



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

**Gestión del agua regulada por una presa: El precio del agua como instrumento de planificación y financiamiento para la modernización de los sistemas de irrigación.**

**Raúl Jorge Rosa**

**Dirigida por:**

**Dra. Marta García Molla  
Dr. Santiago Urbiztondo**

**Depositado en Noviembre del 2016**

*A mí querida mamá, mi mejor ejemplo... Gracias!*

### ***Agradecimientos***

A Marta García Mollá, Santiago Urbiztondo, Ana Legatto, Lorenzo Avellá Reus, Elena Meliá Martí, Candela Sombra, Emanuel Gomez, Augusto Vicente, Mariano Montenegro, Federico Montenegro, Juan Pablo Zamora, Walter Diaz Benetti, Mario Gonzalez Diez, José M. Cornejo, Lucio Malizia, Alfredo A. Maldonado, Juan A. Barbarich, Magdalena Perez, Karina Domenech, Universidad Nacional de Jujuy (Mario Bonillo, Jorge Schimpf, Valeria Hamity), INTA (Fernando Gonzalez Aubone, Daniel Prieto), Consorcio de Riego Valle de Pericos y el Consorcio de Riego del Canal de Chaguaral, Unión de Cañeros Independientes de Jujuy y Salta, Alex Murphy de Ingenio La Esperanza, Ingenio Río Grande-La Mendieta, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la UNLP (Daniel Scatturice, Guillermo Hang, Curso de Administración Agraria UNLP), Facultad de Ciencias Económicas UNLP (Rogelio Simonato, Eduardo Scarano), Autoridades de la Universidad Nacional de La Plata (Raúl Perdomo, Marcelo Otaño, Enriqueta Della Rosa, Maria Cecilia Lorenzetti), Recursos Hídricos de la provincia de Jujuy, BID (Banco Interamericano de Desarrollo), Universidad Politécnica de Valencia, Fernando Zárate, a mi hermana, mi padre, mi hija, mi novia, y mis amigos.

<b>1. RESÚMENES</b> .....	<b>12</b>
1.1. En Castellano.....	12
1.2. En Valenciano.....	13
1.3. En Inglés .....	14
<b>2. CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN.</b> .....	<b>15</b>
2.1. <b>Diseño de la investigación</b> .....	<b>15</b>
2.1.1 Descripción del problema y alternativas de solución.....	15
2.1.2 Objetivos.....	16
2.2. <b>Metodología de la investigación.</b> .....	<b>17</b>
2.2.1 Metodología general de la investigación.....	17
2.2.2 Síntesis gráfica de la investigación .....	17
2.3. <b>Estructura de la tesis</b> .....	<b>18</b>
2.4. <b>Importancia de la investigación y descripción del aporte</b> .....	<b>19</b>
<b>3. CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO.</b> .....	<b>20</b>
3.1. <b>Los recursos naturales en el pensamiento económico. Breve reseña.</b> .....	<b>20</b>
3.1.1 Paradigma .....	20
3.1.2 Teoría general .....	21
3.1.3 Teoría sustantiva .....	23
3.1.3.1 Introducción.....	23
3.1.3.2 Los derechos de propiedad y los bienes públicos. ....	26
3.1.3.3 Nueva Economía Institucional.....	27
3.1.3.4 Visión integrada para la gestión del agua .....	29
3.2. <b>Gestión de los recursos hídricos.</b> .....	<b>31</b>
3.2.1 Introducción. ....	31
3.2.2 Caracterización de las fases en la economía del agua.....	31
3.2.3 El precio del agua.....	32
3.2.4 La modernización de regadíos .....	38
3.2.4.1 Introducción.....	38
3.2.4.2 Factores de adopción .....	40
3.2.4.3 El debate sobre la modernización y la eficiencia en el uso del agua .....	42
3.2.4.4 Experiencias en distintos países. Resultados y evaluación de la modernización. ....	44
3.2.5 Los mercados de agua.....	48
3.2.5.1 Introducción.....	48
3.2.5.2 El modelo chileno de mercados de agua.....	49
3.2.6 Política de subsidios.....	51
<b>4. CAPÍTULO 3: CARACTERIZACIÓN DEL SISTEMA ESTUDIADO.</b> .....	<b>53</b>
4.1. <b>La política de aguas en Argentina</b> .....	<b>53</b>
4.1.1 Contexto en que se desarrolla la Política Hídrica.....	53
4.1.2 La Planificación Hídrica Federal .....	56
4.2. <b>Los sistemas de riego en Argentina</b> .....	<b>57</b>
4.2.1 Introducción y prospectiva hídrica.....	57
4.2.2 El regadío en Argentina. ....	58

<b>4.3.</b>	<b>Descripción del área de estudio.....</b>	<b>60</b>
4.3.1	Introducción .....	60
4.3.2	Características de la provincia de Jujuy.....	60
4.3.3	Descripción del área de estudio.....	61
<b>4.4.</b>	<b>Sistema actual de riego del Dique Las Maderas, Jujuy. ....</b>	<b>65</b>
4.4.1	Descripción .....	65
4.4.2	Aspectos legales y organizacionales. ....	69
<b>4.5.</b>	<b>Obra proyectada, canal Intervalles. ....</b>	<b>70</b>
4.5.1	Breve descripción.....	70
4.5.2	Escenario proyectado una vez construido el canal. ....	70
<b>5.</b>	<b>CAPÍTULO 4: DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>72</b>
<b>5.1.</b>	<b>Introducción. ....</b>	<b>72</b>
<b>5.2.</b>	<b>Alcances y limitaciones del trabajo de investigación. ....</b>	<b>73</b>
<b>5.3.</b>	<b>Objetivo 1: Abordaje sistémico del trabajo de investigación. ....</b>	<b>74</b>
5.3.1	Introducción.....	74
5.3.2	El precio del agua como instrumento para la gestión eficiente del agua.....	75
5.3.3	Cálculo de la curva inversa de demanda de agua.....	76
5.3.3.1	Introducción.....	76
5.3.3.2	El precio del agua como propuesta de solución.....	77
5.3.3.3	Modelo teórico.....	77
5.3.3.4	Aplicación Práctica.....	80
5.3.4	Estimación de la cantidad de agua liberada para su reasignación en la zona cedente.....	83
5.3.5	Estimación del monto máximo de recaudación anual para la creación de un fondo.....	84
5.3.6	Impacto de la nueva tarifa sobre los modelos de producción.....	86
<b>5.4.</b>	<b>Objetivo 2: Evidencia empírica .....</b>	<b>88</b>
5.4.1	Introducción.....	88
5.4.2	Metodología de la investigación de campo.....	88
5.4.2.1	Introducción.....	88
5.4.2.2	Entrevistas.....	89
5.4.2.2.1	Taller.....	89
5.4.2.2.2	Reunión con los Ingenios Azucareros y con Unión Cañeros Independientes de Salta y Jujuy..	89
5.4.2.2.3	Reunión con el Director de Recursos Hídricos de la Provincia de Jujuy.....	89
5.4.2.2.4	Consideraciones finales de las entrevistas realizadas.....	89
5.4.2.3	Encuesta a productores.....	90
5.4.2.4	Descripción de tipo de productor.....	90
<b>6.</b>	<b>CAPÍTULO 5: ANÁLISIS Y RESULTADOS. ....</b>	<b>93</b>
<b>6.1.</b>	<b>Introducción. ....</b>	<b>93</b>
6.1.1	Datos y variables.....	93
6.1.1.1	Datos.....	93
6.1.1.2	Las variables.....	93
6.1.2	Métodos estadísticos .....	94
6.1.2.1	Prueba para proporciones .....	94
6.1.2.2	Prueba de Ji cuadrado ( $\chi^2$ ) .....	95
6.1.2.3	Sistema de Ecuaciones Estructurales (SEM) .....	95
<b>6.2.</b>	<b>Contraste de hipótesis.....</b>	<b>97</b>
6.2.1	Introducción .....	97
6.2.2	Hipótesis 1 .....	98
6.2.2.1	Contraste de hipótesis 1 .....	98
6.2.2.2	Consideraciones sobre la hipótesis 1 .....	99

6.2.3	Hipótesis 2 .....	99
6.2.3.1	Contraste de hipótesis 2a: Aumento de rendimientos .....	99
6.2.3.2	Contraste de hipótesis 2b: Aumento de ingresos .....	100
6.2.3.3	Contraste de hipótesis 2c: Ahorro de costos .....	100
6.2.3.4	Contraste de hipótesis 2d: Ahorro en el consumo de agua .....	101
6.2.3.5	Contraste de hipótesis 2e: Modernización impacta sobre el ahorro de agua .....	101
6.2.3.6	Contraste de hipótesis 2f: Ahorro del trabajo .....	102
6.2.3.7	Consideraciones sobre la hipótesis 2 .....	102
6.2.4	Hipótesis 3 .....	103
6.2.4.1	Consideraciones sobre la hipótesis 3 .....	104
6.2.5	Hipótesis 4 .....	105
6.2.5.1	Hipótesis 4a .....	105
6.2.5.2	Hipótesis 4b .....	105
6.2.5.3	Hipótesis 4c .....	106
6.2.5.4	Consideraciones sobre la hipótesis 4 .....	107
6.2.6	Hipótesis 5 .....	107
6.2.6.1	Hipótesis 5a .....	107
6.2.6.2	Hipótesis 5b .....	107
6.2.6.3	Consideraciones sobre la hipótesis 5 .....	108
6.2.6.4	Confirmación estadística a partir del Modelo de Ecuaciones Estructurales. ....	108
6.2.6.4.1	El Modelo Gráfico .....	108
6.2.6.4.2	Sobre los supuestos y la estimación.....	109
6.2.6.4.3	Evaluación de la convergencia .....	110
6.2.6.4.4	Resultados del modelo .....	110
6.2.7	Hipótesis general.....	114
6.2.7.1	Encadenamiento lógico de las hipótesis. ....	114
<b>7.</b>	<b>CAPÍTULO 6: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES. ....</b>	<b>116</b>
<b>7.1.</b>	<b>    Discusión .....</b>	<b>116</b>
<b>7.2.</b>	<b>    Conclusión y limitaciones del estudio .....</b>	<b>119</b>
<b>8.</b>	<b>ANEXO 1: BALANCE HÍDRICO. ....</b>	<b>121</b>
<b>8.1.</b>	<b>    Introducción .....</b>	<b>121</b>
<b>8.2.</b>	<b>    Estimación de la demanda de agua.....</b>	<b>121</b>
8.2.1	Metodología y estimación.....	121
8.2.2	Datos Agroclimáticos.....	121
8.2.3	Uso de suelo.....	123
8.2.4	Cultivos evaluados.....	124
8.2.4.1	Tabaco .....	124
8.2.4.2	Caña de Azúcar.....	125
8.2.4.3	Horticultura.....	125
<b>8.3.</b>	<b>    Resultados de la modelación para estimar la demanda de agua.....</b>	<b>126</b>
8.3.1	Calculo de las demandas de agua. Introducción .....	126
8.3.2	Tabaco.....	126
8.3.3	Caña de Azúcar .....	129
8.3.4	Horticultura .....	134
8.3.4.1	Tomate.....	134
8.3.4.2	Choclo .....	135
<b>8.4.</b>	<b>    Consideraciones sobre la demanda de agua .....</b>	<b>136</b>
<b>8.5.</b>	<b>    Estimación de la oferta de agua .....</b>	<b>137</b>
<b>8.6.</b>	<b>    Balance de Agua de Riego para el Valle de Pericos. ....</b>	<b>137</b>

8.6.1	Introducción .....	137
8.6.2	Balance de Agua de Riego .....	137
8.6.3	Consideraciones desde el punto de vista de la reasignación física y temporal del recurso. ....	138
<b>9.</b>	<b>ANEXO 2: DETERMINACIÓN DEL VALOR ECONOMICO DEL AGUA...</b>	<b>140</b>
<b>9.1.</b>	<b>Introducción .....</b>	<b>140</b>
<b>9.2.</b>	<b>Márgenes brutos de los cultivos .....</b>	<b>140</b>
9.2.1	Margen Bruto de Tabaco.....	140
9.2.2	Margen Bruto de Caña de Azúcar.....	142
9.2.3	Margen Bruto de Maíz para Choclo.....	144
9.2.4	Margen Bruto de Maíz de cosecha en secano .....	145
9.2.5	Estimación del monto de tarifa segmentado por cultivo y tipo de sistema de riego .....	146
<b>10.</b>	<b>ANEXO 3: FORMULARIO DE LA ENCUESTA.....</b>	<b>148</b>
<b>11.</b>	<b>ANEXO 4: ESTADÍSTICO.....</b>	<b>153</b>
<b>12.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>154</b>

## INDICE DE ILUSTRACIONES.

Ilustración 1-1: Ciclo de la Investigación (Bunge 1969)	17
Ilustración 1-2: Esquema de la investigación	18
Ilustración 2-1: Diagrama del Valor Económico del Agua	34
Ilustración 3-1: Clima y Ecoregiones de la República Argentina. Fuente: Sistema Nacional de Información Hídrica y Ambiental	53
Ilustración 3-2: Consejos Hídricos Regionales (Fuente: COHIFE)	55
Ilustración 3-3: Distribución de la superficie irrigada. Fuente: UCAR/PROSAP 2013	59
Ilustración 3-4: Área de estudio en los Departamentos de El Carmen y San Pedro.	62
Ilustración 3-5: Valles de Perico y San Pedro y canal Intervalles.	63
Ilustración 3-6: Diagrama de funcionamiento del sistema. Fuente: Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios. Fuente: ATEC	67
Ilustración 3-7: Esquema zona cedente y receptora de caudales	68
Ilustración 4-1: Estimaciones del déficit debido a los distintos niveles de eficiencia global	83
Ilustración 5-1: Diagrama conceptual del encadenamiento lógico de hipótesis. Elaboración propia	97
Ilustración 5-2: Path Diagrama del modelo de Ecuaciones Estructurales.	108
Ilustración 5-3: Path diagrama resuelto.	113
Ilustración 7-1: Mapas de suelos	122
Ilustración 7-2: Datos de suelo requeridos por el Software Cropwat.	123
Ilustración 7-3: Uso del Suelo	123
Ilustración 7-4: Datos de Cultivo de tabaco	124
Ilustración 7-5: Dato de cultivos de caña de azúcar	125

## INDICE DE TABLAS.

Tabla 2-1: Características de las fases expansionista y madura. (Randall 1981) Adaptado por Fonseca (Fonseca 1999)	32
Tabla 3-1: Superficie por cultivo Valle de Perico	68
Tabla 3-2: Demanda Neta de agua de Tabaco en m <sup>3</sup> /mes.	69
Tabla 3-3: Demanda Neta de agua de Caña de Azúcar en m <sup>3</sup> /mes	69
Tabla 3-4: Situación de escasez para la situación con proyecto. Elaboración propia.	71
Tabla 4-1: Composición del valor total del agua. Fuente: Berkoff y Molle (2007)	76
Tabla 4-2: Volúmenes erogados al Valle de Perico año 2006-2010. Fuente: Consorcio de riego	80
Tabla 4-3: Resultados de la optimización para diferentes precios del agua.	80
Tabla 4-4: Resultados del ajuste del modelo y su comparación con la situación actual.	81
Tabla 4-5: Demanda cubierta por la reconversión tecnológica intrafinca. Valle de Perico	83
Tabla 4-6: Detalle de los montos pagados por los productores por la provisión de agua.	84
Tabla 4-7: Recaudación estimada a partir del aumento de la tarifa en AR\$	84
Tabla 4-8: Detalle de los montos adicionales recaudados para la creación del fondo expresado en U\$S85	
Tabla 4-9: Fondo para la reconversión tecnológica	85
Tabla 4-10: Modelo de Producción	87
Tabla 4-11: Rentabilidad financiera en tabaco por la reconversión en los sistemas de riego	87
Tabla 4-12: Rentabilidad financiera en caña por la reconversión de los sistemas de riego.	88
Tabla 4-13: Superficie total por rango de parcela. (CNA 2002)	91
Tabla 4-14: Porcentaje de establecimientos por superficie de riego permanente por zona	91
Tabla 4-15: Nivel educativo de la población encuestada	91
Tabla 4-16: Edad de la población encuestada	91
Tabla 4-17: Nivel de participación de los productores de la muestra encuestada.	92
Tabla 5-1: Variables del modelo SEM	94
Tabla 5-2: Prueba de hipótesis variable HabraAguaDico	98
Tabla 5-3: Prueba de hipótesis variable InvierteRiegoBin	99
Tabla 5-4: Tabla de contingencia para las variables AumentaRend e InvierirRiegoBin	100
Tabla 5-5: Tabla de contingencia para las variables AumentaRend e InvetirRiegoBin	100
Tabla 5-6: Tabla de contingencia para las variables BajaCostos e InvetirRiegoBin	101
Tabla 5-7: Tabla de contingencia para las variables AhorraAgua e InvertirRiegoBin	101
Tabla 5-8: Prueba de Hipótesis variable AhorraAgua	101
Tabla 5-9: Tabla de contingencia para las variables MenosTrabajo e InvertirRiegoBin	102
Tabla 5-10: Prueba de Hipótesis variable FinanciaDoble	103
Tabla 5-11: Prueba de Hipótesis variable FinanciaTriple	104



Tabla 5-12: Prueba de Hipótesis variable FinanciaCuadruple	104
Tabla 5-13: Prueba Q de Cochran para las tres variables FinanciaDoble, Triple y Cuadruple	104
Tabla 5-14: Prueba de Hipótesis variable ResponsaBIN	105
Tabla 5-15: Prueba de Hipótesis variable ConocerConsumoBIN	106
Tabla 5-16: Tabla de contingencia entre las variables ResponsabilidadBIN y ConocerConsumoBIN	106
Tabla 5-17: Prueba de Hipótesis variable UnaSolaOrgBIN	107
Tabla 5-18: Tabla de contingencia para las variables UnaSolaOrgBIN y Zona	107
Tabla 5-19: Descripción de las variables del modelo SEM	109
Tabla 5-20: Resultados del Modelo SEM Bayesiano	111
Tabla 5-21: Resultados del Modelo SEM. Amos V.19	112
Tabla 7-1: Datos Agroclimáticos Estación Perico	121
Tabla 7-2: Precipitaciones Medias empleadas (INTA EEA Salta Bianchi A. R, 1992)	122
Tabla 7-3: Uso de la tierra en función del tipo de suelo en hectáreas	123
Tabla 7-4: Distribución de fechas de trasplante de tabaco	125
Tabla 7-5: Distribución de fecha de inicio del cultivo de caña de azúcar	125
Tabla 7-6: Demanda de Tabaco. Agosto	126
Tabla 7-7: Demanda de Tabaco Septiembre	127
Tabla 7-8: Demanda de Tabaco Octubre	127
Tabla 7-9: Resumen de la demanda neta de tabaco	128
Tabla 7-10: Caña de Azúcar. Junio	129
Tabla 7-11: Caña de Azúcar. Julio	130
Tabla 7-12: Caña de Azúcar. Agosto	131
Tabla 7-13: Caña de Azúcar Septiembre	132
Tabla 7-14: Caña de azúcar. Octubre	133
Tabla 7-15: Tabla promedio demanda neta caña de azúcar	134
Tabla 7-16: Demanda del Cultivo de tomate	135
Tabla 7-17: Estimación de la demanda de agua del cultivo de Choclo	135
Tabla 7-18: Balance de Agua para el Valle de Pericos	137
Tabla 7-19: Cálculo de la oferta y demanda proyectada. Elaboración propia	139
Tabla 8-1: Margen Bruto de Tabaco – Etapa Almacigo	141
Tabla 8-2: Margen Bruto de Tabaco – Etapa de Plantación y cultivo	141
Tabla 8-3: Margen Bruto de Tabaco – Etapa de Cosecha y Curado	142
Tabla 8-4: Margen Bruto del Tabaco	142
Tabla 8-5: Margen Bruto de Caña de Azúcar - Etapa de Implantación	143
Tabla 8-6: Margen Bruto de Caña de Azúcar - Etapa de Post Implantación.	143

