	8.85	3.0
	RFC	54	13.3	1.55	8.92	2.9
	Sig	2/3	3/3	3/3	2/3	1/3
Limón	RTC	40	8.9	5.97	1.56	5.3
	SEC	38	9.0	5.79	1.64	5.4
	RIC	38	9.3	6.16	1.58	5.5
	RFC	40	9.0	6.07	1.55	5.3
	Sig	2/4	4/4	3/4	2/4	2/4

(*)Número de años que mostró diferencias significativas sobre número de años medidos.

3.4. Distribución por calibres

Los calibres de mayor demanda y mejor precio en el mercado internacional de fruta fresca son para naranja "Navel" del 64 al 113 (envase de 17 kg), para naranja "Valencia" del 72 al 88 (envase de 17 kg), para mandarina "Ellendale" del 72 al 90 (envase de 10 kg) y para limón mayores del 150 (envase de 17 kg).

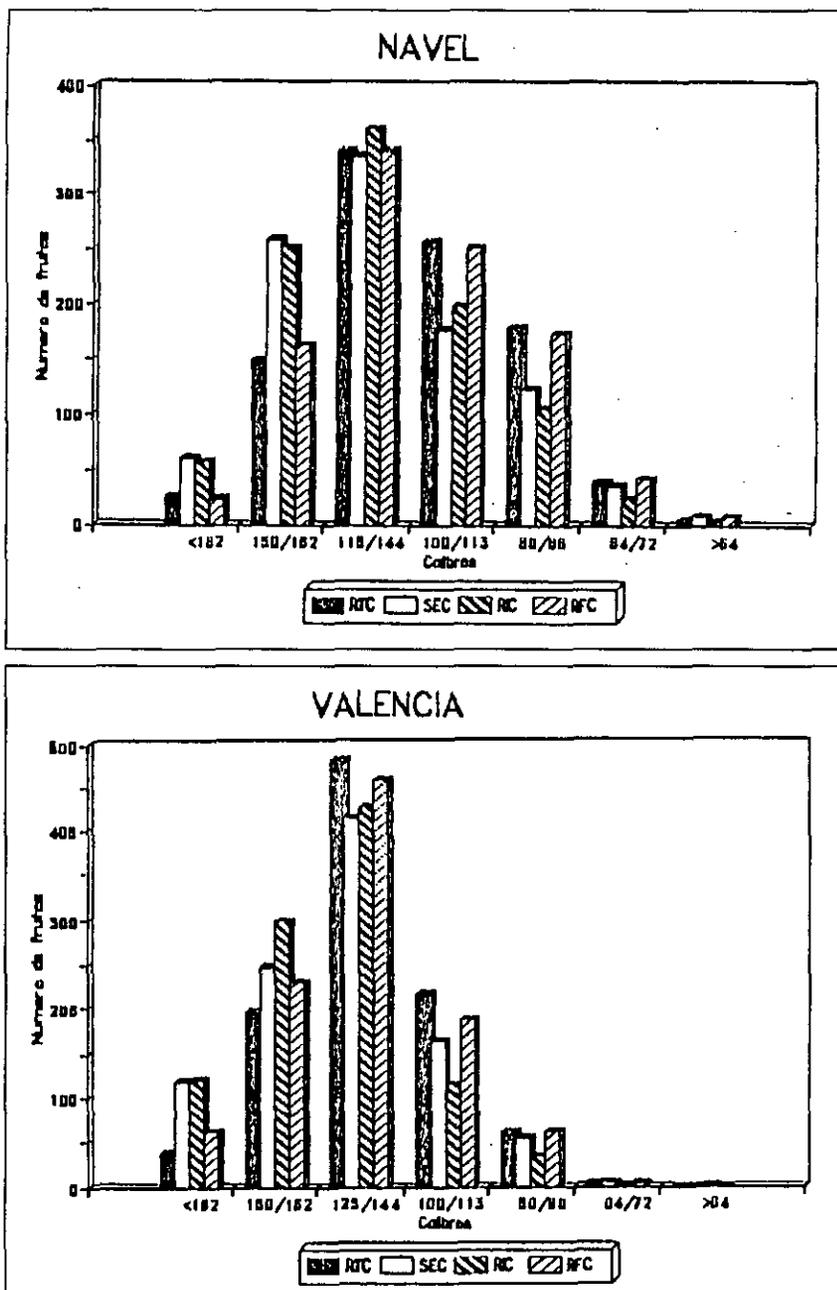
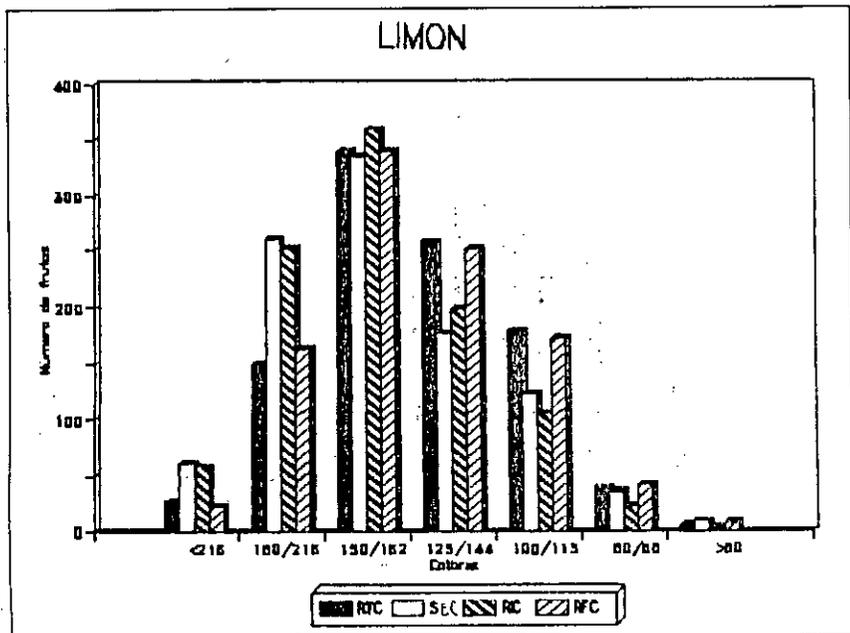
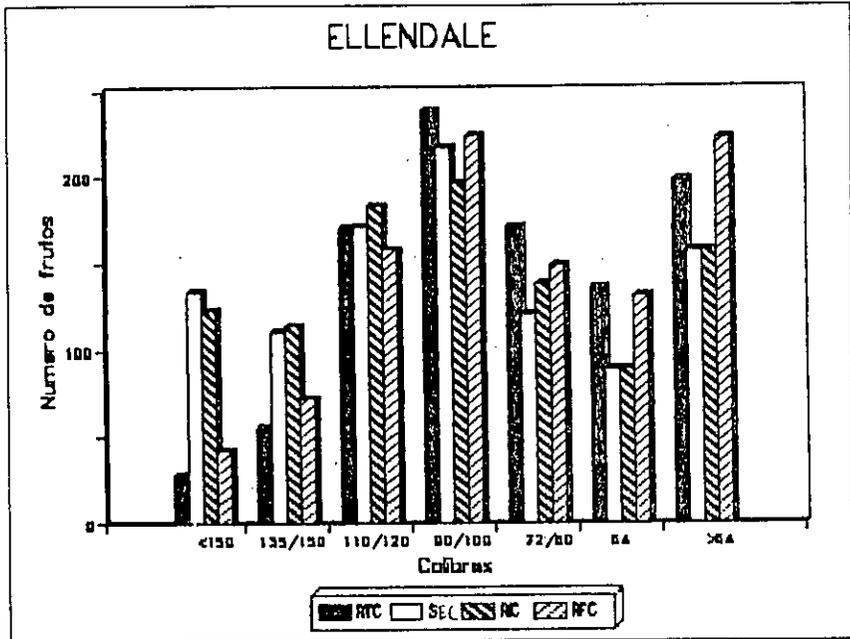


