

# EVALUACIÓN ECONÓMICA DE SESENTA MICROPROYECTOS DE RIEGO EN LA PROVINCIA DE ÑUBLE, CHILE

• Marco A. López-Roudergue • Jorge C. Jara-Ramírez •  
• Claudio A. Venegas-Villanueva •  
*Universidad de Concepción, Chile*

## Resumen

Se evaluaron económicamente sesenta microproyectos de riego, con superficies de 180 a 7 000 m<sup>2</sup> y un total de 10.07 ha, en tres comunas de la provincia de Ñuble, región del Bío-Bío de Chile, estableciendo el impacto de los préstamos y subsidios estatales en su rentabilidad. Los proyectos se agruparon por categorías de superficie y cultivo; en cada grupo se determinó el número de proyectos, promedio de superficie, inversión inicial en riego por proyecto y su equivalente por hectárea, y la proporción de la inversión en riego respecto del total. La evaluación económica de cada proyecto se realizó considerando el uso de capital propio y, alternativamente, financiamiento mediante préstamos y subsidios estatales. Los indicadores económicos utilizados fueron el Valor Presente Neto (VPN<sub>10%</sub>) por proyecto y su equivalente por hectárea y Tasa Interna de Retorno (TIR). Los principales resultados indican que la inversión inicial promedio (por rango de superficie) en riego oscila entre US\$2 000 y US\$3 500 por proyecto, en tanto que su valor equivalente por hectárea varía entre US\$ 6 400 y US\$ 63 800. Por otra parte, las evaluaciones económicas indican que el VPN<sub>10%</sub> agregado de los sesenta proyectos incrementa su valor en un 37% y la TIR promedio pasa de 22.7 a 45.6% real anual, al utilizar el financiamiento estatal en vez del capital propio. Lo anterior muestra el positivo impacto del aporte estatal en los microproyectos de riego.

**Palabras clave:** proyectos de riego, desarrollo rural, VPN, TIR.

## Introducción

De acuerdo con el VII Censo Agropecuario y Forestal de 2007, en Chile existen 278 663 explotaciones agropecuarias, con una superficie total de 30.5 millones de ha. De este total, un 20.6% se encuentra en la región del Bío-Bío (figura 1), lo que representa el 5.9% de la superficie nacional dedicada a esta actividad (INE, 2007). Un 48.6% de explotaciones agrícolas de la región del Bío-Bío son menores a 5 ha de superficie, representando menos de un 3% de la superficie total informada, situación que se repite en el ámbito nacional. Asimismo, más del 90% de las explotaciones está en poder de productores privados individuales, lo que da cuenta del alto grado de atomización en la

propiedad de la tierra, con consecuencias en el capital que poseen los agricultores, y su baja o nula capacidad de endeudamiento en la banca privada.

Por otra parte, aproximadamente un 85% del agua que se consume en Chile se destina al riego agrícola (Ministerio de Obras Públicas-Dirección General de Aguas, 1999). Por lo tanto, disponer de agua de riego es de vital importancia para el desarrollo de esta actividad. Sin embargo, la puesta en riego de pequeñas superficies es de alto costo, con valores informados de hasta US\$20 000 por hectárea en planes de riego desarrollados en África (Carter, 1989).

El Estado de Chile apoya el desarrollo de inversiones en riego agrícola para pequeños agricultores a través del Instituto de Desarrollo



Figura 1. Mapa de Chile y área de estudio (Biblioteca Congreso Nacional, 2007).

Agropecuario (INDAP), organismo dependiente del Ministerio de Agricultura de Chile (MINA-GRI). El INDAP desarrolla programas de apoyo técnico y financiero, en diversos aspectos productivos, a pequeños agricultores, con una superficie productiva equivalente a no más de 12 ha físicas de suelo agrícola de riego de primera calidad del valle central de

Chile, con un patrimonio menor a US\$ 110 000 y que sus ingresos provengan, principalmente, de la actividad agropecuaria.

El clima de la zona en estudio es del tipo mediterráneo marino, con inviernos suaves, heladas ocasionales, temperatura media anual de 13 a 14 °C, con una máxima media del mes más cálido (enero) de 29 °C (secano interior) y

24 °C (secano costero), lluvias anuales de 700 a 850 mm, siendo los meses más lluviosos junio y julio. La estación seca se produce de octubre a marzo inclusive (Novoa y Villaseca, 1989). Por otra parte, los suelos del secano costero corresponden a suelos derivados de sedimentos marinos micáceos, en tanto que los suelos del secano interior son, en general, de origen granítico o granodorítico (Stolpe, 2006). Los suelos de ambos sectores están, en su mayoría, degradados por erosión hídrica, con pérdidas de suelo de 60 a 80 cm de profundidad.