Tabla 8-7: Margen Bruto de la Caña de Azúcar	144
Tabla 8-8: Margen Bruto del Choclo	145
Tabla 8-9: Estimación de los tarifa por hectárea por cultivo y sistema de riego	147

## INDICE DE GRAFICOS.

Gráfico 3-1: Cultivos bajo riego en Argentina en porcentaje de la superficie.	59
Gráfico 3-2: Distribución actual del uso del suelo en el Valle de Perico	64
Gráfico 3-3: Distribución actual del uso del suelo en el Valle de San Pedro	64
Gráfico 4-1: Balance a partir de estimación de Demanda Bruta	79
Gráfico 4-2: Curva inversa de demanda de agua	82
Gráfico 4-3: Simulación del uso del suelo en función del precio del agua.	82
Gráfico 4-4: Curva inversa de demanda a los precios estimados	86
Gráfico 4-5: Dispersión de edades por zona de la población encuestada	92
Gráfico 5-1: Gráficos de convergencia de las variables a modo de ejemplo	113
Gráfico 7-1: Curva de Demanda Neta de Agua de Tabaco. Agosto	126
Gráfico 7-2: Curva de Demanda Neta de Agua de Tabaco. Septiembre	127
Gráfico 7-3: Curva de Demanda Neta de Agua de Tabaco. Octubre	128
Gráfico 7-4: Curva de Demanda Neta de Agua de Tabaco. Total Promedio Ponderado	128
Gráfico 7-5: Curva de Demanda Neta de Agua de Tabaco. Comparación.	128
Gráfico 7-6: Curva de Demanda Neta de Agua de Azúcar. Junio	129
Gráfico 7-7: Curva de Demanda Neta de Agua de Julio.	130
Gráfico 7-8: Curva de Demanda Neta de Agua de Agosto.	131
Gráfico 7-9: Curva de Demanda Neta de Agua de Septiembre.	132
Gráfico 7-10: Curva de Demanda Neta de Agua de Octubre.	133
Gráfico 7-11: Caña de Azúcar. Promedio	134
Gráfico 7-12: Demanda Neta Caña de Azúcar. Comparación.	134
Gráfico 7-13: Curva de demanda neta de agua del cultivo de Tomate	135
Gráfico 7-14: Curva de demanda neta de agua del cultivo de Choclo	136
Gráfico 7-15: Curva de demanda de agua de Horticultura	136
Gráfico 7-16: Balance a partir de estimación de Demanda Bruta	138

## 1. Resúmenes

### 1.1. En Castellano

En la provincia de Jujuy se desarrolló un área de riego regulada por un dique y en la actualidad se proyecta incrementar el área a irrigar. Esto conducirá a un aumento de la demanda de agua que superaría la oferta disponible dada la situación actual de la infraestructura, lo que generará una situación de escasez. Dado que los precios contribuyen a asignar los recursos escasos entre usuarios en competencia, se propuso explorar un umbral máximo de precio del agua que permita a los productores constituir un fondo para el financiamiento en tecnologías de riego y cambiar la eficiencia en el uso del recurso debido a la sustitución tecnológica, y consecuentemente contribuir al incremento de la superficie irrigada debido al ahorro de agua.

Se desarrolló un modelo de programación matemática para estimar los usos del suelo y los consumos a diferentes precios del agua, constatándose la capacidad predictiva del modelo. Utilizando el modelo se construyó la curva inversa de demanda. A partir de un precio definido como umbral en la parte inelástica de la curva inversa de demanda, se estimó el impacto de dicho diferencial para financiar la sustitución en tecnologías de riego, y la cantidad de agua a ser reasignada. Se comprobó que el excedente de precio permitiría financiar la reconversión de riego por gravedad a riego por goteo para la totalidad del área. Manteniendo constante las eficiencias de la infraestructura extrafincas y alcanzando una eficiencia global del 80%, se logra irrigar la superficie incremental con el volumen promedio anual de agua embalsado en la presa.

La experiencia internacional demuestra que para inducir una reducción de la demanda de agua, se requieren considerables aumentos de precios y esos precios son políticamente difíciles de hacer cumplir. Por ello, se plantea determinar el umbral de precio del agua en el tramo inelástico de la curva de demanda que los productores estarían dispuestos a pagar para financiar la sustitución en tecnología de riego para alcanzar los objetivos de ahorro e investigar los aspectos relevantes percibidos en relación a la modernización. Con el objeto de disponer de evidencia empírica y relevar información de campo, el proceso de investigación se diseñó y desarrolló a través de una encuesta estructurada de modo tal que permita testear las hipótesis relevantes.

Con el fin de cuantificar la relación causa-efecto de las variables se empleó el modelo de ecuaciones estructurales (SEM). Los resultados demuestran para el caso en estudio que el productor está dispuesto a pagar hasta cuatro veces el precio del agua para financiar la sustitución ante una situación de escasez del recurso e invertir en tecnologías de riego, si visualiza los beneficios de la modernización. También se confirmó la voluntad a participar en la conformación de una sola organización para el manejo del recurso, a partir de la metodología de proporciones.

El desafío para el logro del objetivo de ahorro de agua en un área servida por un dique, estarían determinadas por las motivaciones de los productores en relación a la modernización tecnológica, y su propensión a invertir, como también en un adecuado diseño de una estructura organizativa que permita incorporar a la mayoría de los mismos, por lo que se requiere un acompañamiento y apoyo para el fortalecimiento de las organizaciones e instituciones a lo largo del proceso.

## 1.2. En Valenciano

En la província de Jujuy es va desenvolupar un àrea de regadiu regulada per un dic i en l'actualitat es projecta incrementar l'àrea regada. Açò conduirà a un augment de la demanda d'aigua que superaria l'oferta disponible donada la situació actual de la infraestructura, la qual cosa generarà una situació d'escassetat. Atès que els preus contribueixen a assignar els recursos escassos entre usuaris en competència, es va proposar explorar un llindar màxim de preu de l'aigua que permetia als productors constituir un fons per al finançament en tecnologies de regadiu i canviar l'eficiència en l'ús del recurs a causa de la substitució tecnològica, i consegüentment contribuir a l'increment de la superfície irrigada a causa de l'estalvi d'aigua.

Es va desenvolupar un model de programació matemàtica per estimar els usos del sòl i els consums a diferents preus de l'aigua, constatant-se la capacitat predictiva del model. Utilitzant el model es va construir la corba inversa de demanda. A partir d'un preu definit com a llindar en la part inelàstica de la corba inversa de demanda es va estimar l'impacte de dita diferencial per a finançar la substitució en tecnologies de regadiu i la quantitat d'aigua a ser reassignada. Es va comprovar que l'excedent de preu permetria finançar la reconversió de regadiu per gravetat a reg per degoteig per a la totalitat de l'àrea. Mantenint constant les eficiències de la infraestructura extrafinca i aconseguint una eficiència global del 80%, s'aconsegueix irrigar la superfície incremental amb el volum mitjana anual d'aigua embassat en la presa.

L'experiència internacional demostra que per induir una reducció de la demanda d'aigua, es requereixen considerables augments de preus i aqueixos preus són políticament difícils de fer complir. Per açò, es planteja determinar el llindar de preu de l'aigua en el tram inelàstic de la corba de demanda que els productors estarien disposats a pagar per finançar la substitució en tecnologia de regadiu per aconseguir els objectius d'estalvi i investigar els aspectes rellevants percebuts en relació a la modernització. Amb l'objectiu de disposar d'evidència empírica i rellevar informació de camp, el procés de recerca es va dissenyar i es va desenvolupar a través d'una enquesta estructurada de manera tal que permetera testejar les hipòtesis rellevants.

Amb la finalitat de quantificar la relació causa-efecte de les variables es va emprar el model d'equacions estructurals (SEM). Els resultats demostren per al cas en estudi que el productor està disposat a pagar fins a quatre vegades el preu de l'aigua per finançar la substitució davant una situació d'escassetat del recurs i invertir en tecnologies de regadiu, si visualitza els beneficis de la modernització. També es va confirmar la voluntat a participar en la conformació d'una sola organització per al maneig del recurs, a partir de la metodologia de proporcions.

El desafiament per a l'assoliment de l'objectiu d'estalvi d'aigua en un àrea servida per un dic, estarien determinades per les motivacions dels productors en relació a la modernització tecnològica, i la seua propensió a invertir, com també en un adequat disseny d'una estructura organitzativa que permetia incorporar a la majoria dels mateixos, per la qual cosa es requereix un acompanyament i suport per a l'enfortiment de les organitzacions i institucions al llarg del procés.

### 1.3. En Inglés

In the province of Jujuy an irrigation area was developed which is regulated by a dam, and which is currently planned to be expanded. This will lead to an increased water demand that would exceed the supply available, given the current state of the infrastructure, generating scarcity. Since prices contribute to allocate scarce resources among competing users, a maximum threshold price of water has been put forward, that allows producers to set up a fund to finance irrigation technologies and to change the efficiency in the use of resources, due to technological changes. Consequently, this will contribute to an increase in the irrigated area, saving water.

A mathematical programming model was developed to estimate the land use and the water consumption at different prices in order to find out the predictable capacity of the model. Using the model an inverse demand curve was defined. From a fixed price as the threshold in the inelastic part of the inverse demand curve, the sum of money to finance the replacement of irrigation technologies and the amount of water to be reallocated were estimated. It was found out that the price surplus would finance the modernization of the irrigation surface in the entire area. Maintaining the efficiencies of the rural infrastructure and reaching an overall efficiency of 80%, the irrigation of the incremental surface with the average annual volume of dammed water is achieved.

International experience shows that to induce a reduction in water demand, significant price increases are required and those prices are politically difficult to enforce. Therefore, it was suggested determining the threshold price of water in the inelastic portion of the demand curve that producers would willingly pay to finance the replacement of the irrigation technology to achieve savings targets, and to investigate the relevant aspects perceived due to modernization. In order to have empirical evidence, a research process was designed and developed through a structured survey. This allowed testing the relevant hypotheses in the field.

In order to quantify the cause-effect variables a structural equation model (SEM) was used. The results demonstrate that the producer is willing to pay up to four times the price of water to finance and invest in irrigation technologies. It was also confirmed that they are disposed to participate in the creation of a single organization to manage the whole area irrigated by the dam.

The challenge for achieving the goal of saving water in an area served by a dam would be determined by the motivations of producers regarding technological modernization and their propensity to invest, as well as proper design of an organizational structure that allows incorporating most of them. Because of that, the support for strengthening organizations and institutions throughout the process is required.

## 2. Capítulo 1: Introducción.

### 2.1. Diseño de la investigación

#### 2.1.1 Descripción del problema y alternativas de solución

Argentina presenta desigual distribución de sus recursos hídricos, con dos tercios de su territorio constituido por regiones áridas y semiáridas y sólo un tercio rico en fuentes de agua, que representan el 84% de las disponibilidades hídricas del país. La constitución nacional en su artículo 124 señala que “*Corresponde a las provincias el dominio originario de los recursos naturales existentes en su territorio*”. Esto implica un primer desafío en relación a la complejidad jurisdiccional para el manejo del agua bajo el concepto de cuenca, al no corresponder los límites provinciales con los de las cuencas. Asimismo el crecimiento de la demanda de agua debido al aumento de la población, y las limitaciones en la oferta en calidad y cantidad ya sea temporal o espacialmente, implican un desafío para su manejo. Como señalan Sturzenegger et al. (2010), la cooperación entre los distintos sectores y jurisdicciones es condición necesaria e indispensable para llegar a la gestión integrada de los recursos hídricos.

El agua es un recurso renovable que no tiene sustitutos. Es un recurso escaso y vulnerable que cumple funciones ecológicas, económicas, sociales y culturales. Dada su escasez relativa o absoluta, que se manifiesta en el tiempo y en el espacio, origina que la asignación del agua disponible en una región debe atender no sólo los requerimientos ambientales y las necesidades básicas del ser humano, sino también propender a mejorar su calidad de vida, poniendo el recurso hídrico al servicio del desarrollo y bienestar de la sociedad. Todas aquellas tareas que permiten un mejor conocimiento del recurso, promoviendo la medición, monitoreo y evaluación, ayudan a comprender el modo en que las actividades y productos se relacionan con la escasez de agua, los impactos asociados, y las posibles medidas conducentes a que dichas actividades y productos contribuyan a un uso sostenible del agua dulce. Por ello es imprescindible en todo proceso de planeamiento y gestión del recurso conocer y evaluar el estado y la dinámica del recurso hídrico con precisión, proveyendo información que permita mejorar la eficiencia y sustentabilidad con la que se administran los recursos hídricos, como así también el conjunto de las actividades sociales y económicas relacionadas con el agua (Rosa, 2015).

En la provincia de Jujuy en el Departamento El Carmen, se ha desarrollado un área de riego (27.000 hectáreas aproximadamente) regulada por el Dique Las Maderas, de 300 Hm<sup>3</sup> de capacidad de embalse y 230 Hm<sup>3</sup> de volumen promedio anual disponible en la actualidad debido a problemas estructurales. En el año 2010 se proyectó un canal que comunica el área actualmente servida por la presa, con una nueva zona de irrigación en el Departamento de San Pedro, denominado Canal Intervalles con un caudal de 10 m<sup>3</sup>/seg. Debido al aumento proyectado de la demanda de agua y con el objeto de mejorar la eficiencia en su utilización que permita que el canal disponga de los caudales de diseño proyectados, ha sido necesario desarrollar un Plan de Gestión del Sistema de Riego, con el objeto de mejorar la eficiencia en el uso del recurso y así liberar agua para incrementar la superficie irrigada. El escenario futuro a partir del canal proyectado podría generar los siguientes conflictos debido a que:

- La demanda proyectada de agua supera la oferta disponible dada la situación actual de la infraestructura.
- Existirá una competencia entre los productores agrícolas / agropecuarios por el recurso agua.

- Los sistemas de riego utilizados son en su mayoría de gravedad, lo que implica bajas eficiencias de aplicación por hectárea.
- Existe una amenaza de mayor utilización de agua en el futuro por la reasignación del uso del suelo hacia cultivos que demandan más agua por superficie, a partir de situaciones coyunturales de mercado.

La pregunta que surge de la descripción de la situación problemática es:

En el marco de una gestión integral, ¿Puede el precio del agua contribuir a financiar la sustitución tecnológica para modernizar los sistemas de riego en un área regulada por una presa y equilibrar la oferta con la demanda de agua en un contexto de escasez del recurso?

Para dar una respuesta a esta cuestión desde el punto de vista técnico, se considera que para formular una solución sostenible en el tiempo, es indispensable desarrollar un estudio integral a nivel de toda la cuenca del Río Grande que permita evaluar las distintas alternativas que armonicen los usos proyectados en el tiempo con las disponibilidades, y vincular la toma de decisiones de inversión pública y privada con el conocimiento técnico/científico, participando a las distintas instancias de decisión.

Las soluciones alternativas al problema planteado son complementarias y no excluyentes y pueden esquematizarse de la siguiente forma:

A. Desde la gestión de la oferta:

- Mejorar la oferta y disponibilidad a partir de cambios en las pautas de manejo de la presa.
- Mejorar la eficiencia de conducción de la infraestructura rural pública.

B. Desde la gestión de la demanda:

- Asignar el agua a su uso más productivo, lo cual incluye:
  - Disminuir la demanda mediante mejoras en la eficiencia de aplicación de riego intrafinca y cambio de tecnología de los sistemas de riego.
  - Disminuir la demanda unitaria por asignación del uso de suelo hacia cultivos menos demandantes de agua.
  - Desarrollar cultivos con mayor valor por unidad de agua utilizada.

El presente trabajo no aborda la totalidad de lo expresado, sino que las alternativas de solución consideradas se reducen al sistema servido por la presa y a una coyuntura particular, sin que esto implique invalidar la complementariedad de las mismas al momento de formularse un estudio integral para toda la cuenca.

### 2.1.2

#### Objetivos

El objetivo general del estudio es determinar si el precio del agua es un instrumento válido para la financiación de la tecnología de riego en un área servida por una presa, que permita ajustar la demanda de agua regulada a la oferta disponible en el marco de una gestión integrada del recurso hídrico.

Los objetivos específicos que se plantea la investigación son los siguientes:

- Determinar el precio máximo teórico que permita a los productores financiar la reconversión en tecnologías de riego y que no reduzca sustancialmente sus beneficios.



- Determinar el precio máximo que el productor estaría dispuesto a pagar por el agua, los beneficios percibidos de la modernización tecnológica, y su participación en la gestión y la gobernanza del recurso.

## 2.2. Metodología de la investigación.

### 2.2.1 Metodología general de la investigación.

La metodología de la investigación se ocupa de la aplicación de los principios de razonamiento a la investigación científica. Los métodos o modos de procedimiento son una serie de pasos que el investigador sigue en el proceso de producir una contribución al conocimiento.

El método científico básicamente se puede presentar en la siguiente secuencia de pasos:

- Conocimiento previo
- Problema
- Propuesta de solución (Hipótesis y diseño experimental o técnica)
- Prueba o Experimentación
- Evaluación de la solución
- Revisión final de la solución y otras soluciones examinando el procedimiento, conocimiento previo, e incluso el problema.

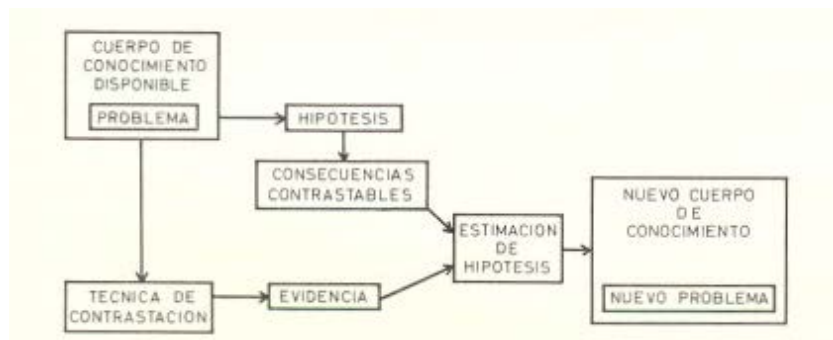


Ilustración 1-1: Ciclo de la Investigación (Bunge 1969)

A continuación se describen los pasos para la presente investigación.

### 2.2.2 Síntesis gráfica de la investigación

En la Ilustración 1-2: Esquema de la investigación, se presenta una síntesis gráfica de la metodología de investigación a modo de guía de las distintas etapas desarrolladas.