Figura Nº 1. Distribución por calibres de una muestra de 1000 frutos. Promedio 1988/1991. a) naranja Navel b) naranja Valencia c) mandarina Ellendale d) limón



Analizando la distribución por calibres promedio para el período 1988-1991 (Figura N° 1), para las cuatro variedades estudiadas se notó un aumento de la producción de los mejores calibres en los tratamientos RTC y RFC. Los tratamientos SEC y RIC tuvieron su producción desplazada hacia calibres menores, de escasa o nula demanda.

Este efecto, si bien fue más notorio en los años más secos, se manifestó aún en años muy lluviosos.

3.5. Calidad de fruta

Los tratamientos con riego produjeron fruta con mayor contenido de jugo, menos grados Brix, menor porcentaje de acidez, mayor ratio Brix:acidez, y menor espesor de cáscara. (Cuadro N° 7). Estos efectos se dieron en forma más marcada en el año más seco (1989).

El Brix es la característica más consistentemente afectada por el riego, dando diferencias significativas en las cuatro especies estudiadas y en todos los años considerados.

Si bien el Brix y la acidez bajan ambos, ésta lo hace en mayor proporción, por los que el ratio Brix:acidez aumenta en los tratamientos que recibieron más riego.

Los efectos son más marcados en naranja "Navel" y mandarina "Ellendale" que en naranja "Valencia", que es cosechada más tarde.

La primera semana de julio de 1989 hubieron cinco días con temperaturas mínimas entre -2.0 y -7.3 grados Celsius. La naranja "Valencia" fue cosechada un mes después; el contenido de jugo era 22 % y 17 % en el SEC y RIC y 31% y 34% en el RTC y RFC respectivamente.

Tabla N° 7. Circunferencia del tronco, en cm (*)

Tratamiento	Cultivar y año de la medición			
	Naranja Navel 1990	Naranja Valencia 1991	Mandarina Ellendale 1991	Limón 1991
RTC	27.9.ab	35.8 ns	36.8 a	43.5 ns
SEC	27.4 ab	35.6 ns	36.5 ab	45.3 ns
RIC	27.0 b	35.5 ns	35.1 b	44.2 ns
RFC	28.4 a	35.6 ns	35.7 ab	44.8 ns

(*)Para cada cultivar, los números seguidos de letras iguales no difieren significativamente a $p = 0.10$

3.6 Crecimiento vegetativo

La medida de la circunferencia del tronco en el invierno de 1991, cuatro años después de la instalación del ensayo, mostró que en dos de las variedades estudiadas (limón y naranja "Valencia"), no se habían producido aún diferencias significativas en el crecimiento del tronco entre los tratamientos (Cuadro N° 8). En las otras dos variedades, el tratamiento que dió los crecimientos significativamente menores fue RIC.

En ninguna de las variedades estudiadas se produjo un aumento significativo del diámetro del tronco de los árboles regados todo el ciclo, comparados con aquellos sin riego.

Para naranja "Navel" se presentan las medidas de 1990, último año en que se tuvieron los cuatro tratamientos.

Tabla N° 8. Lluvia mensual y anual, aporte anual de riego, y agua total aplicada, en mm.

	Lluvia												— Riego —				— Agua total —				
	Set	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Total	RTC	SEC	TIC	RFC	RTC	SEC	RIC	RFC
1987/1988	75	69	174	260	206	30	169	63	3	38	64	80	1231	440	0	12	428	1671	1231	1243	1659
1988/1989	153	74	45	131	20	18	124	179	47	7	39	135	972	856	0	215	641	1828	972	1187	1613
1989/1990	40	86	190	138	25	313	247	218	56	8	23	30	1374	415	0	98	317	1789	1374	1472	1691
1990/1991	64	185	95	312	218	3	110	149	115	130	144	8	1533	213	0	46	167	1746	1533	1579	1700
Promedio	83	104	126	210	117	91	163	152	55	46	68	63	1278	481	0	93	388	1758	1278	1370	1665

4. DISCUSION

El presente trabajo demuestra que el riego suplementario aumenta significativamente la producción, confirmando los resultados de Koo (1963) quien mencionó que esto se daba aún en un año con precipitaciones superiores a lo normal.