El objetivo del estudio fue realizar un análisis económico y determinar el impacto de los subsidios y préstamos estatales en sesenta microproyectos de riego ejecutados en sectores del secano costero e interior de la provincia de Ñuble, en la región del Bío-Bío, Chile.

## Materiales y métodos

La evaluación económica de los proyectos de riego se realizó utilizando el concepto de Flujo de Caja Neto (FCN), el cual representa la sumatoria algebraica de todos los flujos de caja realizados en un periodo de tiempo, usualmente anual (Blank y Tarquin, 2006). Luego, sobre la base de los FCN anuales de cada proyecto, se calcularon los indicadores de Valor Presente Neto (VPN) y Tasa Interna de Retorno (TIR).

El VPN se calcula mediante la suma de los FCN actualizados durante todo el tiempo de la ejecución del proyecto menos la inversión inicial requerida. La actualización se realiza a una tasa de interés que representa la rentabilidad mínima deseada para el proyecto (Blank y Tarquin, 2006). El VPN puede representarse como:

$$VPN_i = \sum_{t=1}^n \frac{FCN_t}{(1+i)^t} - I_0 \quad (1)$$

Donde  $VPN_i$  es el Valor Presente Neto calculado a la tasa de interés  $i$ ;  $FCN_t$  es el flujo de caja neto para el año  $t$ ;  $i$  es la tasa de interés

anual;  $I_0$  es la inversión inicial del proyecto, y  $t$  es el año (desde 1 a  $n$ ).

La TIR es la tasa de interés por periodo, generalmente anual, que hace que el  $VPN_{TIR}$  asuma el valor cero (Blank y Tarquin, 2006). Este indicador representa la rentabilidad esperada por la ejecución del proyecto. Luego, la TIR puede expresarse como:

$$\sum_{t=1}^n \frac{FCN_t}{(1+i)^t} - I_0 = 0 \quad (2)$$

Cada proyecto fue evaluado de dos formas distintas: la primera evaluación consideró que el agricultor dispone de capital propio requerido para ejecutar el proyecto (evaluación de proyecto puro), en tanto que la segunda forma consideró el uso de los subsidios y préstamos que entrega el Estado de Chile como apoyo para los proyectos de riego (evaluación de proyecto financiado). La evaluación del proyecto financiado consideró la obtención de un subsidio de INDAP, equivalente al 75% del costo total del proyecto de riego y un crédito complementario por el restante 25% a devolver, este último, en cuatro cuotas anuales iguales con una tasa de interés del 12% real anual. La tasa de interés utilizada para la evaluación fue del 10% real anual. El nivel de precios utilizado para las evaluaciones (inversiones, costos y precios de ventas) correspondió al vigente al momento de postular los proyectos al financiamiento público, actualizándolos conforme a la inflación nacional y convertidos a dólares norteamericanos, utilizando la paridad de US\$1 = Ch\$649.0 (promedio a diciembre de 2008).

Supuestos para la evaluación económica:

1. La inversión inicial total de los proyectos consideró ítems por concepto de plantas, establecimiento de cultivos, cercos, inversión inicial en el sistema de riego (diseño, materiales e instalación del sistema), costo del terreno estimado a partir de va-

lores aportados por tasadores expertos y los mismos propietarios. Las inversiones requeridas son las consideradas en los proyectos al momento en que fueron postulados a financiamiento.

2. El valor residual del terreno fue estimado igual a su costo inicial, ya que de acuerdo con el Servicio de Impuestos Internos de Chile (SII), este tipo de bienes no es afectado por la depreciación (SII, 2002). El valor residual de los activos depreciables se estimó a partir del valor remanente de estos, considerando la vida útil establecida por el SII (2002) y depreciación lineal (Blank y Tarquin, 2006).
3. Los FCN se calcularon para periodos anuales. Los ingresos se estimaron por la venta de los productos y el volumen de producción al nivel esperable del cultivo para la zona, sólo en el momento en que éste alcanzaba su madurez.
4. Los costos considerados fueron los asociados con los cultivos (insumos y mano de obra) y los relacionados con el sistema de riego (operación, mantenimiento y reparación). Respecto de los costos asociados con los sistemas de riego, se consideró un 2% de la inversión inicial para mantenimiento y reparación, en tanto que la operación consideró las necesidades de mano de obra de cada sistema implementado.
5. Dado el valor del patrimonio de los agricultores y su nivel de ingresos, estos se encuentran exentos de pago de impuestos a la renta y de bienes raíces.