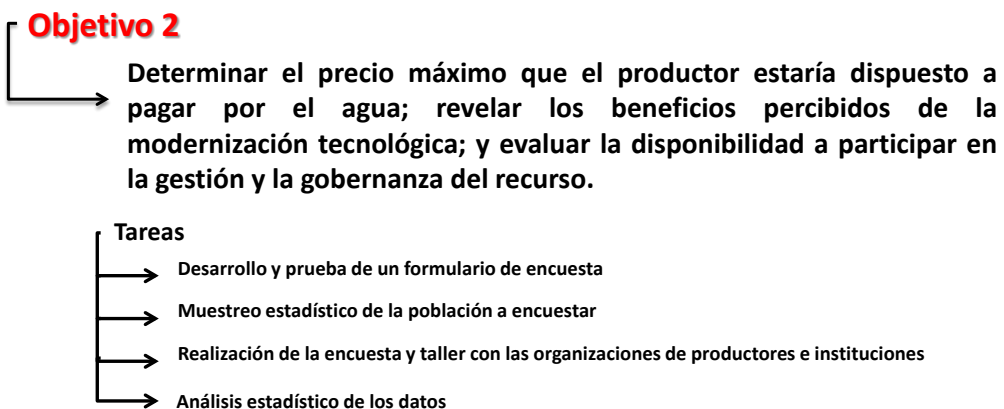


Ilustración 1-2: Esquema de la investigación

### 2.3. Estructura de la tesis

En cuanto a la estructura de la tesis, en el capítulo 2 se presenta el marco teórico en el que se basa la investigación. En primer lugar se describe cómo la teoría económica ha introducido el aspecto ambiental en el pensamiento económico. La tesis introduce la utilización de los precios y la modernización como instrumentos para gestionar la escasez en una zona concreta. Asimismo, en ese capítulo se muestran antecedentes de estos y otros instrumentos en otras investigaciones.

En el capítulo 3 se describen las características generales de la zona en estudio, su estructura productiva, la infraestructura para el manejo del agua, como así también la problemática que se genera debido a la construcción del Canal Intervalles, que proyecta la ampliación de la superficie irrigada con la misma cantidad de agua represada.

En el capítulo 4 se plantea el desarrollo de la investigación, donde en primera instancia se determina el umbral de precio del agua para financiar la sustitución tecnológica que permitiría una reasignación del recurso para disminuir el problema de escasez, asignando el agua a su uso más valioso, generado por la construcción del Canal. Posteriormente se realiza la investigación de campo que permitirá inferir la disponibilidad a financiar la sustitución tecnológica por parte de los productores y los aspectos relevantes que motivaría dicha decisión.

En el Capítulo 5 se lleva a cabo el análisis estadístico de la encuesta, donde se contrastan las 5 hipótesis específicas, y la hipótesis general de estudio. Se describen las técnicas utilizadas para contrastar las hipótesis específicas, que son la prueba para proporciones, el test exacto de Fisher, la prueba de  $\chi^2$ , y el modelo de Ecuaciones Estructurales. En primera instancia se contrastan cada una de las 5 hipótesis específicas. Luego se lleva a cabo el Modelo de Ecuaciones Estructurales confirmatorio. Por último se encadenan lógicamente las hipótesis para contrastar la hipótesis general en el marco del enfoque de la teoría explicativa que es utilizada como referencia.

En el Capítulo 6 se discuten los resultados obtenidos, y se concluye que existe disponibilidad a financiar la modernización tecnológica por parte de los productores, lo que permitiría una asignación más eficiente del recurso, teniendo presente que esto debe ser realizado en una planificación integral de toda la cuenca, y con un fortalecimiento organizacional e institucional que cree las capacidades para gestionarlo.

Por último en el Anexo 1 se detallan todos los cálculos que permitieron estimar la demanda de agua y cotejarla con la oferta hídrica promedio anual, que permitió realizar el Balance Hídrico del área servida por la presa. En el Anexo 2 se detallan los cálculos de los márgenes brutos de los cultivos que se realizan en la región en estudio, que permitieron estimar la curva inversa de demanda. Asimismo se estimó el impacto de la tarifa de agua calculada y la reconversión en las tecnologías de riego, para visualizar cual sería el resultado financiero de los distintos sistemas productivos en la región. En el Anexo 3 se detalla el formulario de la encuesta diseñado y utilizado en el trabajo de campo. Por último en el Anexo 4 se presenta las fórmulas utilizadas en el modelo de Ecuaciones Estructurales.

#### **2.4. Importancia de la investigación y descripción del aporte**

El precio del agua puede ser un instrumento que permita ahorrar y aumentar la productividad del agua mediante la promoción de: (i) el cuidado, la gestión para la conservación del agua, (ii) las inversiones en tecnologías que permitan el ahorro de agua, y (iii) la reasignación de agua para los cultivos más valiosos y / o en otros usos (Berkoff, J and Molle, 2007). Cierta experiencia internacional señala que el precio del agua de riego tiene limitada influencia en el comportamiento de los agricultores individuales, como mecanismo para lograr un uso racional del agua; sin embargo, existen experiencias donde este instrumento, utilizado en cierto contexto y acompañado con otras medidas, puede generar mejoras en la eficiencia en el uso del recurso.

La importancia de esta investigación reside en explorar la utilización del precio del agua como un instrumento para la financiación de la sustitución tecnológica. Asimismo se busca determinar un umbral de precio que no desaliente la utilización del recurso por parte del productor, y que permita construir un fondo común en el marco de un modelo de gestión sustentado a partir del consenso entre los productores para alcanzar los objetivos anteriormente planteados. Se explorarán los aspectos determinantes percibidos por el productor para la reconversión de los sistemas de riego, su involucramiento para la gestión del recurso en forma participativa que minimicen los conflictos por la competencia del agua.

### 3. Capítulo 2: Marco Teórico.

#### 3.1. Los recursos naturales en el pensamiento económico. Breve reseña.

El conocimiento es una de las características más peculiares del hombre. *Scientia* en latín quiere decir conocimiento y la ciencia ha llegado a ser la clase de conocimiento más respetable. Bunge (1969) diferencia entre las ciencias formales (lógica y matemática) y factuales (naturales: biología, física, etc, y culturales: economía, sociología, etc.), o sea, aquéllas que estudian las ideas y las que estudian los hechos. Como señala este autor, la ciencia formal es autosuficiente, por lo que hace al contenido y al método de prueba, mientras que la ciencia factual depende del hecho, por lo que hace al contenido su significación y al hecho su convalidación. En resumen, este autor sugiere que la ciencia factual presupone lógicamente a la formal. De todas formas esta dicotomía no debe ocultar que el conocimiento conceptual de cualquier género consiste en ideas.

Como señala Sautu (2003), la construcción del marco teórico en una investigación social engloba una serie de ideas y conceptos explícitos o implícitos, que se podrían dividir en tres grandes grupos: 1. las ideas acerca del conocimiento mismo y cómo producirlo válidamente; 2. las concepciones generales de la sociedad y lo social; y 3. aquellos conceptos más acotados que se refieren al contenido sustantivo mismo del tema o problema investigado. Estos tres aspectos señalados se encuentran presentes en todas las investigaciones, variando la importancia que cada estilo de trabajo le imprima a cada uno, dependiendo del tema a estudiar y de los métodos con los cuales se abordará el mundo empírico. El primer conjunto de ideas (1) constituye lo que se denomina paradigma, que según Kuhn (1971) son “...realizaciones científicas universalmente reconocidas que, durante cierto tiempo, proporcionan modelos de problemas y soluciones a una comunidad científica dada...”; el segundo (2) está formado por las teorías generales de la sociedad y el cambio social (macro y microsociales) que, al igual que el paradigma, permiten definir las cuestiones básicas vinculadas con el área disciplinaria en la cual se asienta la investigación, permitiendo encuadrar el proyecto de investigación y acotar los alcances de sus objetivos; finalmente el tercero (3) es la teoría sustantiva que enfoca su interés en un aspecto o tema más acotado, en definitiva es la que permite derivar en los objetivos de la investigación Sautu (2003).

A continuación, se profundizará en la argumentación teórica que sustenta el presente estudio, enfocándolo sintéticamente de la siguiente forma:

- El Paradigma, donde se presenta la evolución del concepto de los límites a la producción en el desarrollo del pensamiento económico.
- La Teoría General, donde se presenta el papel de las decisiones de política y los cambios en el bienestar económico de la sociedad a partir de la teoría del bienestar aplicada.
- La Teoría Sustantiva, donde finalmente se introduce el aspecto ambiental y las externalidades y su abordaje en las ciencias económicas.

##### 3.1.1 Paradigma

Los economistas clásicos, liderados por Adam Smith, consideraban que la riqueza surgía de la acumulación de factores de producción, y que el crecimiento económico estaba limitado por la disponibilidad de los factores productivos. Sostenían que no existían límites al crecimiento mientras hubiese disponibilidad de tierras, pero cuando las tierras fértiles escaseasen y además se incrementara la población, se alcanzaría a un estado estacionario. Consideraban que era necesaria la adopción o generación de

innovaciones que permitieran nuevas posibilidades de inversión, así como la apertura de nuevos mercados para posponer en el tiempo la llegada de ese estado estacionario. De esta forma, los economistas clásicos cuestionaban la posibilidad del crecimiento ilimitado debido a que la Tierra es finita y es evidente la limitación de los recursos naturales. De todas formas no se planteaban la intervención del Estado para regular el consumo de dichos bienes y factores. Por el contrario, la idea básica de esta escuela se asentaba en la libre actuación de los mercados, en el “laissez faire” para conseguir una asignación más eficaz de los recursos productivos.

El concepto de que las actividades económicas encontrarían un límite que está enmarcado por las capacidades naturales de los entornos ambientales tiene su origen en autores como Malthus (1798), Ricardo (1817) y Marx (1867). Malthus estaba preocupado por los límites absolutos o de escasez. Él creía que mientras que la economía se desarrollaba, el crecimiento de la población siempre tendería a superar los alimentos producidos por la agricultura, lo que inevitablemente terminaría en un “estado estacionario” de miseria. Ricardo tuvo un punto de vista más sofisticado y optimista y argumentó que los “límites relativos” de escasez eran los reales problemas al crecimiento económico. Los límites están fijados por el aumento de los costos de los recursos de más alta calidad (ejemplo la tierra agrícola), que son utilizados (y agotados) en primera instancia, debiendo ser substituidos por recursos de menor calidad. El costo de explotación crece en la medida que los recursos se agotan. Posteriormente en el siglo diecinueve, Marx resalta la posibilidad de que el crecimiento económico podría estar limitado debido al malestar social y político entre la economía nacional y la sociedad. Señalaba al desarrollo de las fuerzas productivas como beneficioso, y a la naturaleza como un objeto a ser dominado sin tener en cuenta los perjuicios que la actividad humana podría ocasionarle. Asimismo, no consideraba la existencia de frenos al crecimiento de la producción puesto que opinaba que los avances tecnológicos serían capaces de impedir la llegada de ese estado estacionario, basándose en la sustitución perfecta entre capital y tierra (Miguel & Vasco, 2009).

John Stuart Mill (1857), a través de su obra Principles of Political Economy, realizó un esfuerzo para sintetizar los fundamentos principales de la teoría del desarrollo. Este autor respaldó la idea de la existencia de leyes naturales y leyes tecnológicas que gobiernan la producción, y de que las personas no tienen capacidad para modificarlas aunque sí para adaptarse a ellas. Mill también dejó constancia de la limitación de los recursos naturales, pero consideraba que el crecimiento de la sociedad podía ser controlado. La visión del desarrollo económico desde el punto de vista neoclásico se sustenta sobre la base de unos factores productivos dados y los supuestos de perfecta movilidad de factores por un lado, y de total flexibilidad de la variable precio por otra, para aseverar que podrá llegarse al equilibrio de la renta y de la producción y, consecuentemente, al pleno empleo en el uso de los recursos. En este sentido, los modelos neoclásicos propician la necesidad de eliminar cualquier tipo de barreras que impidan la movilidad de los factores, como así también la utilización de incentivos financieros o fiscales y el desarrollo de infraestructuras para modificar los precios de dichos factores o de reducir la brecha entre costos y beneficios privados y sociales cuando surgen externalidades. Otros enfoques como el de Keynes proponen establecer la preponderancia de lo político sobre lo económico, propiciando la intervención del Estado en la economía debido a la existencia de las fallas en el mercado y la incapacidad de éste para resolverlos por sí sólo (Turner et al. ,1993).

### 3.1.2 Teoría general

La economía del bienestar (Pigou, 1920) propone formas de medir el bienestar económico y cómo estos valores pueden contribuir en la evaluación de políticas públicas que requieran del ordenamiento de todos los posibles estados de la economía

para ayudar a maximizar el bienestar económico de la sociedad. Para ello define las condiciones para lograr la máxima eficiencia económica en términos de maximizar la producción dada una dotación de recursos, como así también conseguir optimizar la distribución de bienes y servicios, analizando y evaluando las políticas que persiguen el logro de ciertos objetivos que podrían ser considerados como deseables desde el punto de vista del bienestar de la sociedad.

Esta teoría deriva de una rama del pensamiento económico que tiene como objetivo acrecentar el bienestar o utilidad total existente en una sociedad. Con este fin propone contribuir al proceso de elección de las mejores políticas que son aquellas en la que es mayor la eficiencia en el uso de los recursos. Fundamentalmente está conformada por principios de la teoría microeconómica que busca bajo el criterio de la "eficiencia económica", ordenar los estados de la economía a través de políticas y/o de proyectos. Desarrolló instrumentos para incluir los costos externos a las decisiones de mercado dentro de las consideraciones de equilibrio óptimo en mercados de bienes y productos. En este sentido, ha tratado de incorporar aquellos costos que no están reflejados en los precios de los mercados convencionales, así como también la conceptualización teórica para expresar el papel de los bienes públicos, las externalidades y las instituciones para corregir las distorsiones en los precios de equilibrio de mercados tradicionales. Se manifiesta entonces la debilidad de la teoría neoclásica al no incorporar estos aspectos en sus sistemas de precios, y por lo tanto en la solución que se presenta en el equilibrio óptimo bajo las reglas de mercados de competencia perfecta.

Según Schmitz et al. (1981), la Economía del Bienestar Aplicada se dedica al estudio del uso eficiente de los recursos escasos, por lo que el concepto de eficiencia económica resulta muy importante. Los cambios en el bienestar son provocados por los cambios en los precios de los bienes y/o los factores y en el ingreso de los individuos a través de las regulaciones, el desarrollo de proyectos o la adopción de políticas. Bajo esta teoría, el propósito fundamental de todo análisis es el ordenamiento de los estados de la economía, configurado por un conjunto dado de factores productivos que hace que la sociedad experimente un nivel específico de bienestar. Puede ser conceptualizado en tres aspectos, por un lado con la definición de los criterios de evaluación de políticas, con la medición del bienestar de los consumidores y los productores, y por último con todo aquello relacionado con el análisis de políticas e inferencia de lo mejor para la sociedad. La Economía del Bienestar Aplicado conforma la base teórica mientras que la metodología utilizada para su evaluación es el análisis costo beneficio, metodología muy difundida para la evaluación de políticas y/o proyectos.

Bajo este enfoque subyacen dos conceptos Fisher et al. (1989):

(1) Economía Positiva: que se define como la ciencia que busca explicaciones objetivas del funcionamiento de los fenómenos económicos; se ocupa "de lo que es o podría ser".

(2) Economía Normativa: Esta economía es la que concierne a la economía del bienestar. Ofrece prescripciones para la acción basadas en juicios de valor personales y subjetivos; se ocupa "de lo que debería ser".

El análisis de bienestar aplicado bajo el enfoque normativo responde a unos criterios éticos, ideológicos o políticos sobre lo que se considera deseable o indeseable para la sociedad. Por lo tanto la Economía del Bienestar Aplicada funciona bajo el enfoque normativo debido a que se centra en generar el uso eficiente de los recursos a través de la mejora en los procesos de toma de decisiones (Mendieta, 2000).

Esta teoría tiene como objetivo principal analizar la eficiencia económica como un criterio que permite lograr el máximo nivel de bienestar para todos los individuos de una sociedad. De todas formas, no se limita a que puedan ser considerados otros criterios de elección de políticas como el de equidad, el de viabilidad y sostenibilidad financiera, flexibilidad, etc. Los fundamentos éticos que subyacen a la Economía del Bienestar Aplicada y la evaluación de políticas públicas son:

- Cualquier nivel de bienestar de la sociedad debe ser juzgado sólo por sus miembros, reconociendo la importancia del individuo como elemento básico de la sociedad. Esta proposición es llamada postulado ético fundamental o principio del individualismo. (Quirk & Saposnik, 1972)
- Apoyar la idea de que la sociedad está mejor si por lo menos un individuo mejora sin que empeore la situación de otro u otros. Esta proposición es conocida con el nombre de principio de Pareto. (Pareto 1896).

Asimismo, fueron formulados varios criterios de compensación potencial Kaldor (1939), Hicks (1939), Scitovszky (1941), que intentaron justificar las eventuales pérdidas sobre determinados grupos de la sociedad, aunque un análisis de bienestar sin sesgos supone dejar que las autoridades sean las facultadas para la elección de la política pública una vez estimados los impactos de la misma sobre los diferentes grupos de la sociedad.

### 3.1.3 Teoría sustantiva

#### 3.1.3.1 Introducción

Hotelling (1931) señaló que la incipiente desaparición de la oferta de minerales, forestaciones y otros activos agotables en el mundo, condujo a la regulación sobre su explotación. La sensación de que estos productos eran demasiado baratos para el bien de las generaciones futuras, generaba que fuesen explotados de forma egoísta a un ritmo demasiado rápido, y que en consecuencia el bajo precio al que eran producidos y consumidos inútilmente fue lo que dio lugar a movimientos para su conservación.

También Hardin (1968) en su artículo en la revista Science *“La tragedia de los recursos comunes”*, describe el dilema en una situación en la cual varios individuos (un grupo de pastores en un pastizal abierto a todos), motivados sólo por el interés personal y actuando independiente pero racionalmente, terminan por destruir un recurso escaso compartido y limitado (el recurso común), aumentando la cantidad de animales para pastoreo para obtener una ganancia adicional, aunque a ninguno de ellos, ya sea como individuos o en conjunto, les favorezca que dicha destrucción o agotamiento suceda. *“La ruina es el destino hacia el cual corren todos los hombres, cada uno buscando su mejor provecho en un mundo que cree en la libertad de los recursos comunes. La libertad de los recursos comunes resulta la ruina para todos...”*.

Otros autores como Solow, quitan importancia a la preocupación sobre los recursos naturales en su teoría del crecimiento económico (Solow, 1956). Allí señaló que el recurso tierra se había eliminado de la función de producción bajo el supuesto implícito de que los inputs de la naturaleza podrían ser sustituidos por capital manufacturado. Este autor destaca la capacidad de los mercados para autoregularse, con el argumento de que como un recurso en particular se vuelve escaso, el aumento de los precios incentiva a los consumidores a pasar a bienes de consumo alternativos. Poco después, Solow declaró: *“...Si es muy fácil sustituir los recursos naturales por otros factores, entonces en principio, no hay problema...”*. Según señala Naredo (1998) el problema de la escasez física se redujo a un problema de la escasez de

capital, considerado como una categoría abstracta que podría expresarse en unidades monetarias homogéneas.