Sin embargo, el tratamiento RIC que mantiene un alto contenido de humedad en la floración y primeras etapas de crecimiento del fruto, dió rendimientos muy reducidos en las cuatro variedades estudiadas. Esto es contrario a los resultados de Koo y Sites (1955), Koo (1963) y Hilgeman y Sharp (1970).

Nuestros resultados muestran que el riego en esta etapa no aumentó el número de frutos por planta, como muestran los resultados de Hilgeman y Sharp (1970) y

Hilgeman (1977), sino que en ninguno de los años, y en ninguna de las variedades estudiadas, el tratamiento RIC dio mayor número de frutos que el tratamiento RFC, que no recibió riegos hasta la caída de frutos de diciembre. Asimismo, el tratamiento RIC no mostró un mayor número de frutos que el tratamiento SEC.

Estos resultados estarían indicando que el número de frutos por planta no está fuertemente determinado por el contenido de agua en el suelo en la primavera, estando de acuerdo con los resultados de Wiegand y Swanson (1982) y Buj et al. (1990). Por el contrario, Koo (1969), encontró que el tratamiento sin riego producía la mayor caída de frutos, y ésta se reflejaba en la producción final.

El tamaño de fruto demostró ser la característica productiva más consistentemente afectada por el riego, coincidiendo con los resultados de Wiegand y Swanson (1982). Sin embargo, Koo y Humer (1969) no encontraron diferencias de tamaño debidas al riego. El aumento del tamaño del fruto por el riego ha sido demostrado por Hilgeman y Sharp (1970), Constantin et al. (1975), Hilgeman (1977) y Koo y Smajstrla (1985). En este trabajo se muestra que el tratamiento RFC produjo consistentemente frutos mayores que el SEC y el RIC, en las cuatro variedades, lo que indicaría que es importante tener alta disponibilidad de agua durante el verano. En naranja "Washington Navel" los porcentajes de aumento del tamaño del fruto fueron mayores que en "Valencia", lo que confirma los resultados de Wiegand y Swanson (1984) en el sentido que la mayor respuesta se da en los cultivares más tempranos.

El aumento del porcentaje de jugo con el riego es concordante con los resultados de Koo (1963). Asimismo, el descenso de los sólidos solubles totales y la acidez, son concordantes con los resultados de Koo y Sites (1955), Wiegand et al. (1982), Cruse et al. (1982) y Koo y Smajstrla (1984, 1985).

En las cuatro variedades, el SEC dió significativamente mayor acidez que el RIC, diferencia que se vió aumentada en el año más seco (1989). Esto indicaría que un adecuado contenido hídrico en primavera, en las primeras etapas del desarrollo del fruto, disminuye la acidez, difiriendo con los resultados de Wiegand, Swanson y Cruse (1982), que encontraron que este parámetro estaba afectado fundamentalmente por la disponibilidad de agua en el otoño.

Hilgeman y Sharp (1970), Constantin et al. (1975) y Koo y Smajstrla (1984) encontraron que el ratio no era afectado por el riego. En este ensayo, por el contrario, se encontró que el ratio aumentó con el riego. Esto se debió a que si bien el Brix y la acidez bajaron, esta última lo hizo en mayor proporción. Esto permitiría adelantar la cosecha al utilizar el riego, por llegar antes a los ratios mínimos exigidos para la exportación de fruta fresca.