Por otra parte, con el fin de analizar el efecto de los subsidios estatales, los proyectos fueron agrupados por:

1. Categoría de superficie:
  - Categoría I. Proyectos con superficies de hasta 0.15 ha.
  - Categoría II. Proyectos con superficies de más de 0.15 ha hasta 0.30 ha.
  - Categoría III. Proyectos con superficies de más de 0.30 ha hasta 0.45 ha.
  - Categoría IV. Proyectos con superficies de más de 0.45 ha.
2. Tipo de cultivo: damasco (*Prunus armeniaca*), membrillo (*Cydonia oblonga*), olivo (*Olea europea*), papayo (*Carica papaya*), tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill), viña (*Vitis vinifera*).

Para cada categoría y cultivo se determinó el número de proyectos de riego, el promedio de superficie cultivada, inversión inicial en riego y su valor equivalente por hectárea, porcentaje de la inversión inicial requerida en riego respecto de la inversión total del proyecto,  $VPN_{i\%}$  total, TIR y  $VPN_i$  por unidad de área. Por otra parte, dado que se utilizaron datos para los cuales no se realizó un diseño experimental a priori, se aplicó el test estadístico de Scheffé ( $p \leq 0.05$ ) para verificar la existencia de diferencias significativas entre los valores medios obtenidos (Kuehl, 2001).

## Resultados y discusión

Del cuadro 1 se deduce que la superficie total cultivada en los sesenta microproyectos es de 10.07 ha, con un mínimo de 180 m<sup>2</sup> y un máximo de 7 000 m<sup>2</sup>. La inversión total de los sesenta proyectos llega a MUS\$267, mientras que la inversión en riego asciende a MUS\$136, lo que representa alrededor del 50% de la inversión total de los proyectos, con un mínimo del 19% y un máximo de 87% en los distintos proyectos. El mayor número de proyectos (18) corresponde a damascos, frutal mayor que se desarrolla al aire libre, por lo que su fecha de cosecha es más tardía que para la zona norte del país, lo que implica precios de venta más bajos. El segundo lugar por número de proyectos (15) corresponde a tomates, que en su totalidad son cultivados en invernaderos de 180 m<sup>2</sup>, con lo cual pueden tener mejores precios por cosecha temprana. El tercer lugar lo ocupan los papayos (12 proyectos), cuyos requerimientos térmicos se cumplen en el sector costero, siendo un producto altamente

Cuadro 1. Superficie, cultivo, inversión inicial en el sistema de riego y total, valor presente neto (VPN) y tasa interna de retorno (TIR) financiado con capital propio (puro) y aporte estatal (financiado) en sesenta microproyectos de riego.

Número	Superficie (m <sup>2</sup> )	Nombre cultivo	Inversión inicial (US\$)		VPN <sub>10%</sub> (US\$)		TIR (%)	
			En riego	Total	Puro	Financiado	Puro	Financiado
01	840	Membrillo	2 013	2 905	1 295	2 786	15.2	28.0
02	855	Membrillo	2 013	2 939	1 335	2 822	15.3	27.9
03	756	Membrillo	2 049	2 840	955	2 472	14.1	27.5
04	900	Membrillo	2 131	3 080	1 421	2 997	15.4	28.2
05	1 785	Membrillo	2 721	4 277	4 550	6 562	20.8	33.1
06	975	Membrillo	1 981	2 975	1 880	3 344	17.1	29.5
07	1 055	Membrillo	2 218	3 250	2 006	3 648	19.9	29.8
08	800	Membrillo	1 630	2 502	1 480	2 686	16.7	28.6
09	1 063	Papayo	2 393	5 995	3 628	5 399	20.5	31.2
10	4 270	Papayo	3 421	15 630	21 805	24 336	32.1	38.7
11	3 285	Papayo	2 984	13 111	15 854	18 061	29.5	36.1
12	1 280	Papayo	889	4 722	6 463	7 121	31.9	37.4
13	731	Papayo	2 340	4 621	2 078	3 810	18.0	32.1
14	1 042	Papayo	2 309	5 826	3 605	5 313	20.8	31.4
15	897	Papayo	2 377	5 463	2 710	4 477	18.8	30.3
16	760	Papayo	2 332	4 738	2 207	3 932	18.3	31.9
17	1 300	Papayo	2 503	6 386	5 244	7 094	23.9	35.3
18	3 614	Papayo	2 320	12 482	19 062	20 781	33.9	39.6
19	2 500	Papayo	2 125	9 305	12 606	14 175	31.6	38.5
20	950	Papayo	3 554	6 477	2 310	4 940	16.4	31.7
21	180	Tomate	2 855	3 381	1 219	3 331	17.0	86.5
22	180	Tomate	2 511	3 038	1 540	3 397	19.7	92.7
23	180	Tomate	2 511	3 038	1 540	3 397	19.7	92.7
24	180	Tomate	2 477	3 003	1 570	3 403	20.1	93.4
25	180	Tomate	2 968	3 494	1 110	3 308	16.2	84.5
26	180	Tomate	3 653	4 179	473	3 172	12.2	73.1
27	180	Tomate	2 477	3 003	1 570	3 403	20.1	93.4
28	180	Tomate	2 626	3 152	1 431	3 374	18.8	90.7
29	180	Tomate	2 740	3 266	1 325	3 351	17.8	88.6
30	180	Tomate	2 626	3 152	1 431	3 374	18.8	90.7
31	180	Tomate	627	1 153	3 301	3 275	62.2	99.8
32	180	Tomate	616	1 122	3 314	3 288	64.1	100.6
33	180	Tomate	616	1 142	3 314	3 288	62.9	100.6
34	180	Tomate	596	1 142	3 331	3 308	62.9	101.9
35	180	Tomate	627	1 153	3 301	3 278	62.2	99.9
36	2 000	Damascos	1 812	3 186	1 041	2 382	14.1	23.3
37	1 800	Damascos	1 857	3 106	714	2 085	12.9	22.7
38	1 800	Damascos	2 701	3 951	-76	1 920	9.7	20.9
39	1 800	Damascos	2 360	3 610	241	1 986	10.9	21.0
40	1 653	Damascos	1 973	3 190	433	1 890	11.8	21.8