Daly (1997), siguiendo el veredicto de Georgescu Roegen en relación a la afirmación de Solow, señaló que *“Uno debe tener una visión muy errónea del proceso económico en su conjunto al no ver que no hay factores materiales que no sean recursos naturales. Para mantener, además, que el mundo puede, en efecto, vivir sin recursos naturales es ignorar la diferencia entre el mundo real y el Jardín del Edén”*.

Paralelamente a la evolución del pensamiento económico, la comunidad internacional fue planteando su preocupación por el incremento de la población mundial y a la limitación impuesta por la escasez de los recursos naturales, como por ejemplo en *“The Limits to Growth”* publicado en 1972 por *“The club of Rome”* (Meadow et al, 1972), donde se planteó que si el incremento poblacional, la industrialización, la producción de alimentos, la contaminación y la explotación de los recursos naturales se mantenía sin variación, se alcanzaría los límites absolutos de crecimiento en la Tierra durante los próximos cien años. En abril de 1987 la Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo de las Naciones Unidas publicó el informe denominado *“Nuestro Futuro Común”* donde se planteó la posibilidad de obtener un crecimiento económico basado en políticas de sostenibilidad y expansión sobre la base de recursos ambientales. Plantea el concepto de Desarrollo Sostenible para integrar las políticas medioambientales con las estrategias de desarrollo. El concepto de Desarrollo Sostenible implica que *“..La humanidad tiene la capacidad de hacer que el desarrollo sostenible cumpla con las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades. El concepto de desarrollo sostenible sí implica límites, no límites absolutos, sino limitaciones impuestas por el estado actual de la tecnología y la organización social de los recursos ambientales y por la capacidad de la biosfera para absorber los efectos de las actividades humanas. Pero ambas, la tecnología y la organización social pueden ser gestionadas y mejoradas para dar paso a una nueva era de crecimiento económico...”* (Brundtland 1987).

Ante la percepción de que los recursos naturales son escasos, dado los límites físicos y biológicos que posee el planeta; y que el crecimiento sin límites tendría consecuencias negativas para la humanidad, dos ramas de la ciencia que se desarrollaron de manera independiente, la ecología y la economía, debieron abordar estos planteamientos que las integra. Existe una clara conexión entre economía y el medio ambiente, donde la actividad económica puede ser vista como un proceso de transformación de materia y energía. Debido a que no se puede destruir la materia y la energía en términos absolutos (primera ley de la termodinámica), de este proceso se generarán desperdicios que serán volcados al entorno medioambiental. Asimismo esta materia y energía transformada en el proceso económico es provista por los recursos naturales (renovables y no renovables). En relación a ello, nuevamente resurge la pregunta sobre si hay límites al crecimiento. Para retomar este debate es posible reconocer varias posturas éticas o filosóficas, como por ejemplo:

- La *sustentabilidad fuerte o corriente ecologista conservacionista*, que proviene del conservacionismo naturalista del siglo XIX, y de las ideas ecocentristas de Leopold Pearce (1990) de promover una *“estética de la conservación”* y una *“ética de la Tierra”*. Contemporáneamente, tiene una importante referencia filosófico-política en la ecología profunda, cuya formulación principal la realizó Naess (1973). Esta discusión ambiental tomó relevancia en los sesenta mediante la propuesta del crecimiento económico y poblacional cero, siendo la justificación teórica más clara la proporcionada por la economía ecológica, a través de su referente Herman Daly.



Desde esta perspectiva, la Economía Ecológica ha abogado por la denominada "sostenibilidad fuerte", que sostiene que el capital natural y capital manufacturado se encuentran en una relación de complementariedad y no de sustituibilidad (Gómez-Baggethun et al., 2010). Este enfoque no concibe la posibilidad de sustitución de capital natural por otro tipo de capital. Por el contrario, requiere de la conservación del capital natural, insumo esencial para la producción, el consumo y el bienestar. La sustentabilidad fuerte parte de la idea de que el capital natural y los demás tipos de capital son complementarios (y no sustitutos) en las funciones de producción. Por esta razón, ciertos volúmenes mínimos de los distintos tipos de capital deben mantenerse de manera independiente (Ayres et al., 2001).

- La *sustentabilidad débil o ambientalismo moderado*, con un enfoque antropocéntrico, acepta la existencia de ciertos límites que impone la naturaleza a la economía, y lo distancia del optimismo tecnocrático cornucopiano, que hace referencia a la idea de abundancia basada en creer en la inexistencia de límites naturales para la producción creciente de riqueza, expresado por la tradicional economía neoclásica. Se sustenta en la llamada economía de los recursos naturales y del medioambiente Pearce & Turner (1995), y políticamente en la propuesta del desarrollo sustentable con crecimiento económico, bajo ciertos márgenes de conservación, cuyos portavoces más prominentes son los organismos internacionales.

Subyacen dos supuestos detrás del concepto de sustentabilidad débil. El primero definido por la capacidad de sustitución del capital natural por el capital producido por el hombre, debido a la posibilidad de estimar el valor monetario del capital natural y cuantificar la pérdida de bienestar debido a su deterioro. El segundo supuesto, consiste en suponer la validez de la curva de Kuznets ambiental, quien llega a la conclusión de que la relación entre crecimiento económico y el deterioro de las condiciones del medio ambiente presenta una forma de U invertida, lo que significa que en las primeras etapas del desarrollo de un país se producirían pérdidas en términos de calidad medioambiental que serán compensados con las ganancias que surgen una vez que se supera un determinado umbral de renta per cápita. Kuznets (1995) Este enfoque llamado "sostenibilidad débil", que asume sustitución entre capital natural y manufacturado, ha sido adoptada principalmente por economistas ambientales neoclásicos.

Entre estas dos concepciones de la sustentabilidad Cobb & Daly (1989), se plantea Norton (1995) un desacuerdo por fuera de los paradigmas (extraparadigmático) entre economistas neoclásicos (economía de los recursos naturales y del medioambiente) y economistas ecológicos, entendiendo por paradigma lo señalado por (Kuhn 1971), como una constelación de conceptos, valores, supuestos y prácticas aceptadas, que dan el modelo para abordar los problemas y las soluciones a una comunidad científica. Los problemas ambientales y su relación con las fallas de mercado, supone que el mercado no funciona como un óptimo asignador de recursos. Desde otro enfoque, como el de la economía ecológica, se considera incorrecto estudiar y cuantificar impactos ambientales de forma aislada, omitiendo la comprensión de la globalidad de los sistemas en los que los mismos se producen.

Como señala Naredo (2004), lograr una mejor comprensión entre los enfoques y entre estas diferentes áreas de conocimiento, demanda conocer con mayor profundidad las razones que explican el distanciamiento entre economía y ecología. La noción del enfoque de sistemas ocupa un lugar central en la ecología, que difiere radicalmente del empleado por la economía, así también como difiere su objeto de estudio: de ahí la desconexión, la incompreensión y el conflicto observados entre ambas disciplinas. Una

mejor comprensión entre estos enfoques también exige tener conciencia de cuáles son las posibilidades y limitaciones de cada uno, a fin de eliminar los usuales reduccionismos que comúnmente acompañan al conocimiento parcelario. El problema consiste en que la economía y la ecología razonan sobre ámbitos diferentes, lo que da lugar a “diálogos de sordos”, al no precisarse con claridad sus diferentes objetos de estudio. Mientras que la ecología razona teniendo en cuenta el conjunto de la biosfera y la totalidad de recursos del sistema que compone la tierra, la economía usualmente razona sobre un conjunto más restringido de objetos que son valorables, productibles y apropiables.

La ciencia económica se hizo autosuficiente a costa de echar por la borda la conexión con el mundo físico demandada por Quesnay, para asegurar que la producción se realizara sin menoscabo de los bienes fondo (stock), aunque ahora se trate de restablecer de nuevo esa conexión para la pretendida producción sostenible (Naredo, 2004). Estos nuevos requerimientos afectan las bases de la ciencia económica establecida y tienen que ver con su propio precepto como disciplina autosuficiente, y constituye uno de los debates en la ciencia económica actual, lo que da lugar a diversas formas de abordar la nueva problemática, como ocurre con las corrientes de economía ecológica y economía ambiental. Por un lado, la economía ambiental, utiliza el numerario del dinero para abordar los problemas de gestión de la naturaleza como externalidades al valorar y cuantificar desde el instrumental analítico usualmente utilizado en la economía, razonando en términos de costos, precios, beneficios reales o simulados. Ciertamente el objeto de este abordaje no busca tanto analizar y resolver los «problemas ambientales», sino justificar la toma de decisiones sustentado en la racionalidad parcelaria propia de la economía estándar. Por otro, la economía ecológica integra los procesos de la economía conjuntamente con los de la naturaleza y los ecosistemas que la componen. Entre ambos enfoques, se puede ubicar la economía institucional que relativiza los óptimos formulados por la economía estándar, advirtiendo que el intercambio mercantil está limitado por la definición de los derechos de propiedad y de las reglas de juego que le impone el marco institucional, tratando de identificar aquellos marcos cuyas soluciones sean las que mejor se adapten al logro de los objetivos de conservar el patrimonio natural o el de la calidad ambiental deseada socialmente (Naredo, 2004).

En una revisión del desarrollo histórico de la conceptualización de los servicios ambientales y de los hitos fundamentales en la teoría y la práctica económica con respecto a la incorporación de los servicios de los ecosistemas en mercados y sistemas de pago (Gómez-Baggethun et al., 2010), se indica que la tendencia hacia la monetización y mercantilización de los servicios de los ecosistemas es en parte el resultado de un movimiento lento de la concepción económica original de la economía clásica de los beneficios de la naturaleza como valores de uso, a su conceptualización en términos de valores de cambio en la economía neoclásica. Se concluye que el enfoque en la valoración monetaria y pago por servicios ambientales ha contribuido a atraer el apoyo político para la conservación, pero también a mercantilizar un número creciente de servicios ambientales, como también de reproducir el paradigma de la economía neoclásica y la lógica del mercado para hacer frente a los problemas ambientales.

### 3.1.3.2 Los derechos de propiedad y los bienes públicos.

Coase (1960) influyó de forma muy significativa al abordar el estudio de la ley y el derecho desde una perspectiva económica, que hasta la actualidad sigue siendo controversial. Uno de sus principales objetivos fue corregir la senda a través de la cual los economistas establecen recomendaciones de política. Coase sostuvo que la falla de los economistas en lograr conclusiones correctas en el tratamiento de los efectos

perjudiciales originados por la actividad económica, no se puede explicar simplemente como deslices en el análisis, sino que tiene su origen en defectos básicos en el enfoque actual de los problemas de economía del bienestar, argumentando la necesidad de modificar el enfoque. Coase sostenía que los economistas recomendaban la intervención gubernamental en todos aquellos casos que el mercado se apartaba de un ambiente competitivo, olvidando que “el gobierno no podía ser considerado una fuerza correctiva libre de costos”. Sostenía que los economistas debían evaluar, en primera instancia, todos los beneficios y costos de las alternativas de política propuestas y en ejecución. Las soluciones que emplean otras vías (no mercado), al igual que las de mercado, tienen costos, fenómeno olvidado usualmente por los economistas. Paralelamente, el Teorema de Coase “...sostenía que si las transacciones de mercado no son costosas, todo lo que importa (dejando de lado cuestiones de equidad) es que los derechos de las partes deben estar bien definidos y los resultados de las acciones legales deben ser fáciles de predecir. Pero (...) la situación es muy diferente si las transacciones de mercado son tan costosas que hacen muy difícil modificar el ordenamiento de derechos establecido por la ley. En tales casos, las Cortes influyen directamente en la actividad económica” (Beyer, 1992).

“Sería claramente deseable que las únicas acciones que se emprendiesen fueren aquéllas en las cuales lo ganado tuviese un mayor valor que lo perdido. Pero, al elegir entre ordenamientos sociales alternativos en cuyo contexto se toman las decisiones individuales, debemos tener en cuenta que un cambio en el sistema existente, que llevará a un mejoramiento en algunas decisiones, bien puede conducir a un empeoramiento en otras. Más aún, debemos tomar en cuenta los costos asociados a operar los distintos ordenamientos sociales (ya sea que se trate del mercado o de un departamento de gobierno), como los costos de movernos a un nuevo sistema. Al diseñar y elegir entre ordenamientos sociales debemos considerar los efectos totales”  
Coase (1960)

En definitiva el teorema de Coase postula dos cuestiones principales:

- Si es posible realizar las transacciones sin costo de transacción alguno y los derechos de propiedad están establecidos claramente, sea cual sea la asignación inicial de esos derechos se producirá una redistribución cuyo resultado será el de máxima eficiencia.
- Si las transacciones implican costos que impiden que los derechos sean redistribuidos, sólo habrá una asignación inicial de los mismos que permita la máxima eficiencia.

Del teorema de Coase se deduce que el Derecho tiene varias funciones de capital importancia para alcanzar la eficiencia económica. La primera es que la eficiencia requiere que los derechos estén establecidos con claridad, sin contradicciones ni omisiones. En segundo lugar, si los costos de transacción impiden los intercambios, teóricamente sería posible establecer una asignación inicial de derechos que permita garantizar la máxima eficiencia. Y en tercer lugar, el Derecho permite incrementar la eficiencia global del sistema reduciendo los costos de transacción. La falta de seguridad jurídica genera costos de transacción mayores, por ello resulta clave la necesidad de prevenir y desalentar el incumplimiento de los contratos.

### 3.1.3.3 Nueva Economía Institucional.

El abordaje institucional de la economía surge como corriente de pensamiento económico en Estados Unidos con Thorstein Veblen a fines del siglo XIX, propiciando estudios empíricos inductivos, centrándose en las instituciones de cada sistema económico. “El institucionalismo es ante todo una corriente de pensamiento no

convencional. Se concentra en el problema básico de la organización de la economía como un sistema, incluyendo en él al mercado”. (Lopez, 2004)

La Teoría Neoinstitucional trata de explicar el desarrollo económico desde un enfoque multidisciplinar, como un proceso histórico, centrandolo en el rol institucional en la economía. Parte de conceptos como la teoría de agencia, la información imperfecta, la presencia de costos de transacción, etc, llegando a la conclusión de que el mercado no es capaz por sí sólo de resolver todos los problemas, por lo que justifican la intervención del Estado. El principal aporte consiste en volver a introducir a las instituciones en la teoría del desarrollo, sumando conceptos de varias disciplinas como la psicología, el derecho, la sociología, la ciencia política, etc. (Miguel & Vasco, 2009)

La Nueva Economía Institucional consiguió el “retorno de las instituciones” a la corriente principal de la ciencia económica, desarrollando ampliamente la teoría y el análisis institucional a partir de los aportes de Ronald Coase y los costos de transacción, y de las instituciones de Douglass North. En la actualidad existe un amplio consenso en torno a las ciencias sociales, y especialmente en la económica, en cuanto a que las instituciones son importantes y son susceptibles de ser analizadas. La obtención del Premio Nobel de Economía en 2009 por parte de O. Williamson y E. Ostrom consolidó el protagonismo y reconocimiento de este nuevo enfoque institucional. Simultáneamente, la Economía de los Recursos Naturales incorporó los condicionantes institucionales en la gestión de los recursos. De esta forma, los progresos de la nueva economía institucional permiten importantes desarrollos del análisis institucional en el campo de la economía de los recursos naturales, tal como es evidenciado en los trabajos de E. Ostrom (Miguez & Gil, 2010).

Este enfoque permite abordar analíticamente los derechos de propiedad, el rol del Estado, aspectos organizativos y transaccionales, la función del capital social y el cambio institucional en la gestión de los recursos. De esta forma, se establecen los fundamentos necesarios para abordar la matriz institucional en la gobernanza de los recursos naturales. La gestión de muchos recursos naturales como las pesquerías, los bosques o el agua constituye un problema importante a ser abordado en la actualidad. Abordar los aspectos institucionales y de gobernanza es esencial para entender la problemática de los recursos comunes y aproximar soluciones.

Ronald Coase (1937, 1960) señaló que la realidad económica se caracteriza por la existencia de costos de transacción positivos, pudiendo entenderlos como los recursos usados para establecer, mantener e intercambiar los derechos de propiedad, es decir, como los costos que se derivan de la suscripción ex-ante de un contrato y de su control y cumplimiento ex-post. Por otra parte North (1990) define a las instituciones como “las reglas de juego que permiten reducir los costos de transacción”, donde se incluyen las reglas y normas, formales e informales y los mecanismos de cumplimiento. Por lo tanto, los costos de transacción pueden llegar a ser tan elevados que la definición de un marco institucional eficiente resulte más costosa que las pérdidas que implican los recursos comunes.

Como señala Miguez & Gil (2010), la historia institucional evidencia diferentes experiencias exitosas en relación a la solución del problema de los recursos comunes (o “problema de los comunes”). En general fue señalado que la estructura de gobernanza puede fundamentarse en derechos de propiedad privada (el caso de la propiedad de la tierra por ejemplo), en propiedad estatal (los parques naturales) o en estructuras híbridas donde se conjugan la propiedad privada y la regulación estatal (la gestión de muchas pesquerías). Conjuntamente a estas formas de propiedad privada, estatal y mixta, se han enfatizado soluciones impulsadas directamente por comunidades locales. Ostrom manifestó la relevancia del capital social para la

gobernanza de los comunes, y se desarrolló una vasta literatura sobre el rol del capital social en la gestión del agua, bosques, cambio climático, etc.

Por lo tanto, el análisis institucional debe ser específico al contexto, valorando cada situación desde el punto de vista ecológico, como así también social. Como señala Williamson (2000), para proceder al estudio de la gestión de los recursos naturales, es posible distinguir cuatro niveles de análisis social: (1) un primer nivel incluye normas, cultura y hábitos fruto de la evolución social; (2) en el segundo se sitúan las decisiones tomadas colectivamente y por el Estado; (3) en el tercero se analiza la estructura de gobernanza; y (4) en el cuarto se estudia la formación de precios en los mercados de recursos.

La nueva economía institucional generó desarrollos analíticos y teóricos en el segundo y tercer nivel de análisis social, por lo que estos avances constituyen fundamentos teóricos de mucho interés para la economía de los recursos naturales. El cambio institucional es fundamental para comprender la gestión de los recursos naturales a lo largo del tiempo, y la existencia de posibles beneficios sociales no es condición suficiente que garantice que los acuerdos institucionales eficientes vayan a surgir. Las posibilidades de un cambio institucional beneficioso socialmente van a depender del tamaño de las ganancias a repartir, del número y heterogeneidad de los participantes, de asimetrías y problemas informativos, de los aspectos distributivos y de la naturaleza física del recurso natural. Pero el cambio institucional no garantiza necesariamente que se tienda hacia la eficiencia, y se caracteriza por costos de transacción elevados, generando una dependencia de la senda de rendimientos crecientes. Debido a esto, es posible distinguir cuatro enfoques teóricos del cambio institucional: teorías de acción colectiva del cambio institucional (centralizado); teorías evolutivas del cambio institucional (descentralizado); teorías que incorporan aspectos de evolución y otros de diseño, y teorías del cambio institucional como equilibrio. A la hora de explicar distintos fenómenos de cambio institucional en la gestión de los recursos naturales, cada uno de estos diferentes enfoques resulta de utilidad (Miguez and Gil 2010).