El crecimiento vegetativo, tras cuatro años de aplicar los tratamientos, no mostró un incremento muy claro al aplicar el riego, indicando que los estrés hídricos sufridos

por las plantas de los tratamientos menos regados, no fueron tan severos como para restringir el crecimiento del tronco. Esto concuerda con los resultados de Wiegand y Swanson (1982b), que en condiciones de clima más árido encontraron que las diferencias en la circunferencia del tronco recién se empiezan a manifestar al tercer año de aplicar los tratamientos. Por otro lado, Koo y Hurner (1969) encontraron que en las condiciones húmedas de Florida, a los cuatro años de instalado el ensayo, el tamaño del árbol era mayor en las parcelas más regadas, aunque en este caso se trataba de un suelo arenoso, con muy baja capacidad de almacenamiento de agua.

En el presente trabajo, para casi todas las variables analizadas, el comportamiento del tratamiento RTC fue similar al de RFC, y el del SEC similar al de RIC. Las cantidades de agua de riego aplicadas en el promedio de los 4 años fueron 481 y 388 mm para los dos primeros y 0 y 93 mm para los otros dos respectivamente (Cuadro N° 2)

Como las plantas llegaron a la primavera con un suelo que tenía unos 75 mm de agua disponible almacenada, y el consumo por el cultivo fue bajo en los meses de setiembre, octubre y noviembre, era difícil que se produjeran deficiencias hídricas de importancia en la primavera, aún sin regar.

Por la misma razón, no puede concluirse que, dado el similar comportamiento de los tratamientos RTC y RFC, se debería regar sólo a partir de la caída de frutos de diciembre. Esto, en un año de pluviosidad normal no sería un ahorro significativo de agua y energía, mientras que en un año con un invierno y una primavera excepcionalmente seca, cuando sí se podrían ahorrar riegos, ésta práctica podría comprometer la producción por un mal prendimiento de los frutos.

5. ANALISIS ECONOMICO

A los efectos de cuantificar económicamente los resultados físicos, se presentan los ingresos netos obtenidos de la venta de la producción de cada uno de los cuatro tratamientos para las cuatro variedades estudiadas (Cuadros N° 9, 10, 11 y 12).

Dichos ingresos están estimados en base al rendimiento y a la distribución por calibres promedio obtenidos en los ensayos en el período 1988-1991.

Los porcentajes de descarte por calidad externa se asumieron iguales en los cuatro tratamientos, y similares a los tenidos en toda la plantación para cada variedad.

El valor de la fruta de descarte se calculó en base a los precios pagados por la industria en el período considerado.

El valor de la producción exportable se estimó en base a los precios promedio FOB Montevideo obtenidos por los productores en el período 1988-1991, para los

diferentes rangos de calibres. A estos precios se les descontó los costos de empaque, cajas, pallets, esquineros, fletes internos, cámara de frío y trámites de exportación. Estos costos se estimaron en U\$S 0.17/kg para las naranjas, U\$S 0.21 para "Ellendale" y U\$S 0.18 para limón.

Los resultados económicos muestran que se obtuvieron muy importantes incrementos de los ingresos en el caso de naranja "Valencia" y limón, por la utilización del riego en comparación con no hacerlo.

En "Valencia" este incremento fue de U\$S 1280/há/año, lo que representó un aumento del 45% en relación al secano. En el caso del limón, los ingresos netos con riego aumentaron en U\$S 1825/há/año, lo que significó un 28% con respecto al secano. En naranja "Navel" el aumento no es tan importante, aunque llegó a U\$S 663/há/año, lo que representó un incremento del 16%. En mandarina "Ellendale", por el contrario, en el promedio del período, los ingresos netos con riego tuvieron una pequeña reducción de U\$S 125/há/año, lo que representó un 2%.

En el caso de "Valencia" y limón, el riego, además de producir importantes aumentos del rendimiento, produjo un aumento de la fruta de mayores calibres (>100 y >150 respectivamente), que tienen un precio sensiblemente superior que los calibres menores.

En el caso de "Navel", si bien el riego produjo incrementos bastante importantes en los rendimientos, el aumento de los calibres obtenidos no fue tan marcado. Esto se debió a que esta variedad tiene la capacidad genética de dar fruta grande y, aún sin riego, dentro de los calibres de mayor precio. Asimismo, en esta variedad, el incremento de precio por mejora en el calibre es sensiblemente menor que en las dos variedades anteriores.