Cuadro 1 (continuación). Superficie, cultivo, inversión inicial en el sistema de riego y total, valor presente neto (VPN) y tasa interna de retorno (TIR) financiado con capital propio (puro) y aporte estatal (financiado) en sesenta microproyectos de riego.

Número	Superficie (m <sup>2</sup> )	Nombre cultivo	Inversión inicial (US\$)		VPN <sub>10%</sub> (US\$)		TIR (%)	
			En riego	Total	Puro	Financiado	Puro	Financiado
41	1 200	Damascos	2 267	3 218	-605	1 071	7.2	18.2
42	2 000	Damascos	1 956	3 329	905	2 353	13.4	23.0
43	1 800	Damascos	1 829	3 079	740	2 092	13.1	22.7
44	2 000	Damascos	1 802	3 176	1 051	2 382	14.1	23.4
45	1 800	Damascos	1 961	3 210	615	2 065	12.5	22.4
46	4 500	Damascos	2 383	4 947	4 454	6 219	19.7	27.8
47	2 000	Damascos	2 071	3 445	800	2 330	13.0	22.8
48	1 600	Damascos	2 258	3 435	0	1 669	10.0	20.5
49	1 400	Damascos	2 856	3 882	-819	1 292	6.9	18.5
50	2 000	Damascos	2 029	3 402	839	2 339	13.1	22.9
51	2 000	Damascos	2 170	3 544	707	2 313	12.6	22.6
52	2 000	Damascos	1 962	3 336	902	2 353	13.4	23.0
53	1 400	Damascos	1 888	2 914	86	1 480	10.4	20.8
54	7 000	Viñas	4 227	10 522	4 728	7 854	16.8	24.8
55	5 000	Viñas	3 563	8 202	2 726	5 363	15.1	23.7
56	3 000	Viñas	1 246	4 248	2 250	3 172	17.9	23.5
57	5 000	Olivos	3 639	6 580	24 501	27 194	40.3	57.3
58	5 000	Olivos	2 278	5 219	25 773	27 459	46.1	59.1
59	3 600	Olivos	2 826	5 767	25 261	27 353	43.5	58.4
60	5 000	Olivos	3 517	6 458	24 617	27 217	40.7	57.4
Total	100 711		136 260	266 898	264 148	362 533	22.7*	45.6*

\*: los valores totales de TIR son el promedio de los sesenta proyectos.

Fuente: elaboración propia a partir de Venegas (2001).

demandado para consumo en conserva y mermelada. El VPN<sub>10%</sub> agregado de los sesenta proyectos es positivo e incrementa su valor en un 37%, al utilizar los préstamos y subsidios estatales, mientras que, por efecto del mismo tipo de financiamiento, la TIR aumenta su valor promedio de un 22.7 a un 45.6% real anual.

El cuadro 2 muestra que los proyectos en la categoría I tienen una superficie promedio de 633 m<sup>2</sup>, con el mayor valor de inversión inicial en riego promedio equivalente por hectárea (63 818 US\$\*ha<sup>-1</sup>), significativamente mayor a los encontrados en las demás categorías. Se aprecia también que, aunque existen diferencias significativas en los promedios

de las superficies de los proyectos en las distintas categorías, esto no se traduce en diferencias significativas en el promedio de la inversión inicial en riego para las tres primeras categorías. En efecto, resulta similar la inversión inicial en riego para superficies de 0.06 hasta 0.4 ha, lo que implica la existencia de economías de escala en los proyectos de riego. Lo anterior, asociado con la superficie de cada proyecto, provoca una diferencia significativa de la inversión inicial en riego equivalente por hectárea en la categoría I respecto de las demás. Adicionalmente, se puede señalar que, en general, a medida que aumenta la superficie cultivada disminuye la proporción que representa la inversión en el

Cuadro 2. Valores promedio de superficie, inversión inicial total y equivalente por hectárea en sistemas de riego, proporción de la inversión en riego respecto de la inversión total realizada en sesenta proyectos de riego agrupados por categoría de superficie.