Debido a problemas metodológicos y sus limitaciones prácticas, la crítica a la economía ambiental neoclásica está aumentando. A pesar de las diferencias y similitudes entre los dos enfoques alternativos como lo son el de la economía ecológica institucional y de libre mercado, no resulta imposible pensar una síntesis que comprenda ambos enfoques en el futuro. Ambos enfoques coinciden en que "las instituciones importan" y ambos hacen hincapié en la existencia de fallas del gobernanza. Esto puede ser considerado como un importante punto de encuentro futuro, optimizando los regímenes de propiedad y de gestión. Los gobiernos ya no son entendidos como las únicas autoridades en la toma de decisiones sobre la gobernanza ambiental. En cuanto a las metodologías, los economistas ecológicos institucionales derivan sus conclusiones de hallazgos empíricos, mientras que los economistas de libre mercado, deducen sus postulados teóricos a partir de estudios de casos. Mientras que las conclusiones de los primeros son específicas y pueden ser falseadas por otros hallazgos empíricos, las proposiciones de los segundos pueden ser desafiadas en el plano teórico (Slavíková et al., 2010).

#### 3.1.3.4 Visión integrada para la gestión del agua

Si se aceptan los principios de la sustentabilidad débil, también se considera válido la utilización de las metodologías desarrolladas por este enfoque disciplinar para asignar de forma eficiente los recursos ambientales. Paralelamente, como fue señalado, otros enfoques consideran incorrecto estudiar y cuantificar impactos ambientales de manera aislada, sin comprender la globalidad de los sistemas en los que los mismos se

producen. Como señalan Aguilera & Alcántara (2011): *“En la medida en la que el sistema socioeconómico modifica los sistemas biológicos, se ve obligado a su vez a adaptar el primero a los cambios introducidos en el segundo, de manera que es capaz de comprender las modificaciones en el ecosistema - de adquirir un nuevo conocimiento – que le permita utilizar adecuadamente los mismos, para lo cual necesita crear nuevas instituciones en el sentido de nuevas leyes, reglas o normas sociales de comportamiento”*.

El cambio climático, la incertidumbre futura en la provisión de agua, el aumento de la población, y el aumento de la demanda de agua, seguirá incrementando la necesidad de encontrar medidas efectivas y rentables para la conservación de los recursos. La agricultura de regadío es el mayor usuario de agua en el mundo, por lo que los gobiernos, las organizaciones, proveedores de agua, y los agricultores siguen buscando medidas que incrementen su productividad. A pesar de la importancia de promover la conservación del agua en la agricultura, poco se ha hecho en integrar las dimensiones hidrológicas, económicas, institucionales y de políticas de conservación.

La gestión de cuencas sostenible exige mayores niveles de integración entre grupos de científicos naturales y sociales, usuarios y administradores de la tierra y del agua, planificadores y responsables políticos de todas las escalas espaciales. Impulsores de políticas múltiples, que abarca las comunidades urbanas y rurales y su relación con la tierra y el uso del agua, han dado lugar a la necesidad de un marco de toma de decisiones integrado que opera desde la escala nacional estratégico a escala de cuenca local. La falta de integración entre las políticas se ha traducido en el resultado incierto de sus medidas. Es necesario que los científicos naturales y sociales trabajen más estrechamente, para proporcionar un sólido análisis de la situación del medio ambiente que tenga en cuenta plenamente los ajustes biofísicos, sociales, políticos y económicos. El uso combinado de las tecnologías espaciales, los escenarios, los indicadores y el análisis multicriterio son cada vez más utilizados para permitir una mejor integración de la gestión sostenible de cuencas (Macleod et al., 2007).

Siendo que los arreglos institucionales para los sectores de la agricultura y el agua son complejos y multidimensionales, la integración por lo tanto, no puede lograrse a través de un proceso de política simplista «aditivo». La integración efectiva requiere el desarrollo de un nuevo enfoque de colaboración para la gobernabilidad que esté diseñado para los distintos niveles y sus interacciones, en contextos complejos y de incertidumbre, con interdependencia entre intereses diversos. Por ello se promueve una gobernanza colaborativa entre los responsables políticos y los investigadores dado el entorno de complejidad e incertidumbre. Dada la naturaleza de los retos políticos y científicos asociados al integrar la gestión del agua y la agricultura, es que precisamente este tipo de enfoques proactivos, experimentales, y colaborativos puedan ser desarrollados en el futuro. Requiere especial esfuerzo en el desarrollo de la comprensión mutua, negociación y cooperación dada por las diferencias políticas, organizativas y disciplinarias para que los intereses en conflicto puedan ser superados. Cuando se combina con la investigación interdisciplinaria, la gobernanza colaborativa ofrece un modelo normativo viable debido a su énfasis en la reciprocidad, las relaciones, el aprendizaje y la creatividad. El principio subyacente bajo este enfoque es que las políticas inevitablemente son diseñadas sobre la base de información científica incompleta, y por lo tanto deben ser tratados como experimentos de ensayo de prueba y error que se adaptan en el tiempo sobre la base del seguimiento, retroalimentación y su evaluación científica. En última instancia, el éxito dependerá del desarrollo de canales transparentes y legítimos de diálogo y colaboración que conecten lo local, a nivel de cuenca, nacional e internacional para la gobernanza y la investigación en la materia (Fish et al., 2010).

“En principio es conocido que en el corto plazo los objetivos de crecimiento económico, equidad y sustentabilidad ambiental son conflictivos entre sí en gran parte debido a la lentitud con que se aplica el progreso técnico para conocer y manipular adecuadamente los ecosistemas intervenidos. Dicho de otra forma significa que en el corto plazo, si se privilegia uno de estos tres objetivos los otros se ven afectados” CEPAL (1994). Por ello, en el proceso de toma de decisiones al evaluar una política de intervención, es posible asumir que existen soluciones de compromisos entre la dimensión económica, la dimensión social/institucional y la ecológica, ya que no es posible maximizarlas todas al mismo tiempo. A pesar de las limitaciones en cuanto al alcance del presente estudio, se considera relevante integrar las tres dimensiones en el proceso de toma de decisiones, dando relevancia a la participación de los involucrados a lo largo de todo el proceso para fortalecer la gobernanza en la gestión de los recursos.

## 3.2. Gestión de los recursos hídricos.

### 3.2.1 Introducción.

Los sistemas hidrológicos son sistemas complejos e interactúan con el resto del ecosistema, con el medio social y el sistema económico. La escasez de agua, tanto en sus manifestaciones cuantitativas y cualitativas, se perfila como un desafío para el desarrollo de muchos países. En los países donde existen límites físicos a la expansión del agua dulce, la cantidad de agua disponible es una preocupación clave. Teniendo en cuenta las graves consecuencias ecológicas y económicas, la crisis del agua debe ser vista en un sentido mucho más amplio que como una mera cuestión de la escasez. La crisis del agua puede evitarse mejorando el uso y gestión del agua. Pero la tarea no es fácil, ya que implica cambios radicales en la forma en que los recursos hídricos son utilizados, asignados y gestionados. Preguntas sobre cómo diseñar, iniciar y sostener estos cambios y hacer frente al desafío del agua sobre una base duradera, dentro de las limitaciones económicas, ecológicas y políticas están en el centro del debate sobre el agua, tanto a nivel nacional como internacional. Como telón de fondo de la discusión posterior, la crisis del agua, y sus fundamentos institucionales, deben ser vistos y entendidos en todas las dimensiones, sobre todo desde una perspectiva global (Saleth & Dinar, 2004).

El agua es un recurso natural finito necesario para el mantenimiento de la vida y de los sistemas ecológicos y un recurso fundamental para la vida, el desarrollo económico y social. Del total de agua en la tierra, sólo un 2.5% es agua dulce y un 0.4% es agua superficial y atmosférica. (Shiklomanov et al., 2003)

En la Cumbre Mundial sobre la Alimentación FAO (1996) se planteó el “...desafío de la seguridad alimentaria mundial en los albores de un tercer milenio que, si no se mantiene la vigilancia, podría ser el de las guerras por el agua y los alimentos”. En la Tercera Cumbre sobre Seguridad Alimentaria FAO (2009), se reconoció que incrementar la productividad agrícola es el medio principal para satisfacer la creciente demanda de alimentos dadas las limitaciones relativas al aumento de la cantidad de tierra y agua usada para la producción alimentaria. Por ello el agua es un recurso indispensable e insustituible para la producción de alimentos en un mundo en donde las demandas actuales y futuras ponen cada vez más en relevancia su importancia.

### 3.2.2 Caracterización de las fases en la economía del agua

Dada la demanda creciente y la complejidad señalada en la gestión de los recursos hídricos, muchos países están enfrentando limitaciones caracterizadas por una oferta inelástica de agua en el largo plazo. Randall (1981) al analizar la economía del agua

en Australia, realizó una caracterización para distintos conceptos de la fase expansionista y madura del agua. Señaló que las primeras fases de desarrollo de la política hídrica se centran principalmente en el desarrollo de infraestructuras hidráulicas como lo son las obras de captación, transporte y distribución del recurso hídrico. En la medida que se pasa de la fase expansionista a la fase madura del agua, se va trasladando el énfasis desde la oferta a la demanda. A continuación se presentan las características principales de las distintas fases de desarrollo.

Concepto	Fase expansionista	Fase madura
Oferta de agua a largo plazo	Elástica	Inelástica
Demanda de agua	* Reducida pero creciente; elástica a precios bajos e inelástica a precios altos	* Elevada y creciente; elástica a precios bajos e inelástica a precios altos
Estado de los sistemas de almacenamiento y distribución	En buenas condiciones la mayor parte	Una proporción substancial se han quedado obsoletos y precisan reparaciones y renovaciones
Competencia por el agua entre los usuarios	mínima	intensa
Externalidades y conflictos	mínimos	Acentuados: sobreexplotación de recursos, salinización, contaminación del agua
Coste social de subvencionar el agua	Relativamente bajo	Elevado y creciente
* Se hace referencia a la elasticidad precio de la demanda		

Tabla 2-1: Características de las fases expansionista y madura. (Randall 1981) Adaptado por Fonseca (Fonseca 1999)

El presente estudio se desarrollará tomando como referencia un área y un sistema que involucra el 90% del agua represada en la provincia de Jujuy y dos de las actividades económicas más importantes para dicha provincia. Si bien la infraestructura desarrollada en dicho sistema es de una envergadura importante, esto no agota las posibilidades de una mayor utilización de los recursos hídricos provinciales fundamentados en el desarrollo de estudios específicos.

A continuación se describen los instrumentos para la gestión del recurso como el precio del agua, la modernización de regadíos, los mercados de agua y la política de subsidios.

### 3.2.3 El precio del agua

En un sistema de mercado idealmente competitivo se generará la asignación óptima de los recursos escasos a través de un mecanismo de precios. En este mercado confluyen diversos agentes económicos que actuando de manera racional, intentan maximizar sus funciones objetivos. Los precios son, en definitiva, las señales proporcionadas por dicho mercado. Ahora bien, en el mundo real, el funcionamiento del sistema de mercado no es perfecto por diversas razones ampliamente señaladas en la bibliografía económica, y en particular cuando se hace referencia a los bienes ambientales.

Por otra parte, el concepto de valor ha tenido su evolución en el pensamiento económico a lo largo de la historia. La teoría del valor objetiva, compartida por los clásicos, definía que el valor era determinado por la cantidad total de trabajo que se requiere para producir un bien. La teoría de valor subjetiva en cambio, se enfocaba en la utilidad marginal derivada del consumo. El concepto moderno de valor está basado en la idea de Jeremy Bentham (1748-1832) según la cual el valor económico de un bien proviene del nivel de satisfacción que le genera a un individuo (Vásquez Lavin et

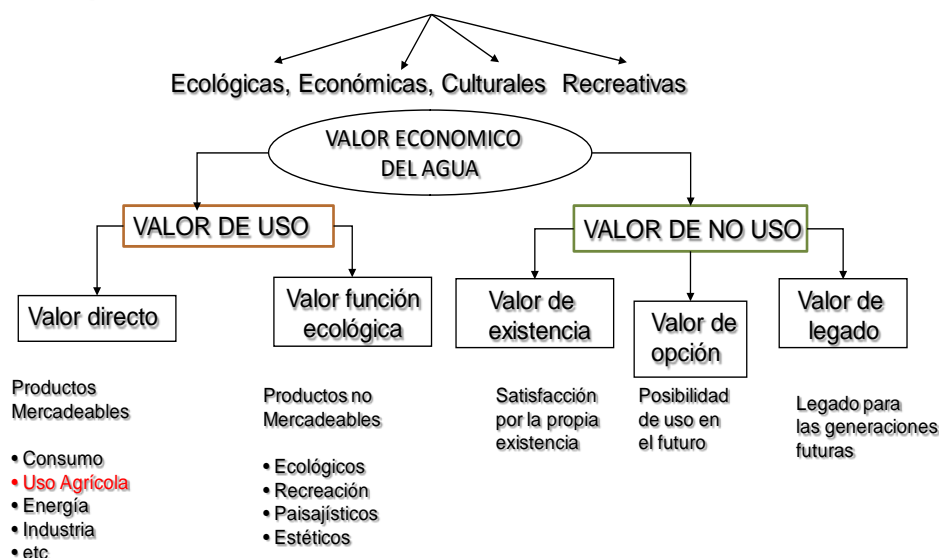


al., 2007). Ahora bien, valorar económicamente un bien ambiental significa contar con un indicador en términos monetarios que permita expresar la importancia que tiene para la sociedad ese bien. No obstante, la valoración monetaria no quiere decir valoración de mercado, sino la elección de un denominador común (el dinero) utilizado para valorarlo (Azqueta Oyarzun, 1998). En el presente estudio, por tarifa del agua se hace referencia al monto total de dinero que tiene que hacer frente el productor para disponer de agua en su chacra para su uso productivo. Este monto en dinero implica para el productor un costo, e incluye diversos conceptos que se detallan posteriormente (Tabla 4-6: Detalle de los montos pagados por los productores por la provisión de agua), donde uno de los componentes es el valor monetario del agua como insumo productivo pagado en concepto de “canon”.

Usualmente se ha tendido a valorar el agua como un simple recurso productivo, relegando al olvido otros muchos valores de carácter ambiental y social que posee, y que es ineludible considerar. Por ello se conceptualiza una valoración económica rigurosa que parta de la contabilidad y análisis de los costes y beneficios que se derivan del uso del agua como factor productivo, tanto en el sector agrario como en el industrial y en el de servicios. Desde esta perspectiva, la valoración del agua en función de los costes que induce su disponibilidad debería ser, cuando menos, un punto de partida. La amortización de infraestructuras, junto a costos de mantenimiento y gestión de los sistemas de regulación, transporte y distribución, serían, en este sentido, la base del valor económico de los suministros urbanos, industriales y agrícolas. Por otra parte, el valor económico de un bien no depende sólo de los costos que exige su disponibilidad, sino también de su utilidad y escasez. En el caso del agua, la utilidad implica, cada vez de forma más relevante, considerar la calidad del recurso, pues la productividad en sus diversos usos depende en gran medida de sus características fisicoquímicas. Desde un punto de vista económico, de estricta eficiencia en la asignación, la sociedad debería procurar que las necesidades que se satisfacen con un determinado uso del recurso no fuesen menos prioritarias que aquéllas que se sacrifican al no poder contar con él en las mismas condiciones de tiempo, espacio geográfico, gradiente, salinidad, calidad, etc. En otras palabras: que no tengan un menor valor social que aquellas necesidades que no son satisfechas. Como es natural, siendo el agua un recurso de primera necesidad, esta función esencial para la vida de las personas domina sobre cualquier otra.

Por otro lado, la creciente valoración de las funciones ambientales del agua y de su trascendencia sobre el entorno, así como de los servicios ambientales que brindan y sus repercusiones sobre la salud y calidad de vida, exigen una profundización del concepto de “valor económico del agua”. En la ilustración siguiente, se presenta la composición del valor económico total del agua (Hodge & Dunn, 1992).

## El agua dentro del ciclo hídrico en sus distintas manifestaciones



Adaptado de Hodge y Dunn 1992

Ilustración 2-1: Diagrama del Valor Económico del Agua

En el presente estudio, y en relación a la dimensión económica, se pondrá el énfasis en la valoración del uso directo del agua para uso agrícola, como insumo insustituible en la función de producción de bienes agropecuarios. Se hará referencia al “precio del agua” como la valoración monetaria basada en una curva inversa de demanda elaborada a tal fin, donde se inferirán los distintos precios y cantidades determinadas en un “modelo hipotético” (no un mercado explícito donde se transa dicho bien), el cuál será presentado y fundamentado metodológicamente más adelante en el presente estudio.

El aumento de las presiones económicas sobre los recursos hídricos está llevando a los países a reconsiderar varios mecanismos para mejorar la eficiencia del uso del agua. Esto es especialmente cierto para la agricultura de riego, un gran consumidor de agua. Garantizar precios justos es visto como una manera de distribuir el agua, pero la forma de lograr esto sigue siendo un tema discutible. Los métodos de asignación del agua son sensibles a los entornos físicos, sociales, institucionales y políticos, por lo que es necesario diseñar mecanismos de asignación en consecuencia. Johansson (2002) pasa revista a opiniones actuales y anteriores sobre la distribución del agua de riego con un enfoque en la eficiencia, la equidad, las instituciones de agua, y la economía política de la distribución del agua. El aumento de la presión demográfica, la mejora de los niveles de vida y la creciente demanda de calidad ambiental han presionado a los gobiernos a buscar mejores formas de gestionar sus recursos hídricos disponibles. A pesar de suponer que los usuarios del agua son los que deben pagar el costo marginal del suministro para alcanzar un uso más eficiente del recurso, la implementación de estas políticas es improbable y en muchos casos imposible de ser aplicadas. Es por esta razón por la que se observa un creciente énfasis en la descentralización, en la reforma de la política, y en la importancia de la eficiencia en los mecanismos de asignación del agua.

El precio del agua puede ser una herramienta eficaz para lograr un uso más eficiente, siempre que sea apoyada por otras políticas. Es una herramienta atractiva para el logro

de la eficiencia en el uso del agua y la sostenibilidad financiera de los organismos de suministro. Sin embargo, el aumento de los precios no siempre logra el objetivo de conservarla. Los agricultores a menudo tienen una baja elasticidad precio de la demanda y responden, además, a los mayores precios de manera compleja, a veces mediante la ampliación de la superficie cultivada (por ejemplo cuando el cobro es por cargo fijo por hectárea y la recuperación de costos requiere pagar los costos fijos de riego, aunque en este caso no puede considerarse estrictamente un precio sino un cargo). Por ello, la eficacia de los precios y cargos por el uso o disponibilidad del agua para la conservación no puede darse por sentada y necesita ser evaluada en el contexto de la zona geográfica en particular, las formas de cultivo, los arreglos institucionales y las políticas agrícolas. La reforma institucional debe garantizar un servicio confiable para que los precios del agua sean adecuados y aceptables para los agricultores, así como las ventajas que poseen la transparencia en la gestión y la participación y empoderamiento de los agricultores en la toma de decisiones. Asimismo, se sugiere la aplicación de diversos acuerdos de fijación de precios del agua y la recuperación de costos para la asignación eficiente. Se debe tener en cuenta cualquier impacto adverso sobre la renta de los agricultores, como así también que el incremento de precios debe ser acompañado de un servicio confiable. La experiencia de varios países sugiere una variedad de temas para implementar. Los complementos esenciales a la política de precios del agua son las reglas de distribución del agua y las opciones tecnológicas en los nodos críticos en el sistema de administración que permiten a los agricultores flexibilidad en la conservación en respuesta a precios más altos. Entre las instituciones de apoyo, las asociaciones de usuarios del agua parecen más prioritarias que los mercados del agua (Dinar & Mody, 2004).