Finalmente, los resultados obtenidos en "Ellendale" confirman lo ya dicho en el sentido que esta mandarina tiene problemas de manejo que habrá que superar previamente para que se pueda manifestar su potencialidad bajo riego.

En cuanto a la conveniencia de regar durante todo el ciclo comparado con regar sólo a partir de la caída de frutos de diciembre, en "Valencia" produjo un incremento de U\$S 224/há/año y en limón de U\$S 498/há/año. En "Navel", por el contrario, regar sólo a partir de la caída de frutos dió un leve aumento de los ingresos de U\$S 135/há/año, debido a un mayor incremento de los calibres.

Los importantes incrementos de los ingresos netos anuales logrados por la aplicación del riego en naranjas "Valencia" y "Navel", y limón, en el promedio del período 1988-1991, dentro del cual se registran dos años de pluviosidad normal, uno por encima de lo normal, y sólo un año seco, demuestran la conveniencia económica de la aplicación de esta práctica.

Tabla N° 9. Naranja "Valencia"-Ingreso neto promedio 1988-91 (U\$S/há/año)

Tratamiento	RTC	SEC	RIC	RFC	
Rendimiento(kg/pl)	103	76	83	100	
Densidad (pl/há)	476	476	476	476	
Rendimiento (kg/há)	49028	36176	39508	47600	
Descarte (%)	35	35	35	35	
Descarte (kg/há)	17160	12662	13828	16660	
Valor del descarte (U\$/kg)	0.05	0.05	0.05	0.05	
Valor del descarte (U\$/há)	858	633	691	833	
Exportable (%)	65	65	65	65	
Exportable (kg/há)	31868	23514	25680	30940	
Distrib. por calibre (%)	<144	23.5	36.5	42.0	29.1
	144-100	70.0	57.7	54.4	64.4
	>100	6.5	5.8	3.6	6.5
Distrib. por calibre (kg/há)	<144	7489	8583	10786	9004
	144-100	22308	13568	13970	19925
	>100	2071	1364	924	2011
Precio. por calibre (U\$S/Kg)	<144	0.05	0.05	0.05	0.05
	144-100	0.11	0.11	0.11	0.11
	>100	0.21	0.21	0.21	0.21
Precio. por calibre (U\$S/há)	<144	374	429	539	450
	144-100	2454	1492	1537	2192
	>100	435	286	194	422
Total	4121	2841	2962	3897	
Ingreso neto relativo(Sec=100)	145	100	104	137	
Diferencia RTC - SEC (U\$S/há)	1280				

Tabla N° 10. Limón - Ingreso neto promedio 1988-91 (U\$S/há/año)

Tratamiento	RTC	SEC	RIC	RFC	
Rendimiento(kg/pl)	152	127	142	143	
Densidad (pl/há)	357	357	357	357	
Rendimiento (kg/há)	54264	45339	50694	51051	
Descarte (%)	30	30	30	30	
Descarte (kg/há)	16279	13602	15208	15315	
Valor del descarte (U\$/kg)	0.05	0.05	0.05	0.05	
Valor del descarte (U\$/há)	814	680	760	766	
Exportable (%)	70	70	70	70	
Exportable (kg/há)	37985	31737	35486	35736	
Distrib. por calibre (%)	<216	2.7	6.1	5.8	2.3
	216-150	49.0	59.4	61.2	50.3
	>150	48.3	34.5	33.0	47.4
Distrib. por calibre (kg/há)	<216	1026	1936	2058	822
	216-150	18613	18852	21717	17975
	>150	18347	10949	11710	16939
Precio. por calibre (U\$S/Kg)	<216	0.05	0.05	0.05	0.05
	216-150	0.16	0.16	0.16	0.16
	>150	0.24	0.24	0.24	0.24
Precio. por calibre (U\$S/há)	<216	51	97	103	41
	216-150	2978	3016	3475	2876
	>150	4403	2628	2810	4065
Total	8246	6421	7149	7748	
Ingreso neto relativo(Sec=100)	128	100	111	121	
Diferencia RTC - SEC (U\$S/há)	1825				