Categoría (ha)		Valores promedio por categoría			
		Superficie (m <sup>2</sup> )	Inversión inicial en riego		
			Por proyecto (US\$)	Equivalente por hectárea (US\$*ha <sup>-1</sup> )	Porcentaje de inversión en riego respecto del total del proyecto (%)
I	( ≤ 0.15 )	633 <sup>d</sup>	2 129 <sup>b</sup>	63 818 <sup>a</sup>	64.6 <sup>a</sup>
II	( > 0.15 – ≤ 0.30 )	1 973 <sup>c</sup>	2 049 <sup>b</sup>	10 733 <sup>b</sup>	57.0 <sup>a</sup>
III	( > 0.30 – ≤ 0.45 )	3 854 <sup>b</sup>	2 787 <sup>a,b</sup>	7 332 <sup>b</sup>	32.1 <sup>b</sup>
IV	( > 0.45 )	5 400 <sup>a</sup>	3 445 <sup>a</sup>	6 407 <sup>b</sup>	47.4 <sup>a,b</sup>

Nota: letras distintas por columnas indican diferencias significativas, test de Scheffé ( $p \leq 0.05$ ).

sistema de riego respecto de la inversión total requerida para ejecutar el proyecto. Asimismo, todos los valores de inversión inicial en riego equivalente por hectárea mostrados en el cuadro 2 son mayores a los 3 873 US\$\*ha<sup>-1</sup> obtenidos por Carreño (2000) para un sistema de riego por goteo en 7.6 ha de manzano en el valle central de Chile, o bien, que los US\$2 244 por hectárea en riego por goteo en 1.6 ha de olivos en Turquía (Çetin *et al.*, 2004). Los resultados verifican la existencia de economías de escala en la inversión inicial en sistemas de riego de mayor superficie.

En el cuadro 3 se puede apreciar que los proyectos para cultivos con mayor superficie (olivo y viña) corresponden también a los cultivos en que se desarrolló el menor número de proyectos (cuadro 1). Por otra parte, a pesar de que existen diferencias significativas en las superficies promedio para los distintos cultivos, esto no se reflejó en diferencias significativas en los montos de la inversión inicial en riego. En este mismo sentido, se aprecia también que, en general, en los cultivos con mayor superficie promedio, la proporción del total de la inversión inicial que representa la inversión en riego tiende a disminuir. Adicionalmente, la mayor inversión inicial en riego equivalente por hectárea y mayor proporción de la inversión en riego respecto del total se presenta en el cultivo de tomate en

invernadero, el cual tiene la menor superficie cultivada promedio por proyecto.

En el cuadro 4 se aprecia que existen diferencias significativas en el valor de  $VPN_{10\%}$  tanto de proyecto puro como financiado entre las categorías de menor superficie (I y II) respecto de las categorías con mayor superficie (III y IV). Sin embargo, el financiamiento estatal sólo provoca un aumento significativo en el valor del  $VPN_{10\%}$  en la categoría I, ya que para las demás categorías, el aumento de este indicador no alcanza a ser estadísticamente significativo. Adicionalmente, aunque el valor de la TIR de proyecto puro resulta mayor en los proyectos de mayor superficie, éste no llega a ser estadísticamente diferente. Sin embargo, el hecho de que el subsidio estatal provoque aumentos significativos de este indicador sólo en los proyectos de menor superficie, verifica la importancia del efecto del financiamiento público en los microproyectos de riego. Asimismo, el mayor valor promedio de TIR para proyecto financiado en la categoría I está influenciado por el cultivo de tomates, que obtienen mejores precios por cosecha temprana, en tanto que el menor valor de TIR en la categoría II está influenciado por los proyectos dedicados al damasco, los cuales tienen menores precios por su cosecha tardía, respecto del norte del país.

Cuadro 3. Valores promedio de superficie, inversión inicial total y equivalente por hectárea en sistemas de riego, proporción de la inversión en riego respecto de la inversión total realizada en sesenta proyectos de riego agrupados por tipo de cultivo.