Diversos estudios analizan la respuesta de los agricultores de regadío a diferentes precios del agua. En España (García Mollá, 2000) indica que en el caso de la agricultura de regadíos valencianos, la aplicación de un precio público para el agua no conseguiría mejoras en la eficiencia en el uso del recurso hasta niveles muy altos de precios. Mientras los agricultores piensan que los aportes adicionales del agua mejoran su producción en cantidad y calidad y estas mejoras sean valoradas por el mercado, no se producirán las disminuciones de los aportes. La imposición de un precio público para el agua no fomentaría la instalación de técnicas ahorradoras. El goteo no es percibido por muchos agricultores como una técnica ahorradora de agua y, aunque esto sea así, no es instalado por este motivo sino porque se consiguen ahorros de otros factores de producción con más peso en los costes totales, como la mano de obra, fertilizantes y fitosanitarios, y por las mejoras en la calidad. Los ahorros de agua conseguidos no justifican por sí solos la inversión necesaria a los precios del agua bajos vigentes. Por lo tanto no es probable que la imposición de un precio público fomente el ahorro. Si lo que se pretende es trasladar los costes completos al usuario, el primer problema sería definir qué es lo que se debe incluir en este amplio concepto. Como lo señala la Directiva Marco del Agua, el precio del agua deberá recoger los costes del servicio, los costes de oportunidad o de escasez y las externalidades.

En otro estudio se analizó a partir de un modelo teórico que la disposición a pagar por una tecnología ahorradora de agua depende del precio del agua, de la elasticidad-precio de la demanda de agua y del grado de ahorro de agua que permite la tecnología que se valora. Basado en el modelo propuesto por Caswell & Zilverman (1985), se analizó la adopción de tecnología de regadío mediante un modelo matemático de decisión individual, que permitió establecer una relación interesante, señalando que la subida de precio del agua tiene un efecto ambiguo sobre la voluntad de pago por la mejora técnica ahorradora de agua. En concreto, tiene un efecto positivo si la demanda de agua es inelástica y un efecto negativo si la demanda de agua es elástica, concluyendo que existe una voluntad de pago positiva a medida que se incrementa el

porcentaje de ahorro, mientras que el precio del agua tiene un resultado ambiguo dependiendo de la elasticidad-precio de la demanda de agua de riego (Fernandez Vazquez & Arias Sampedro, 2003).

En otro trabajo sobre eficiencia y productividad del agua en la horticultura intensiva litoral del sureste español, se analizaron 230 encuestas directas a horticultores y 50 entrevistas a técnicos agrarios realizadas en la campaña 2004/05, calculando la productividad aparente y los precios de nivelación y cierre para los cultivos más característicos. Seguidamente se estimó la disposición al pago por el agua de los horticultores, la cual muestra una relación positiva con los niveles de eficiencia técnica previamente estimados para este sistema productivo. En primer lugar, cabe destacar que, pese a que el precio pagado por el recurso es muy oneroso en el contexto general de la agricultura española, su importancia dentro de la estructura total de costes es muy reducida, de tal forma que los horticultores disfrutan de un amplio margen de maniobra ante el encarecimiento resultante de ese input productivo. En efecto, el sistema productivo analizado podría afrontar un notable incremento del precio del agua de riego. Si el horizonte de la actividad está dominado por la incertidumbre no es, pues, por causas relacionadas con el coste del agua. El precio final al que aceptarían pagar por el agua es más del doble que el precio medio pagado actualmente. Asimismo se pone en evidencia la mayor disposición a pagar por el agua de los agricultores más eficientes, así como la relación positiva entre mayor precio pagado por el agua y mayores niveles de eficiencia, lo cual corrobora de forma empírica el hecho de que un precio mayor en un input induce a una mejor gestión del mismo. (Colino Sueiras & Martínez-Paz, 2007)

Mesa-Jurado et al. (2012) evalúan el valor que los agricultores dan a la garantía de suministro de agua en un contexto de escasez. Se reveló que los agricultores están dispuestos a aumentar en un 10% a un 20% del pago anual y, por otra parte, que están dispuestos a recibir un 30% en promedio menos de su concesión de agua, para aumentar la garantía de suministro. Estos resultados confirman que cuando el agua es escasa, los agricultores valoran más la mayor garantía. Esto pone de manifiesto que los agricultores perciben como beneficioso este cambio, proporcionando evidencias a la predisposición de medidas o estrategias que permitan dicha mejora.

A partir de un análisis de las funciones de demanda de agua de riego de los agricultores individuales de Túnez, se demostró que los que son más eficientes técnicamente tienen funciones menos elásticas de demanda de agua de riego; estos agricultores ajustarán la demanda sólo de forma limitada hasta el grado de poder pagar el precio del agua. Por el contrario, los precios del agua afectan significativamente más a los menos eficientes. Estos agricultores cambian a un patrón de cultivo diferente utilizando mucho menos agua y más tierra cuando el precio del agua aumenta. Por lo tanto, los precios más altos de agua amenazarían el sustento de esta categoría si no se mejora su eficiencia. Sin embargo, si la eficiencia técnica de estos agricultores mejorara, entonces sería más difícil alcanzar los objetivos de ahorro de agua, ya que su demanda también se convertirá en muy inelástica. Los resultados tienen implicaciones importantes en vista de los objetivos de la política de aguas de Túnez que incluyen: recuperación total de costos, la continuidad de la actividad de riego y el ahorro de agua a nivel nacional (Frija et al., 2011).

Las investigaciones recientes sugieren que las consecuencias hidrológicas y económicas regionales deben ser consideradas antes de la adopción de políticas de fomento de la tecnología de riego que promuevan la eficiencia. (Medellín-Azuara et al., 2012)

La investigación de los efectos regionales de las inversiones en eficiencia de riego se basa en la predicción de cómo los agricultores adoptarán la tecnología y las prácticas

de riego en respuesta a las distintas políticas de gestión del agua. Ante el racionamiento del agua, el cambio en los precios, los subsidios y otras políticas, los agricultores suelen compensar el uso del agua con las inversiones para mejorar la eficiencia del riego con el fin de maximizar los beneficios. Para investigar las posibles respuestas, se realizaron simulaciones de política que incluyeron un aumento en el precio del agua, el racionamiento de agua, y subsidios para mejorar la eficiencia de riego. Los resultados han demostrado que subsidiar la tecnología de riego puede tener poco efecto sobre el total de tierra y agua utilizada, por lo tanto no promueven la conservación del agua sin otros incentivos o medidas. De las tres políticas simuladas, un aumento del precio del agua del 20% es la política más conducente al aumento de la productividad agrícola del agua (43%).

En relación a la forma en que se cobra el agua a los agricultores, la Directiva Marco del Agua Europea y los estados miembros de la UE, están obligados a implementar sistemas de gestión eficiente y los métodos de fijación de precios apropiados. Para ello se examinaron los efectos económicos por el precio cobrado a los agricultores a partir de la introducción de dos métodos diferentes para fijar el precio de riego en el área mediterránea. El primer método, basado en la dosificación del agua, se conoce como el método de fijación de precios volumétrica. El segundo es un método de fijación de precios basado en la superficie, se cobra por hectárea de acuerdo con el uso del agua promedio estimado para cada cultivo. Los efectos posibles son analizados bajo dos escenarios: en primer lugar, los métodos se aplican a las condiciones de precios del agua observados, en segundo lugar, un cargo adicional se introduce para recuperar los costos de suministro. Los resultados muestran que la introducción de un cargo adicional a través del método de fijación de precios volumétrica podría estimular la sustitución de agua suministrada a través de las redes colectivas con las aguas subterráneas. Esto podría afectar negativamente a la situación financiera de la asociación de usuarios del agua y tener consecuencias ambientales negativas. En cambio, este resultado negativo no surge en el caso de que un cargo adicional se aplique a través del método de fijación de precios basado en la superficie irrigada (Dono et al. (2010)).

Durante los años 90 del pasado siglo la política de precios ganó popularidad como medio de ganar eficiencia tanto social, como ambiental y económicamente. La aparición de la Declaración de Dublín en 1992, seguida por la Declaración de Río, el mismo año, pone de manifiesto el debate existente entre los políticos y expertos sobre los diferentes objetivos de la gestión del recurso. Mientras la Declaración de Dublín observa el agua como un bien económico la de Río indica que el agua es un bien social y que, tanto su cantidad como su calidad, han de ser cuidadas. Estas divergencias también se reflejan en los debates existentes sobre el precio del agua. Las agencias internacionales de desarrollo promovieron durante los años 90 iniciativas para que se utilizara el precio del agua como herramienta de gestión del recurso. En los primeros años de presente siglo, pese a la creciente resistencia social, la Directiva Europea Marco de Agua promueve el uso de precios del agua que reflejen la escasez. Recientemente, muchos países están teniendo que afrontar crecientes escaseces en el recurso debidas a las crecientes demandas y a la disminución de la oferta por el cambio climático, por lo que muchas agencias, regiones y países han vuelto a utilizar políticas de precios de agua que pueden ayudar al manejo del recurso escaso (Dinar et al., 2015).

Recientemente Dinar et al. (2015) han realizado una exhaustiva recopilación de casos sobre la aplicación de políticas de precios del agua en países desarrollados y en desarrollo. Llegan a la conclusión de que los precios del agua se han convertido en un punto clave en la gestión del agua, a causa de que las inversiones en nuevas tecnologías que garanticen el suministro necesitan de una gran cantidad de

financiación pública y privada. Además los precios del agua pueden ser usados como herramienta para garantizar la calidad ambiental.

Muchas de las observaciones realizadas en este trabajo sugieren que esta herramienta ha dejado de tener la connotación negativa que tenía en el pasado y que las tarifas basadas en incentivos son más utilizadas que solo las que cubren el objetivo de recuperación de costes y que se ha producido un cambio entre el objetivo de eficiencia a uno más amplio que cubre la eficiencia social y ambiental.

#### 3.2.4 La modernización de regadíos

La modernización de regadíos tiene gran relevancia en el presente estudio, ya que el objetivo de ahorro de agua se obtiene a través de la sustitución tecnológica entre riego tecnificado y riego por gravedad. El cambio en las eficiencias técnicas por el uso de las nuevas tecnologías persigue el objetivo de mejorar el abastecimiento de agua en el área servida por la presa (ítem 3.5.2 y 4.3.4).

##### 3.2.4.1 Introducción

La conservación del agua generalmente hace referencia a las técnicas de ahorro de agua que se pueden lograr a través de una tecnología o la intervención de una política en particular. Desde una perspectiva económica, la definición de conservación requiere, sin embargo, que los beneficios de una tecnología o política superen los costes de la intervención. (Baumann et al.,1984).

Para Schumpeter (1978) las innovaciones han sido el motor del cambio tecnológico provocando cambios irreversibles en los procesos y factores de producción. Consideró el proceso de producción como una combinación de fuerzas productivas, las que, a su vez, están compuestas por fuerzas materiales y fuerzas inmateriales. Las fuerzas materiales las componen los llamados factores originales de la producción (Tierra, Trabajo y Capital). Las fuerzas inmateriales las componen los “hechos técnicos” y los “hechos de organización social” que, al igual que los factores materiales, también condicionan la naturaleza y el nivel del desarrollo económico. Su gran aporte a la discusión teórica prevaleciente en esos momentos, es que introduce el fenómeno de la innovación y del empresario innovador, ya que hasta entonces la escuela neoclásica, manejaba la teoría de que los factores de producción, eran los causantes del desarrollo económico y, por lo tanto, de la dinámica del sistema capitalista en su conjunto.

En el sector agropecuario, la revolución verde es la denominación usada internacionalmente para describir el importante incremento de la productividad agrícola, liderada por Norman E Borlaug con ayuda de organizaciones agrícolas internacionales. Las perspectivas optimistas de la revolución verde con respecto a la erradicación del hambre y la desnutrición en los países subdesarrollados, ha cambiado casi totalmente el proceso de producción y venta de los productos agrícolas. Esta revolución es identificada con las tecnologías desarrolladas en países industrializados de la post guerra, basados en modelos de insumos que dieron lugar al incremento de los rendimientos agrícolas, acompañados de mejoras en los centros de experimentación agrícola que permitieron producir nuevos conocimientos técnicos, inversiones en el sector industrial para desarrollar, producir y comercializar los nuevos insumos, y elevar la capacitación de los productores para poder utilizarlos. Gonzalez-Regidor (1987) señala que existen numerosas evidencias que muestran que la revolución verde no se adecuó a las realidades sociales y económicas, ni a la dotación de recursos de varios países, por lo que el balance de adopción de estas técnicas pudo haber implicado elevados costos sociales. De todas formas, la revolución verde dejó muchas enseñanzas que contribuyeron a que el mundo diera un gran paso adelante en productividad agrícola. Pero también entrañó unas presiones sobre el medio ambiente

que podrían haberse evitado con las nuevas prácticas de la agricultura sostenible (Naciones Unidas, 2002).

Janvry & Martinez (1972) caracterizaron el cambio tecnológico en el sector agropecuario argentino en el marco de la teoría de innovaciones inducidas, señalando que el cambio en el precio relativo de los factores induce a la generación de tecnología con un determinado sesgo, es decir un cambio tecnológico ahorrador del factor encarecido. “...*El cambio en los precios relativos estimulará la búsqueda de nuevos métodos de producción que usen más del factor que se ha abaratado y menos del que se ha encarecido...*” (J.R. Hicks, 1964). Los aspectos más importantes subrayados son a.- El tamaño de la “tarifa implícita”, o divergencia existente entre el conjunto de precios relativos internos para los productos e insumos y los niveles vigentes en el mercado mundial. b.- El stock de conocimiento científico c.- Los mayores costos de investigación. e.- El riesgo en el conocimiento de los precios relativos para la decisión de innovación. Estos autores, señalan que las distintas tecnologías tienen impactos diferentes sobre la asignación de recursos, el nivel de los rendimientos, el bienestar de los productores y consumidores, y la apropiabilidad de los beneficios de la investigación. Propusieron una clasificación de las innovaciones, en mecánicas, biológicas, químicas y agronómicas. Desde el marco conceptual de la estática comparativa, en una economía de mercado, la condición necesaria para la adopción de una nueva tecnología radicarán en su rentabilidad económica. El impacto sobre el nivel óptimo de los recursos utilizados en el sector será función no sólo del sesgo de la innovación, sino la acción combinada de este, de la elasticidad de la demanda de los productos finales y de la elasticidad de la oferta de los recursos. Asimismo se señala que los mecanismos de decisión para la inducción de innovaciones seguirán distintos canales según la posibilidad de apropiación privada de los beneficios generados por la investigación. Hayami & Ruttan (1971) señalan que las innovaciones que ahorran los factores caracterizados por una oferta inelástica, o por menores desplazamientos en su oferta, aparecen como más beneficiosas para los productores agropecuarios. Los productores son inducidos por cambios en los precios relativos hacia la búsqueda de alternativas técnicas que ahorran el factor de producción crecientemente escaso. Presionan a las entidades públicas de investigación para que se desarrolle una nueva tecnología, y también demandan a las compañías de insumos agropecuarios, técnicas e insumos con los cuales sustituir los factores escasos. Investigadores científicos y empresarios responden poniendo a disposición de los productores nuevas posibilidades técnicas y nuevos insumos que permiten al productor sustituir los factores crecientemente abundantes por aquellos crecientemente escasos, guiando de esta forma la demanda de los productores por una reducción de los costos de producción en una dirección socialmente óptima. Los paquetes de tecnología que combinan distintos tipos de innovaciones, generalmente serán ahorradores de tierra (y/o agua), uso intensivo de capital y mano de obra, e incrementadores de rendimientos.

Por otra parte, al analizar el sistema nacional de innovación desde una perspectiva histórica, el paradigma tecnológico, según Freeman (1995) señala que se encuentra condicionado por cinco dimensiones a considerar en el crecimiento económico que son: la ciencia, la tecnología, la economía, la política, y la cultura. Contrariamente al fenómeno de globalización, este autor remarca la importancia de los sistemas nacionales y regionales de innovación como necesarios para que las empresas innoven, y esencial para cualquier análisis económico.

Según señala el padre de la revolución verde mencionado anteriormente, en el siglo XXI se debe concretar una “Revolución Azul” en la cual la productividad asociada con el uso del agua debe estar acorde con la productividad del uso de la tierra. El mejoramiento genético continuo de los cultivos alimenticios, tanto mediante

herramientas convencionales como biotecnológicas, es necesaria para incrementar los rendimientos, así como su estabilidad (Borlaug & Dowsell, 2002).

Particularmente en referencia a la modernización de regadíos como la tecnología que, entre otros aspectos es en principio ahorradora del factor agua, la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO (1997<sup>a</sup>) la define como:

*“La modernización de regadíos es un proceso de mejora técnica y de la gestión de los sistemas de riego (en oposición a la mera rehabilitación), acompañada de reformas institucionales en caso necesario, con el objeto de mejorar la utilización de los recursos (agua, trabajo...) y el servicio de suministro de agua a las explotaciones”.*

Burt et al. (1999) señalan que la modernización de regadíos es un proceso de cambio orientado desde el suministro al servicio. Involucra cambios institucionales, organizacionales y tecnológicos. El proceso de modernización se reconoce como una opción estratégica para aumentar la productividad del agua, la producción total, y la producción económica de los sistemas de riego de gravedad.

Desde el punto de vista económico la innovación tecnológica consiste en una o más modificaciones en la combinación de factores en la función de producción, que posibilita la obtención de más producto con la misma cantidad de insumos o factores, o la misma cantidad de producto con menos insumos o factores, manteniendo la relación insumo-producto original.

A continuación se presentará la evolución del conocimiento tecnológico en relación a los determinantes que inciden en la adopción de la modernización, sus efectos en general, y en particular sobre el ahorro del agua. La modernización considerada en el presente estudio consiste en la sustitución de riego gravitacional por riego localizado, por lo que se estima no sólo un ahorro de agua a nivel de parcela productiva debido a dicha sustitución, sino también los beneficios asociados percibidos por los productores en relación al uso de dicha tecnología.

#### 3.2.4.2 Factores de adopción

Las nuevas tecnologías pueden mejorar la eficiencia de la producción agrícola y pueden proporcionar algunos importantes beneficios externos tales como la conservación de los recursos. El riego tecnificado es un buen ejemplo de este principio ya que la difusión de la tecnología de riego puede reducir la aplicación de agua y en última instancia ayudar a reducir los desvíos de agua debido a los excesos de demanda.