Tabla N° 11. Naranja "Navel" - Ingreso neto promedio 1988-91 (U\$S/há/año)

Tratamiento	RTC	SEC	RIC	RFC	
Rendimiento(kg/pl)	87	76	68	87	
Densidad (pl/há)	444	444	444	444	
Rendimiento (kg/há)	38628	33744	30192	38628	
Descarte (%)	40	40	40	40	
Descarte (kg/há)	15451	13498	12077	15451	
Valor del descarte (U\$/kg)	0.03	0.03	0.03	0.03	
Valor del descarte (U\$/há)	464	405	362	464	
Exportable (%)	60	60	60	60	
Exportable (kg/há)	23177	20246	18115	23177	
Distrib. por calibre (%)	<144	7.1	8.6	10.8	5.0
	144-125	21.2	23.1	30.5	16.2
	113-64	69.1	67.6	58.1	76.3
	>64	2.6	0.7	0.6	2.5
Distrib. por calibre (kg/há)	<144	1646	1741	1956	1159
	144-125	4913	4677	5525	3755
	113-64	16015	13687	10525	17684
	>64	603	142	109	579
Precio. por calibre (U\$S/Kg)	<144	0.03	0.03	0.03	0.03
	144-125	0.17	0.17	0.17	0.17
	113-64	0.21	0.21	0.21	0.21
	>64	0.17	0.17	0.17	0.17
Precio. por calibre (U\$S/há)	<144	49	52	59	35
	144-125	835	795	939	638
	113-64	3363	2874	2210	3714
	>64	102	24	18	99
Total	4814	4151	3589	4949	
Ingreso neto relativo(Sec=100)	116	100	86	119	
Diferencia RTC - SEC (U\$S/há)	663				

Tabla N° 12. Naranja "Ellendale"-Ingreso neto promedio 1989-91 (U\$S/há/año)

Tratamiento	RTC	SEC	RIC	RFC
Rendimiento(kg/pl)	63	64	50	56
Densidad (pl/há)	476	476	476	476
Rendimiento (kg/há)	29988	30464	23800	26656
Descarte (%)	40	40	40	40
Descarte (kg/há)	11995	12186	9520	10662
Valor del descarte (U\$S/kg)	0.07	0.07	0.07	0.07
Valor del descarte (U\$S/há)	840	853	666	746
Exportable (%)	60	60	60	60
Exportable (kg/há)	17993	18278	14280	15994
Valor exportable(U\$S/kg)	0.39	0.39	0.39	0.39
Valor exportable(U\$S/há)	7017	7129	5569	6238
Total	7857	7982	6236	6984
Ingreso neto relativo(Sec=100)	98	100	78	87
Diferencia RTC - SEC (U\$S/há)	-125			

AGRADECIMIENTOS

La presente investigación fue parcialmente financiada por la Asociación de Productores de Citrus del Uruguay (A.P.C.U.) y por Azúcitrus S.A.

Se agradece al Ing. Agr. Roberto Benia, gerente agrícola de Azúcitrus S.A., el incondicional apoyo brindado para la realización de este trabajo, así como sus aportes técnicos en la discusión del mismo.

Al Sr. Gustavo Rodríguez, de Azúcitrus S.A., responsable del seguimiento en el campo de los ensayos, por la invaluable colaboración prestada.

Al Ing. Agr. Jorge Franco, Profesor Agregado de la Cátedra de Estadística de la Facultad de Agronomía, por sus aportes en la discusión del diseño, análisis e interpretación de los resultados.

A los Ing. Agrs. Héctor Arbiza, Profesor Adjunto de la Cátedra de Fruticultura de la Facultad de Agronomía, y Juan Carnelli, Consultor en Riego y Suelos del Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, por revisar y mejorar el original de este trabajo.