Cultivo	Valores promedio por cultivo			
	Superficie (m <sup>2</sup> )	Inversión inicial en riego		
		Por proyecto (US\$)	Equivalente por hectárea (US\$*ha <sup>-1</sup> )	Porcentaje de inversión en riego respecto del total del proyecto (%)
Damasco	1 931 <sup>b</sup>	2 119 <sup>a</sup>	11 812 <sup>b</sup>	61.7 <sup>a,b</sup>
Membrillo	996 <sup>b,c</sup>	2 095 <sup>a</sup>	21 906 <sup>b</sup>	67.8 <sup>a,b</sup>
Olivo	4 650 <sup>a</sup>	3 065 <sup>a</sup>	6 680 <sup>b</sup>	50.6 <sup>b,c</sup>
Papayo	1 808 <sup>b</sup>	2 462 <sup>a</sup>	19 123 <sup>b</sup>	35.2 <sup>c</sup>
Tomate	180 <sup>c</sup>	2 035 <sup>a</sup>	113 050 <sup>a</sup>	73.8 <sup>a</sup>
Viña	5 000 <sup>a</sup>	3 012 <sup>a</sup>	5 773 <sup>b</sup>	37.7 <sup>c</sup>

Nota: letras distintas por columnas indican diferencias significativas, test de Scheffé ( $p \leq 0.05$ ).

Cuadro 4. Valor Presente Neto evaluado al 10% real anual (VPN<sub>10%</sub>), Tasa Interna de Retorno (TIR) y VPN<sub>10%</sub> por unidad de área, promedio de sesenta proyectos de riego financiados con capital propio (puro) y aporte estatal (financiado), agrupados por categoría de superficie.

Categoría (ha)		VPN <sub>10%</sub> promedio (US\$)		TIR promedio (% real anual)		VPN <sub>10%</sub> promedio (US\$ ha <sup>-1</sup> )	
		Proyecto puro	Proyecto financiado	Proyecto puro	Proyecto financiado	Proyecto puro	Proyecto financiado
I	( $\leq 0.15$ )	2 032 <sup>b,2</sup>	3 534 <sup>b,1</sup>	24.3 <sup>a,2</sup>	57.8 <sup>a,1</sup>	61 555 <sup>a,2</sup>	104 720 <sup>a,1</sup>
II	(> 0.15 – $\leq 0.30$ )	1 666 <sup>b,1</sup>	3 181 <sup>b,1</sup>	14.4 <sup>a,2</sup>	24.0 <sup>b,1</sup>	7 628 <sup>b,1</sup>	15 561 <sup>b,1</sup>
III	(> 0.30 – $\leq 0.45$ )	17 287 <sup>a,1</sup>	19 350 <sup>a,1</sup>	31.7 <sup>a,1</sup>	40.1 <sup>a,b,1</sup>	46 428 <sup>a,b,1</sup>	51 855 <sup>a,b,1</sup>
IV	(> 0.45)	16 469 <sup>a,1</sup>	19 017 <sup>a,1</sup>	31.8 <sup>a,1</sup>	44.5 <sup>a,b,1</sup>	32 398 <sup>a,b,1</sup>	37 137 <sup>a,b,1</sup>

Nota: letras distintas por columnas indican diferencias significativas entre categorías, test de Scheffé ( $p \leq 0.05$ ). Números diferentes en cada categoría para valores de VPN<sub>10%</sub> promedio, TIR promedio y VPN<sub>10%</sub> promedio por unidad de área indican diferencias significativas entre proyecto puro y financiado, test de Scheffé ( $p \leq 0.05$ ).

Por otra parte, el cuadro 4 muestra que el valor del VPN<sub>10%</sub> por unidad de área para la categoría II tiene menores valores en ambos tipos de evaluación (pura y financiada), con diferencias significativas respecto de la categoría I, que logra el mayor valor, situación explicada por los cultivos predominantes en ambas categorías: damascos y tomates, respectivamente. En cuanto al efecto del financiamiento, se logra un aumento significativo sólo en la categoría I, lo cual ratifica también el efecto positivo del financiamiento estatal.

El cuadro 5 muestra que el VPN<sub>10%</sub> del proyecto puro y financiado del damasco tiene el menor valor de estos indicadores, pero no se diferencia estadísticamente de los cultivos de membrillo, tomate y viña. Sin embargo, se aprecian diferencias significativas con los cultivos de olivo y papayo. Adicionalmente, el cuadro 5 muestra que el subsidio estatal a la inversión en riego provoca un aumento en el valor del VPN<sub>10%</sub> en todos los cultivos, pero éste no alcanza a ser estadísticamente significativo en las viñas y papayos. Por otra parte, al considerar el valor promedio

Cuadro 5. Valor Presente Neto evaluado al 10% real anual ( $VPN_{10\%}$ ), Tasa Interna de Retorno (TIR) y  $VPN_{10\%}$  por unidad de área, promedio de sesenta proyectos de riego financiados con capital propio (puro) y aporte estatal (financiado), agrupados por cultivo.