El fenómeno de la adopción de la tecnología es un problema central en la economía agrícola. Los distintos modelos teóricos de la adopción muestran que los patrones observados de difusión dependen críticamente de las relaciones entre los diferentes elementos tales como los riesgos asociados con diversas tecnologías, la naturaleza de las actitudes de los agricultores a esos riesgos, la existencia de costos de adopción fijos (ya sea reales o imputados) y la disponibilidad de financiamiento. Innovaciones similares pueden por lo tanto experimentar diferentes patrones de adopción en diferentes áreas y diferentes grupos de agricultores. En concreto, la relación entre el tamaño de la explotación y adopción puede tomar diferentes formas, debido a una serie de factores (Feder et al., 1985).

Al analizar ciertas experiencias en la adopción, como en el caso de la citricultura valenciana, se observa que a la desigual expansión del riego por goteo subyace una problemática compleja, de tal modo que no es posible hablar de un factor determinante (precio del agua, tamaño de la explotación, etc.) cuya presencia (o ausencia) permitiría explicar con carácter general la mayor (menor) expansión de esta tecnología. Por



tanto, parece más conveniente hablar de una pluralidad de factores y procesos que definen entornos más o menos favorables a la difusión de esta innovación. Esta pluralidad de factores puede sintetizarse en la concatenación entre las características estructurales de las explotaciones (en sentido amplio) y el marco institucional (Bono, 1996).

Moreno et al. (2005) en un estudio realizado en el oeste de los Estados Unidos, han señalado que la tecnología de riego por goteo tiene como factores de adopción la calidad de la tierra, la escasa capacidad de retención y una alta pendiente. Además sus resultados indican que los incentivos financieros o aumentos de precios del agua pueden tener un poderoso efecto sobre el comportamiento de la adopción, demostrando que la adopción de la tecnología de riego de precisión es más sensible a los incentivos financieros y al costo de la tecnología que la sugerida por estudios anteriores. Un aumento en el precio del agua parece fomentar la adopción de la tecnología más eficiente (por goteo) y desalentar la adopción de la opción menos eficiente (la gravedad). Una vez más, los resultados indican que los incentivos financieros pueden ser un medio eficaz para mejorar la eficiencia de aplicación del agua en la agricultura.

En una encuesta sobre 240 productores de China sobre los factores que afectan la adopción de una tecnología de ahorro de agua en sistemas de producción de arroz, determinaron que no hay influencias significativas de la edad y ni del número de trabajadores en la probabilidad de adopción. En cuanto al sexo, administradores masculinos tenían probabilidades de adopción más altos que del sexo femenino. Asimismo las explotaciones más grandes y los productores de más altos ingresos tienen mayor probabilidad de adopción. En cuanto a la educación, los administradores con la educación media tenían pocas probabilidades de adopción, mientras que con la educación primaria y la educación superior tenía altas probabilidades de adopción. La experiencia previa también tuvo un impacto positivo, como así también la participación en el servicio de extensión (Zhou et al., 2008).

Otro estudio hecho en Alberta (Canadá) cita que el riego es por lejos el mayor consumidor de agua por lo que el gobierno depende, por tanto, de este sector para lograr el ahorro de agua para la reasignación de agua a otros sectores. (Bjornlund et al., 2009) Por lo tanto, un objetivo importante de la estrategia gubernamental fue aumentar la eficiencia en el uso del agua y la productividad. Se realizó un estudio en dos distritos de riego para determinar las medidas que los regantes han tomado y piensan tomar en el futuro para mejorar las tecnologías de riego, las prácticas de gestión, y mejorar la eficiencia del uso del agua; como así también investigar qué factores facilitan o impiden la adopción de tales medidas. Como se preveía, la tasa de adopción varió entre los dos distritos, como resultado de las diferencias en las características de producción. Las principales motivaciones para la adopción fueron la garantía de suministro de agua durante la sequía, el aumento en la cantidad y calidad de los cultivos, y el ahorro de costos, mientras que los principales obstáculos fueron las limitaciones financieras y las condiciones agrícolas físicas. Parece que la mayoría de las mejoras tecnológicas viables se han aplicado, y que serán necesarias considerables mejoras financieras o subsidios para fomentar un aumento significativo en la adopción. Asimismo, parece que hay un amplio margen de mejora a través de la adopción de mejores prácticas de gestión. Las campañas de educación que fomenten nuevas prácticas podrían producir considerables ahorros de agua en el futuro.

Durante el período 1975-2005, se investigó en España la influencia relativa del tipo de productor, la economía, la tecnología y los determinantes institucionales con el objeto de relevar por qué algunos agricultores son más rápidos en adoptar la tecnología de riego por goteo (Alcon et al., 2011).

Los resultados empíricos ponen de relieve la importancia de los factores educativos, prueba de tecnología, la disponibilidad de crédito y los factores institucionales tales como la disponibilidad de agua y el precio, las redes de información y los factores políticos, así como los efectos sistemáticos que influyen en la decisión de adopción durante la vida del productor. El estudio también confirma el papel del precio del agua para determinar la velocidad de adopción de innovaciones de ahorro de agua. Es ahora lugar común sostener que la fijación de precios adecuados de los recursos es clave para la regulación del uso, y este estudio ha demostrado que estos impactos se manifiestan a través de canales secundarios, tales como la elección de la tecnología y la inversión de capital, y no sólo los impactos directos sobre la demanda. En el caso de las tecnologías de riego, se señaló como relevante el elevado precio del agua Caswell et al. (1990), ya que alienta la adopción anticipada de tecnología.

En relación a la importancia de la transmisión de la información en la promoción de la adopción de tecnología agrícola y difusión a través de los servicios de extensión y el aprendizaje social, se desarrolló un modelo teórico de adopción y difusión de tecnología, luego aplicado empíricamente en olivares en las granjas de Creta (Grecia). El hallazgo sugiere que tanto los servicios de extensión y aprendizaje social son fuertes determinantes de la adopción y difusión de tecnología, mientras que la eficacia de cada uno de los dos canales de información se ve reforzada por la presencia del otro (Genius et al., 2013).

En síntesis, los factores de adopción serán más o menos relevantes dependiendo de las características particulares del ámbito donde se trabaje, por lo que no es posible señalar un factor determinante en términos genéricos al momento de adoptar una tecnología. De todas formas como factores comunes relevados en las distintas experiencias se puede resaltar a los incentivos financieros y/o la disponibilidad de financiamiento, el precio del agua y el costo de la tecnología como variables del mercado, y a factores educativos, redes de información y aspectos institucionales como elementos relevantes a la hora de adoptar una tecnología.

#### 3.2.4.3 El debate sobre la modernización y la eficiencia en el uso del agua

Es común que los científicos y los profesionales que no forman parte de los discursos nacionales o comunales sobre el agua, puedan ordenar las prioridades para lo que es económica y ecológicamente racional en pos de guiar el desarrollo de la política. Por el otro lado, el discurso político se centra en que será posible comunicar la idea de que más se puede lograr con menos y que la mejor gestión del agua es algo sobre lo que puede haber un consenso, a pesar de que en realidad sólo algunas opciones ideales de asignación y gestión del agua son políticamente factibles. Más importante aún, las medidas de las que se pueden lograr la mayor eficiencia en el uso del agua son aquellas en la cuales los decisores tendrían que pagar costos políticos de las decisiones, por lo tanto rara vez se toman. En consecuencia, la eficiencia en la asignación se visualiza de forma muy diferente por los profesionales del agua en comparación con los involucrados en las decisiones de políticas económicas. La reasignación del agua es un acto profundamente político. Perjudica a algunos y beneficia a otros, por lo que existe demasiada tensión política asociada a la reasignación del agua y demasiados costos políticos que pagar (Allan, 1999).

Por otra parte, la eficiencia de riego como medida compleja y útil del desempeño del riego, se encuentra en una posición vulnerable desde el punto de vista científico respecto al problema del agua de cómo y por qué mejorar la eficiencia. Esto trae múltiples riesgos; errores en la terminología empleada; pobre compromiso con los usuarios locales en el tema; métodos computacionales inadecuados; y falta de análisis adecuados en pos de lograr visiones comunes. Además, el debate entre la "eficiencia y

productividad" no contribuye a progresar, ya que los ingenieros siguen pensando en términos clásicos, cuando en muchas situaciones no es apropiado; la falta de conocimiento no contribuye a la formulación de políticas serias; y los científicos parecen incapaces de ponerse de acuerdo sobre los métodos de evaluación del desempeño. La eficiencia de riego como una sola medida de performance, es la que genera a los científicos las dudas mencionadas. Por ello, el concepto de eficiencia debe ser abordado de forma plural e interdisciplinaria (Lankford, 2012).

En general, se proponen las mejoras en la gestión del riego para incrementar la producción agrícola y la reducción de la demanda de agua. La terminología para este debate es a menudo deficiente, ya que no aclara el uso real del agua en los flujos de evaporación, transpiración, y de retorno, que dependiendo de las condiciones locales, puede ser recuperable. Una vez identificados estos flujos, la literatura existente sugiere que las posibilidades de ahorro en el uso consuntivo de agua a través de las tecnologías avanzadas de riego es a menudo limitado. Además, las interacciones entre la evaporación y la transpiración, y la transpiración y el rendimiento del cultivo, están directamente correlacionados con los aumentos en el consumo de agua. Las oportunidades para mejorar el rendimiento de los sistemas de riego sin duda existen, pero son cada vez más difícil de conseguir, y rara vez de la magnitud sugerida en el debate popular (Perry et al., 2009).

Por otra parte, el riego por goteo figura en los debates sobre políticas del agua como una posible solución a los problemas de escasez de agua, basado en la afirmación de que mejorará la eficiencia de uso del agua (Van der Kooij et al., 2013).

Muestran a través de una revisión sistemática de la literatura, que el término de eficiencia significa diferentes cosas para diferentes personas, y puede referirse a distintos elementos en el balance hídrico. Se llega a la conclusión de que las ganancias de eficiencia de riego por goteo sólo se lograrán bajo ciertas condiciones operacionales, y sólo se aplica a las escalas espaciales y temporales muy específicas. Por lo tanto, a diferencia de las declaraciones y entusiasmo general sobre las expectativas de aumento de la eficiencia de agua asociados con el goteo sólo se harán realidad, en circunstancias muy específicas.

Por lo general, la mejora de la eficiencia en el uso del agua se presenta como una oportunidad para grandes ahorros de agua, especialmente en el sector agrícola. Las advertencias de que esto no puede traducirse en una reducción del consumo se asocia a veces con el efecto rebote o la paradoja de Jevons (William Stanley Jevons), quien afirma que el perfeccionamiento tecnológico aumenta la eficiencia con la que se usa un recurso, lo más probable es que aumente el consumo de dicho recurso, en vez de disminuir. Sin embargo, puede ser que sea conceptualmente errónea cuando se aplica al agua ya que refuerza el mito sobre el examen del ahorro y la eficiencia del agua, y puede ser también demasiado restrictiva. La reciente modernización de las prácticas de riego en España pone de manifiesto que el efecto rebote es sólo una de las numerosas posibles consecuencias de las mejoras de eficiencia (Dumont et al., 2013).

Asimismo, es necesario identificar los principales componentes del uso ineficiente del agua generalmente ignorado en las discusiones teóricas. Al abordar el concepto de la productividad del agua más allá de la simple eficiencia, y se identifican importantes "beneficios colaterales" que, si bien se ignoran en la mayoría de las evaluaciones de las cuencas, incluyen mejora de la calidad del agua, el aumento de la producción, una mayor fiabilidad, disminución de la demanda de energía, y la reducción o retraso de las inversiones en infraestructuras. Es preciso tener procedimientos de contabilidad de agua adecuados con el fin de identificar las oportunidades de ahorro de agua. No hay respuestas universales simplistas para resolver el problema del ahorro de agua por lo tanto, la combinación de las soluciones desde la oferta a la demanda pueden variar de

acuerdo a lo que es hidrológicamente, económica, social y políticamente posible. La gestión sostenible del agua requiere de un enfoque integrado de cuenca específico que permita el análisis de todas las soluciones para poder compararlo de manera sistemática (Gleick et al., 2011).

Las mejoras de riego pueden presentar consecuencias no deseadas cuando se consideran escalas más amplias y múltiples usos del agua Lankford (2012). Scott et al. (2014) enumeran distintas paradojas que se pueden producir en el proceso de adopción de nuevas tecnologías ahorradoras de agua. Por último en otro proceso denominado la paradoja sectorial, se observa que el ahorro de agua no es reasignado a otros usos alternativos.

En un proceso llamado la paradoja de la eficiencia, el ahorro de agua conduce a un mayor uso de agua a través de la expansión del riego. Otro proceso relacionado pero distinto llamado la paradoja de escala, el agua "perdida" aguas arriba al sustituir la tecnología para el ahorro del agua, deja de cumplir su función eco sistémica aguas abajo en la cuenca, según lo observado por Perry (2011).

#### 3.2.4.4 Experiencias en distintos países. Resultados y evaluación de la modernización.

Conocer los resultados de la aplicación de la tecnología constituye un elemento de gran utilidad para la toma de decisiones en materia de política tecnológica. En este apartado se señalan algunos resultados y experiencias sobre los efectos de la modernización de los sistemas de riego.

En general, está ampliamente difundido que las medidas de política que fomentan la adopción de tecnologías de riego para la conservación de agua liberan agua para los usos urbanos y el medio ambiente. Sin embargo, hay pocos análisis integrados que hayan puesto a prueba esta hipótesis. En el estudio de la Cuenca del Río Grande Superior de América del Norte, se presentan los resultados de un análisis a escala de cuenca integrado, vinculando las dimensiones biofísica, hidrológica, agronómica, económica, política, y las institucionales (Ward & Pulido-Velazquez, 2008).

Se analizaron a su vez, una serie de políticas de conservación del agua por su efecto sobre el agua utilizada en el riego y el agua ahorrada. Contrariamente a las creencias de muchos, los resultados muestran que los subsidios para el ahorro del agua es poco probable que permitan reducir el consumo de agua en condiciones que se dan en muchas cuencas fluviales. La adopción de tecnologías de riego más eficientes reduce los flujos de retorno para la recarga de los acuíferos. Las políticas dirigidas a la reducción de las aplicaciones de agua en realidad pueden promover el agotamiento de agua. El logro de ahorros reales de agua requiere el diseño, las medidas técnicas, institucionales y contables que hacen un seguimiento con precisión y premian económicamente a la reducción del derroche de agua.

Analizando la modernización de regadíos español, Brau Lecina et al. (2011) observaron un profundo cambio de la estructura productiva del sector agrario. Sus implicaciones superan el ámbito de las infraestructuras hidráulicas, al implicar la transformación hacia una agricultura competitiva. Una de las consecuencias de este proceso es el cambio en el modo de aprovechar los recursos hídricos en el sector agrario. Un cambio que a su vez podría tener repercusiones en la hidrología de las cuencas. Se analizaron las consecuencias de la modernización sobre el consumo de agua aplicando la metodología de la contabilidad del agua. Para ello se han considerado los resultados obtenidos en distintos proyectos de investigación desarrollados en la cuenca del Ebro. Se llega a las siguientes conclusiones: 1.- La modernización de regadíos orientada al incremento de la productividad agraria supone un incremento del consumo de agua. 2.- La modernización de regadíos mejora la

calidad de las masas de agua receptoras de los retornos de riego. 3.- Tras la modernización de las infraestructuras se debe modernizar su gestión para obtener el máximo beneficio de la inversión realizada. 4.- La contabilidad del agua constituye una herramienta de gran utilidad para evaluar el impacto hidrológico del regadío en una cuenca. 5.- La evolución futura del consumo de agua del sector agrario estará influenciada por múltiples factores, además de la modernización de regadíos. La sustitución de sistemas de riego por superficie por sistemas de riego presurizados supondrá un aumento del consumo de agua. No obstante, la magnitud de este impacto estará supeditada a la mejora de la gestión del agua y la evolución de los precios de las materias primas agrarias y de la energía.

En relación a los objetivos de diseño de riego se remarca que se debe combinar tanto aspectos técnicos, como sociales como: la necesidad de considerar la climatología y los equipos de riego; la importancia del factor humano en la explotación de los sistemas diseñados; y las importantes diferencias entre el agua que los agricultores programan y las que se aplican (Playán Jubillar, 2011).

Otro efecto detectado en la modernización de regadíos para la conservación del agua en Alto Aragón (España) como caso de estudio, utilizando un enfoque conceptual basado en la contabilidad y la productividad del agua, observaron que la evapotranspiración del cultivo y la evapotranspiración no benéfica por unidad de superficie, son más altos en los regadíos por aspersión. Los sistemas de riego modernos presentan rendimiento de los cultivos y pautas de cultivo más intensas que los sistemas de riego de superficie tradicionales. Los resultados indican que la modernización del riego aumentará el agotamiento y el uso del agua (Lecina et al., 2010a).

El mismo procedimiento fue aplicado en la Confederación Hidrográfica del Ebro (NE de España), donde se analizaron los efectos de los procesos de modernización del riego en la cantidad y calidad del agua. El proceso de modernización de regadíos vinculado a un aumento de la productividad de la tierra implica un aumento de la evapotranspiración benéfica. Si la ubicación de las zonas de regadío y la calidad de los flujos de retorno de irrigación permiten su reutilización, este aumento de la evapotranspiración implica un agotamiento del agua, contrariamente a los casos donde la evapotranspiración no benéfica y la reutilización de la escorrentía/percolación es baja. Por lo tanto en los casos señalados, la disponibilidad de agua se verá reducida, debido a la modernización de regadíos por aspersión, a pesar del aumento de la eficiencia del riego en la finca (Lecina et al., 2010b).