REFERENCIAS

- Bredell, G., and Barnard, C., 1977. Influence of irrigation on yield and fruit quality of citrus fruit. Information Bulletin, Citrus and Subtropical Fruit Research Institute N° 58, 7-8.
- Buj, A., Fabado, F. y Castel, J.R., 1990. Riego por microaspersión en naranjos: utilización del tanque evaporimétrico. Fruticultura Profesional N° 29, 31-38.
- Constantin, R.J., Brown, R.T., and Bravo, H.J.Jr., 1975. Citrus yield and quality as affected by subsurface irrigation. J.Am.Soc.Hort.Sci. 100(5):453-454.
- Cruse, R.R., Wiegand, C.L., and Swanson, W.A., 1982. The effects of rainfall and irrigation management on citrus juice quality in Texas. J.Am.Soc.Hort.Sci. 107(5):767-770.
- FAO, Intergovernmental group on citrus fruit, 8th session, Montevideo, 11-15 September 1989. Uruguay: statistical information on trade and production of citrus fruit.
- Hilgeman, R.H., 1977. Response of citrus trees to water stress in Arizona. Proc. Int. Soc. Citriculture 1:70-74.
- Hilgeman, R.H., and Sharp, F.O., 1970. Response of "Valencia" orange trees to four soil water schedules during 20 years. J.Amer.Soc.Hort.Sci. 95:739-45.
- Koo, R.C.J., 1963. Effects of frequency of irrigations on yield of orange and grapefruit. Proc.Fla.St.Hort.Soc. 76:1-5.
- Koo, R.C.J., 1969. Evapotranspiration and soil moisture determination as guides to citrus irrigation. Proc.First Int.Citrus Symposium, Riverside, 3:1725-30.
- Koo, R.C.J., 1978. Response of densely planted "Hamlin" orange on two rootstocks to low volume irrigation. Proc.Fla.Sr.Hort.Soc. 91:8-10.
- Koo, R.C.J., 1979. The influence of N, K and irrigation on tree size and fruit production of "Valencia" orange. Proc.Fla.St.Hort.Soc. 92:10-13.
- Koo, R.C.J., and Hurner Jr., G.T., 1969. Irrigation requirements of citrus grown on Lakewood fine sand. Proc.Fla.St.Hort.Soc. 81:69-72.
- Koo, R.C.J., and Sites, J.W., 1955. Results of research and response of citrus to supplemental irrigation. Soil Sci.Soc.Fla.Proc. 15:180-90.
- Koo, R.C.J., and Smajstrla, A.G., 1984. Effects of trickle irrigation and fertigation on fruit production and juice quality of "Valencia" orange. Proc.Fla.St.Hort.Soc. 97:8-10.

- Koo, R.C.J., and Smajstrla, A.G., 1985. Trickle irrigation of citrus on sandy soils in a humid region. Proc. of the 3rd. Int. Drip Irrigation Congress. Nov. 1985. 212-219.
- URUGUAY, MGAP, CHNPC. Encuesta de producción citrícola 1991, Montevideo, 1991.
- Wiegand, C.L., and Swanson, W.A., 1982a. Citrus responses to irrigation: II Fruit yield, size and number. J.Rio Grande Valley Hort.Soc. 35:87-95.
- Wiegand, C.L., and Swanson, W.A., 1982b. Citrus responses to irrigation: III Tree trunk and canopy growth. 35:97-107.
- Wiegand, C.L., and Swanson, W.A., 1984. Aerial environment and soil water effects on fruit enlargement of "Marrs" and "Valencia" oranges and "Ruby Red" grapefruit. J.Rio Grande Valley Hort.Soc. 37:83-94.
- Wiegand, C.L., Swanson, W.A., and Cruse, R.R., 1982. "Marrs", "Valencia" and "Ruby Red" juice quality as affected by irrigation plus rainfall. J.Rio Grande Valley Hort.Soc. 35:109-120.