Cultivo	$VPN_{10\%}$ promedio (US\$)		TIR promedio (% real anual)		$VPN_{10\%}$ promedio (US\$ ha <sup>-1</sup> )	
	Proyecto puro	Proyecto financiado	Proyecto puro	Proyecto financiado	Proyecto puro	Proyecto financiado
Damasco	668 <sup>c2</sup>	2 234 <sup>c1</sup>	12.2 <sup>c2</sup>	22.1 <sup>e1</sup>	2 549 <sup>b2</sup>	11 280 <sup>d1</sup>
Membrillo	1 865 <sup>c2</sup>	3 415 <sup>c1</sup>	16.8 <sup>b c2</sup>	29.1 <sup>c d1</sup>	17 718 <sup>b2</sup>	33 922 <sup>c1</sup>
Olivo	25 038 <sup>a2</sup>	27 306 <sup>a1</sup>	42.7 <sup>a2</sup>	58.1 <sup>b1</sup>	54 988 <sup>a b1</sup>	59 930 <sup>b1</sup>
Papayo	8 131 <sup>b1</sup>	9 953 <sup>b1</sup>	24.6 <sup>a b c2</sup>	34.5 <sup>c1</sup>	39 504 <sup>b2</sup>	53 661 <sup>b1</sup>
Tomate	1 985 <sup>c2</sup>	3 330 <sup>c1</sup>	33.0 <sup>a b2</sup>	92.6 <sup>a1</sup>	110 253 <sup>a2</sup>	184 979 <sup>a1</sup>
Viña	3 235 <sup>b c1</sup>	5 463 <sup>b c1</sup>	16.6 <sup>b c2</sup>	24.0 <sup>d e1</sup>	6 569 <sup>b2</sup>	10 840 <sup>d1</sup>

Nota: letras distintas por columnas indican diferencias significativas entre cultivos, test de Scheffé ( $p \leq 0.05$ ). Números diferentes en cada cultivo para valores de  $VPN_{10\%}$  promedio, TIR promedio y  $VPN_{10\%}$  promedio por unidad de área indican diferencias significativas entre proyecto puro y financiado, test de Scheffé ( $p \leq 0.05$ ).

de la TIR del proyecto puro, se aprecia que el cultivo más rentable continúa siendo el olivo, pero los cultivos de papayo y tomate logran una rentabilidad estadísticamente similar. Asimismo, al considerar el efecto en la TIR por el aporte del Estado, se aprecian aumentos estadísticamente significativos en todos los cultivos, correspondiendo el mayor incremento al tomate, que llega a ser el cultivo con mayor TIR de proyecto financiado, lo cual refuerza el impacto del subsidio a la inversión inicial. Finalmente, al considerar el valor de  $VPN_{10\%}$  por hectárea, se aprecia que, excepto por el olivo, los demás tienen incrementos significativos debidos al financiamiento estatal, pero sigue siendo el tomate el que logra mayor valor, lo cual se explica por el uso intensivo de la superficie dedicada a este cultivo y por los mejores precios factibles de obtener por su cosecha temprana.

## Conclusiones

La inversión inicial requerida en riego, promedio por rango de superficie, en los sesenta microproyectos analizados oscila entre los US\$2 000 y US\$3 500 por proyecto, en tanto que el valor equivalente por hectárea varía entre los US\$6 400 y US\$63 800, lo que representa

un alto costo, comparado con proyectos de riego de mayor superficie y que se explica por la existencia de economías de escala en estos tipos de proyectos.

El  $VPN_{10\%}$  agregado de los sesenta proyectos es positivo e incrementa su valor en un 37%, al utilizar préstamos y subsidios estatales; mientras que, por efecto del mismo tipo de financiamiento, la TIR aumenta su valor promedio de un 22.7 a un 45.6% real anual.

Los mayores impactos del financiamiento estatal se aprecian en los proyectos con menor superficie. Lo anterior, sin descartar la importancia de la adecuada selección del cultivo a desarrollar.

Recibido: 20/08/09  
Aprobado: 03/03/11

## Referencias

- BIBLIOTECA CONGRESO NACIONAL. Sistema Integrado de Información Territorial (SIIT) [en línea], 2007, citado el 10 de marzo de 2009. Disponible en *World Wide Web*: <http://www.bcn.cl/siit/regiones/index.html>.
- BLANK, L.T. y TARQUIN, A.J. *Ingeniería Económica*. Sexta edición. México D.F.: McGraw-Hill, 2006, 816 pp.
- CARREÑO, S. *Evaluación económica y comparación de tres métodos de riego para 7,6 hectáreas de manzano (Malus domestica) en la Sexta Región*. Proyecto de Título Ingeniero

- Civil Agrícola. Chillán. Chile: Facultad de Ingeniería Agrícola, Universidad de Concepción, 2000.
- CARTER, R.C. The development of small-scale irrigation in Sub-Saharan Africa. *Public Administration and Development*. Vol. 9, 1989, pp. 543-555.
- ÇETIN, B., YAZGAN, S., and TIPI, T. Economics of drip irrigation of olives in Turkey. *Agricultural Water Management*. Vol. 66, 2004, pp. 145-151.
- INE. *VII Censo Nacional Agropecuario* [en línea], Instituto Nacional de Estadísticas, 2007, citado el 2 de diciembre de 2008. Disponible en *World Wide Web*: [http://www.ine.cl/canales/chile\\_estadistico/censos\\_agropecuarios/censo\\_agropecuario\\_07.php](http://www.ine.cl/canales/chile_estadistico/censos_agropecuarios/censo_agropecuario_07.php).
- KUEHL, R. *Diseño de experimentos*. 2ª edición. México D.F.: International Thomson Editores S.A., 2001, 666 pp.
- MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS-DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS. *Política nacional de recursos hídricos*. Santiago, Chile: Ministerio de Obras Públicas, Dirección General de Aguas, 1999, 58 pp.
- NOVOA, R. y VILLASECA, S. *Mapa Agroclimático de Chile*. Santiago. Chile: Instituto de Investigaciones Agropecuarias, 1989, 221 pp.
- SII. *Resolución exenta núm. 43 fija vida útil normal a los bienes físicos del activo inmovilizado para los efectos de su depreciación* [en línea], 2002, citado el 2 de diciembre de 2008, Servicio de Impuesto Internos. Disponible en *World Wide Web*: <http://www.sii.cl/documentos/resoluciones/2002/reso43.htm>.
- STOLPE, N. *Descripciones de los principales suelos de la VIII Región de Chile*. Concepción, Chile: Publicaciones del Departamento de Suelos y Recursos Naturales de la Universidad de Concepción, Universidad de Concepción, 2006, 84 pp.
- VENEGAS, C. *Evaluación económica de 60 microproyectos de riego en las comunas de Ñihue, Quirihue y Cobquecura, Ñuble, VIII Región*. Proyecto de Título Ingeniero Civil Agrícola. Chillán, Chile: Facultad de Ingeniería Agrícola, Universidad de Concepción, 2001, 166 pp.

## Abstract

LÓPEZ-ROUDERGUE, M.A., JARA-RAMÍREZ, J.C. & VENEGAS-VILLANUEVA, C.A. *Economic evaluation of 60 irrigation micro-projects in the Ñuble province, Chile. Water Technology and Sciences (in Spanish). Vol. II, No. 4, October-December, 2011, pp. 25-35.*

*Sixty irrigation micro-projects were economically evaluated —with areas from 180 m<sup>2</sup> to 7 000 m<sup>2</sup>, and a total of 10.07 hectares— in three municipalities in Ñuble province, in the Bio-Bio Region of Chile. The purpose of this evaluation is to determine the impact of loans and state subsidies on the projects' profitability. The projects were grouped by area and type of crop. The following were determined for each group: the number of projects, average area, initial investment in the irrigation project, investment per hectare and the irrigation investment as a proportion of the total. The economic evaluation of each project was carried out considering the use of the project's own capital and, alternatively, financing through loans and state subsidies. The economic indicators calculated were Current Net Value (CNV<sub>10%</sub>) per project and per hectare, and Internal Rate of Return (IRR). The main results indicate that the initial average investment (by surface area range) in the irrigation systems ranges between US\$2 000 and US\$3 500 per project and between US\$6 400 and US\$63 800 per hectare. In addition, the economic evaluations indicate that the value of the combined CNV<sub>10%</sub> for the 60 projects increased 37% and the average real annual IRR increased from 22.7% to 45.8% when using state financing instead of a project's own capital. This result demonstrates the positive impact of state subsidies on irrigation micro-projects.*

**Keywords:** irrigation projects, rural development, CNV, IRR.

## Dirección institucional de los autores

M.C. Marco A. López Roudergue  
Ing. Jorge C. Jara Ramírez  
Ing. Claudio A. Venegas Villanueva

Facultad de Ingeniería Agrícola  
Universidad de Concepción-Campus Chillán  
Casilla 537, Chillán, CHILE  
Teléfono: +56 (42) 208 797  
Fax: +56 (42) 275 303  
malopez@udec.cl  
jcjara@udec.cl  
cvenegasvv@gmail.com