En procesos de modernización que se han llevado a cabo en los distritos de riego en el sur de España con el objetivo principal de mejorar la eficiencia del uso del agua, muestra que el uso consuntivo ha aumentado, debido principalmente a un cambio en la rotación de cultivos. Los costos de operación y mantenimiento del sistema han aumentado de forma espectacular (400%) y la energía para el bombeo de sistemas presurizados es mucho mayor ahora en comparación con los sistemas de alimentación por gravedad utilizados anteriormente (Rodríguez-Díaz et al., 2011). Asimismo se analizó el concepto de eficiencia del agua aplicada a la agricultura española en el nivel macro, mediante la evaluación de iniciativas de políticas nacionales recientes y programas de inversión pública en la última década para modernizar el riego, que anticipaba un gran ahorro de agua (Lopez-Gunn et al., 2012). Este concepto pierde precisión cuando se lo aplica a diferentes escalas de análisis. Entonces, la "eficiencia del agua" se enmarca en su contexto socio-político, al observar los debates y discusiones sobre el pasado, el papel actual y futuro de riego, los criterios y objetivos de los planes de modernización de riego a gran escala, ligados a los derechos de agua y la asignación, beneficios y beneficiarios del ahorro de agua, y de importantes

consecuencias imprevistas y co-beneficios de la modernización, como también la reforma de las políticas agrícolas. Finalmente se identifica el papel central desempeñado a nivel nacional, europeo y mundial por las políticas agrícolas (y de energía) como los factores externos clave para la viabilidad en el largo plazo del riego tecnificado en términos sociales, ambientales, económicos, y de productividad. La política de agua en España se interpreta como sinónimo de política de riego, por lo que existe un debate pendiente a nivel nacional y regional sobre la productividad y viabilidad en términos sociales, hidrológicos y ecológicos del proceso de modernización. Con el fin de evaluar si la modernización del riego ha supuesto un cambio en la política hacia la gestión de la demanda, es necesario realizar una evaluación ex post en profundidad que involucre los beneficios sociales, económicos y ambientales. Al analizar la performance dinámica en la gestión de los distritos de riego sujeto a la escasez de agua y la modernización a través del tiempo en el Campo de Cartagena en la Demarcación del Segura (España), seleccionaron un conjunto de indicadores de desempeño para caracterizar el efecto de los procesos específicos (modernización) o circunstancias (escasez de agua) en el servicio o el comportamiento del distrito de riego. Los resultados muestran claramente que las restricciones al suministro de agua han contribuido en mucho mayor grado que el proceso de modernización. El enfoque tradicional con indicadores de desempeño constantes o estacionarios es inapropiado en zonas con escasez de agua, donde los indicadores deben ser considerados en periodos específicos. Por lo tanto, de acuerdo con García-Vila et al. (2008), se llega a la conclusión de que la mejora de la gestión del riego mediante la evaluación comparativa en áreas sujetas a períodos de escasez de agua requiere un buen conocimiento del funcionamiento del sistema durante largos periodos de tiempo. Los resultados también ponen de manifiesto que hay dos tipos diferentes de procesos de modernización: (a) las modernizaciones de "primera generación", que implica la presurización de redes de distribución, y (b) las modernizaciones "segunda generación" que se caracterizan por centrarse en la automatización de la infraestructura y los servicios hidráulicos. Las de primera generación normalmente han producido una reducción del desvío de agua en el sistema de distribución como consecuencia de la mejora en la eficiencia de conducción y los cambios en los sistemas de riego presurizado; un aumento muy importante de los costos de gestión, operación y mantenimiento debido a que la energía demandada es mucho mayor; y un cambio progresivo en los patrones de cultivo hacia cultivos más rentables. Como resultado, se producen cambios muy importantes en los indicadores de desempeño. En los de segunda generación en cambio, se producen moderadas variaciones en los indicadores de desempeño (Soto-García et al., 2013).

A partir del esfuerzo destinado a modernizar los regadíos valencianos, la consecuencia de la adopción del modelo de gestión de la demanda, se ha materializado en una importante expansión del riego por goteo. En tan sólo dos décadas se ha transformado más de la mitad de la superficie regada (Sanchis Ibor et al., 2014). A diferencia de otros procesos históricos de cambio tecnológico, el papel desempeñado por las administraciones públicas en la implantación del riego localizado ha sido determinante. La confluencia de unas incuestionables necesidades hídricas con determinados compromisos y estrategias políticas precipitó el desarrollo de una activa promoción pública del cambio tecnológico, que durante algunos años, merced a la bonanza presupuestaria, se materializó en un ritmo vertiginoso. Este generoso y apresurado compromiso público no ha contado con un análisis previo que permitiera a las administraciones públicas, y también a los usuarios, ser más selectivos en sus inversiones y controlar la eficiencia del esfuerzo financiero en términos de cumplimiento de objetivos. Buena parte del apoyo financiero se prestó sin la existencia de suficientes estudios previos o auditorías que valoraran, para cada caso, los ahorros estimados en consumo de agua y energía, por lo que junto a experiencias

muy exitosas podemos encontrar otros casos donde la rentabilidad de la inversión es cuanto menos dudosa. En lo que respecta al ahorro de recursos hídricos, y a escala de comunidades de regantes, existe una cierta unanimidad en los casos de estudio considerados, en muchos casos se han alcanzado ahorros importantes. Las características productivas de los regadíos valencianos facilitan que la implantación del riego localizado no genere los incrementos en el consumo observados en otros ámbitos por un posterior cambio de cultivo. Otra cuestión es el destino que con posterioridad se le den a los recursos ahorrados y que finalmente se generen ahorros a escala de cuenca. Por el momento, la única mejora observada es la reducción de las extracciones de aguas subterráneas, que en algunos casos, ha permitido una recuperación de los acuíferos. El ahorro energético es por el contrario, muy limitado, cuando no se ha generado un incremento de los costes del riego. Se sugiere para el futuro, más que una política indiscriminada de promoción del cambio tecnológico, se hace necesaria la aplicación de medidas previas de evaluación y análisis de los sistemas de riego, destinadas tanto a determinar las capacidades de ahorro del recurso, como las afecciones sobre el consumo energético y la viabilidad económica de las inversiones.

Para el caso Argentino, la mejora del desempeño de los sistemas de riego fue el objetivo principal de las comunidades de riego en los últimos 30 años. Las intervenciones “modernizadoras” fueron inicialmente ingenieriles, luego priorizaron los aspectos organizativos, más tarde la participación de los usuarios y más recientemente incorporando simultáneamente todos los aspectos incluido la revalorización de la importancia de la operación y su redefinición. La Evaluación de Desempeño (ED) de los sistemas de riego toma fuerza en la década del 90’s, evolucionando desde propuestas de indicadores construidos sin un marco estructural y con visiones y objetivos diferentes, a propuestas con un marco teórico claro, integradoras de diferentes objetivos (Prieto & Angella, 2007). Entre los varios usos de la ED están: la obtención de la línea de base pre-proyecto, la justificación de intervenciones; investigar relaciones causa-efecto, comparar sistemas y sub-sistemas, resaltar aspectos estratégicos u operativos que requieren correcciones; como etapa inicial en la propuesta metodológica para modernizar la gestión y como una actividad necesariamente rutinaria de la gestión moderna. Se realizó un estudio integral del desempeño del Proyecto de Irrigación del Río Dulce en Santiago del Estero (PRD), Argentina, que tuvo como objetivos específicos caracterizar el entorno operativo y evaluar el uso de indicadores externos a nivel anual y mensual para identificar diferencias e inequidades en la distribución del agua a nivel secundario. Los resultados confirmaron la utilidad de la ED para identificar bolsones de inequidad y la necesidad de incluirla como parte del proceso de operación; para este estudio se concluyó que el PRD es un sistema con una alta disponibilidad de agua; que existen inequidades entre los ocho canales secundarios del sistema; que existe inequidad en el uso del agua de riego pero que aún los de menor consumo realizan un uso excesivo de la misma; que el cálculo mensual de los indicadores enriqueció la información y confirmó una gran desuniformidad en el uso del agua a lo largo del año en todos los canales.

Según el documento de FAO (2001) sobre la experiencia de varios proyectos en Argentina, Perú y México, señalan como conclusiones que: *“... es más probable que la modernización sea exitosa si las ideas provienen de los agricultores: es más aceptable el riego a presión y viceversa el riego por gravedad recibe menor consideración; el futuro desarrollo del riego debería ser por presión; es necesario otorgar gran atención a la distribución eficiente del agua; de lo contrario, las altas pérdidas de agua, el robo de agua y el riego no programado continuarán; el pago de una tarifa por los servicios de agua continuará siendo un problema hasta que los agricultores adquieran el concepto de que el agua no puede ser obtenida*

*gratuitamente; proporcionar asistencia técnica adecuada a los agricultores debe ser una tarea hecha con suma atención. A pesar de toda la capacitación realizada todavía hay grandes deficiencias en el conocimiento de los agricultores acerca de las prácticas agrícolas, los requerimientos de agua y los turnos de riego; cada sistema requiere soluciones específicas: la modernización siempre incluye el mejoramiento físico de la infraestructura pero la forma en que es hecha y otras necesidades, son todas específicas del lugar... Los estudios de caso indicaron que en razón de una seria competencia por el agua, el sistema de entrega de agua para riego tiene que ser eficiente desde el inicio o de lo contrario el sistema cesará de existir. Confiar en contribuciones y subsidios gubernamentales no es más una opción válida. Los tres casos de modernización citados fueron exitosos desde el momento en que los agricultores tomaron conciencia de que era necesario introducir cambios. Sin embargo, la tecnología está cambiando tan rápidamente que puede ser necesario modernizar en forma más o menos continua de modo de adaptarse a las circunstancias cambiantes”.*

Como consideración final se puede resaltar la importancia de la definición de los objetivos de la modernización para poder evaluar claramente la política, y si dicha modernización involucra no sólo los aspectos productivos, sino también los ambientales y sociales. Por otra parte, cada sistema requiere de soluciones específicas, por lo que resulta difícil generalizar. El conocimiento del sistema y la medición de las variables relevantes a las distintas escalas de análisis, son elementos fundamentales a la hora de evaluar ex post los objetivos de las políticas. El enfoque integral, donde se incluyan todas las dimensiones a escala de cuenca, es probable que brinde más elementos para evaluar la modernización en el marco de una política tecnológica.

### 3.2.5 Los mercados de agua

#### 3.2.5.1 Introducción

La rápida liberalización de las economías en desarrollo fomentó la diversificación agrícola y la comercialización. La prevalencia de los métodos de asignación de agua tendió a limitar la flexibilidad de los agricultores para reasignar recursos en respuesta a cambios en los incentivos. La reforma de los mecanismos de asignación de agua se ha quedado por detrás en relación a otros sectores de insumos, en gran parte debido a las características físicas, tecnológicas y económicas que el recurso agua posee, para establecer los derechos de agua y su asignación basada en el mercado. Hay evidencia de la flexibilidad física en la mayoría de los sistemas de riego que permiten la diversificación de cultivos; que la asignación del agua y de los cultivos responden al valor de la escasez de agua; y que los mercados de derechos de agua comerciables se pueden implementar eficazmente con un diseño adecuado de los derechos de aguas, de las instituciones y regulaciones. Para Rosegrant et al. (1995), las experiencias en Chile, México y California pueden proporcionar orientación para solucionar los complejos aspectos que surjan en el proceso de implementación de un sistema de mercados en derechos de agua.

Muchos argumentan que los mercados de agua son un medio útil para mejorar la eficiencia cuando la información perfecta no está disponible para los responsables políticos. Pero las circunstancias en que los mercados de agua son viables sigue siendo una cuestión abierta, debido a las estructuras institucionales y físicas necesarias que pueden o no estar disponibles. Mientras que las asignaciones eficientes ayudarán a satisfacer la creciente demanda de agua, continúa el debate sobre el papel de la agricultura de riego, como instrumento de desarrollo y como medio para redistribuir la riqueza entre los productores y consumidores a través de precios más baratos de los alimentos básicos. Los mercados de agua servirán para aumentar el costo del agua de



riego para la mayoría de los agricultores en todo el mundo, y cuando el valor de la escasez se refleje en un alto precio del agua, se presionará a los agricultores de subsistencia a dejar la producción. En tales casos las cuotas de agua (transables), pueden ser más adecuadas a las consideraciones de equidad, y el mecanismo preferido de asignación. Las soluciones de compromiso entre la eficiencia y la equidad, y la utilización de las asignaciones de agua para hacer frente a la pobreza en muchas regiones del mundo son preguntas importantes que requieren mayor investigación. Asimismo, existen interrogantes sin respuesta respecto de las asignaciones sostenibles a largo plazo entre los usuarios en la agricultura y otros sectores de la economía. ¿Hasta qué punto los mercados de agua son soluciones a la escasez de agua de largo plazo cuando se incorporan las preocupaciones ambientales? ¿Qué efecto tendrá la descentralización en la producción agrícola y en el resto de la economía? ¿Cuáles son las fuerzas que se están moviendo hacia la descentralización o la (re) centralización? Las respuestas a estas preguntas son difíciles de generalizar. Cada país o región tiene instituciones específicas, geografía e historia que deben considerarse al examinar estas cuestiones y al prescribir alternativas políticas (Johansson, 2002).

### 3.2.5.2 El modelo chileno de mercados de agua

Durante 15 años, Chile ha sido el ejemplo líder internacional de las políticas pro mercado de los recursos hídricos, y su Código de Aguas de 1981 ha sido promocionado como un modelo a seguir para otros países. Los mercados del agua son controvertidos en la teoría y la práctica: sus beneficios potenciales incluyen una mayor eficiencia y flexibilidad de uso del agua y una menor intervención y gastos del Estado; mientras que sus desventajas incluyen la incapacidad de contabilizar las externalidades sociales y ambientales, la vulnerabilidad a los altos costos de las transacciones y otros ejemplos comunes de "fallas de mercado." Ningún país ha tomado el experimento de Chile, ya que su Código de Aguas ha privatizado los derechos de agua, la reducción de la administración del Estado, e intentó estimular un mercado libre de derechos de agua. Los resultados han sido mixtos y desiguales. La lección del caso chileno es que la creación de mercados de agua es más difícil y más complicada de lo que parece, incluso en el ámbito bastante simple de las transferencias de riego. Esto sugiere que el modelo chileno es algo de lo que hay que aprender, más que copiar (Bauer, 1997).

Posteriormente Bauer señala que el Código de Aguas del libre mercado fue un hito importante al cumplir 20 años en octubre de 2001, tanto para los debates chilenos como para los internacionales sobre política de aguas. Chile se ha convertido en ejemplo a seguir en el mundo del enfoque de libre mercado a la ley de aguas y la economía y gestión de recursos hídricos, el caso de manual de tratamiento de los derechos de agua, no sólo como propiedad privada, sino también como una mercancía totalmente comercializable. Este enfoque se refiere a menudo como el "modelo chileno".

El enfoque de libre mercado ha demostrado tener algunas ventajas económicas importantes, pero también que esos beneficios están estrechamente asociados a costos y problemas graves. El modelo chileno ha tenido dos principales beneficios económicos: la inversión privada en primer lugar, debido a que la seguridad jurídica de los derechos de propiedad privada ha fomentado el uso del agua, tanto para usos agrícolas y no agrícolas; y en segundo lugar, la libertad de comprar y vender derechos de agua ha dado lugar a la reasignación de los recursos hídricos en algunas zonas y en ciertas circunstancias. Estos son beneficios importantes, a pesar de que los incentivos de mercado han sido sólo parcialmente funcionales en la práctica, y son el tipo de resultados que las políticas pro mercado esperan fomentar. Sin embargo, estos beneficios están directamente vinculados a un marco jurídico, normativo y constitucional que no sólo ha demostrado ser rígido y resistente al cambio, sino

también incapaz de manejar los complejos problemas de la gestión de las cuencas hidrográficas, los conflictos del agua, y la protección del medio ambiente. Estos problemas más complejos, por supuesto, son precisamente los retos fundamentales de la gestión integrada de los recursos hídricos. Asimismo los agricultores pobres no han recibido mayoritariamente los beneficios económicos, lo que indica que la inequidad social es otra debilidad del marco actual. Los puntos fuertes del modelo chileno, en otras palabras, son también sus debilidades: las mismas características legales e institucionales que han llevado al éxito del modelo en algunas zonas han garantizado efectivamente su fracaso en otros.(Bauer 2005)

El argumento básico de este trabajo es que los esfuerzos internacionales para reformar las políticas del agua deben fomentar un enfoque más amplio y más interdisciplinario en la economía del agua, y que la experiencia de Chile con una ley de aguas de libre mercado muestra los problemas que pueden derivarse de tomar un enfoque demasiado limitado. Tomar un enfoque más amplio significa analizar aspectos legales, institucionales, de políticas de mercados y de los instrumentos económicos. Adoptar el enfoque económico más estrecho y más ortodoxo conduce a recomendaciones de política que no pueden cumplir adecuadamente los desafíos de la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH). El mensaje para otros países es que si adoptan el modelo chileno de mercados de agua también adoptarán sus más profundas debilidades institucionales en otras áreas de la gestión de los recursos hídricos. Las fallas en el modelo chileno son estructurales: es decir, que son parte integrante de los mismos arreglos legales e institucionales que subyacen a los mercados del agua. Estos defectos no son separables del resto del modelo. Por el contrario, son las consecuencias institucionales necesarias de tales profundas reformas de los derechos de propiedad y la regulación gubernamental de libre mercado. Los aspectos del modelo de privatización de los derechos de agua de manera incondicional, y su definición como productos comercializables libremente, están inextricablemente conectados a los aspectos que debilitan y restringen el marco regulatorio. Esto no es una cuestión teórica: en Chile estas conexiones estructurales se han demostrado en la práctica en los últimos 20 años, tanto por los resultados empíricos del Código de Aguas, como por el largo e infructuoso intento de reforma del Código de Aguas. En resumen, la experiencia chilena muestra que las disposiciones legales e institucionales que están asociados con un enfoque estrecho de libre mercado para la economía del agua no son compatibles con los necesarios para la gestión integrada y sostenible de los recursos hídricos a través del tiempo. Otra manera de poner a prueba este argumento es volver a la imagen de la GIRH y el desarrollo sostenible como un trípode cuyos tres pilares son la eficiencia económica y el crecimiento, la equidad social y la sostenibilidad ambiental. El modelo chileno de la gestión del agua tiene un pilar económico fuerte, pero débiles los pilares sociales y ambientales, por lo que de manera global está desequilibrado. Además, los pilares sociales y ambientales no se pueden reforzar sin debilitar el económico de forma que, al menos en Chile, es políticamente y constitucionalmente difícil. Además, incluso el pilar económico es más débil de lo que parece porque los mecanismos ineficaces para resolver los conflictos y la internalización de las externalidades también reducen la eficiencia económica y el crecimiento, especialmente en el largo plazo.

La actual crisis del agua se manifiesta en los problemas de escases y conflictividad creciente. Mientras que los principios económicos pueden ser herramientas poderosas para hacer frente a la escasez de agua, las instituciones jurídicas y políticas son la clave para resolver los conflictos. Por otra parte, la escasez no es simplemente un problema físico, sino que depende del contexto social y con frecuencia viene determinada por factores sociales más que los factores físicos (Aguilera-Klink et al., 2000). Esto subraya aún más la importancia de las instituciones jurídicas y políticas en

la configuración de la aplicación de principios económicos. En resumen, la experiencia chilena confirma la necesidad de una perspectiva más crítica e interdisciplinaria sobre la ley de aguas y la economía (Bauer, 2005).

### 3.2.6 Política de subsidios

Los subsidios públicos con el objeto de promover la adopción de tecnologías de riego para la conservación del agua en chacra, son citadas con frecuencia como un medio para incrementar la disponibilidad para usos de mayor valor debido a la escasez. A la luz de la creciente competencia por los suministros limitados de agua en muchas partes del oeste de los Estados Unidos, muchos abogan por un enfoque basado en subvenciones para fomentar las inversiones en tecnologías de riego para la conservación, como también para disponer de más agua para las demandas crecientes urbanas y medioambientales, y/o para prevenir pérdidas en producción e ingresos agrícolas. Por ello, se analizaron políticas hipotéticas de subsidios de conservación con respecto a sus efectos sobre los factores hidrológicos y agronómicos tales como la entrega de agua de riego, el uso consuntivo, y los flujos de retorno, así como sobre los factores económicos, incluidos los mix de cultivos, uso de insumos, la selección de tecnología de riego, y los rendimientos netos agrícolas debidos al agua. También se evaluó el costo-efectividad de los diferentes acuerdos de subvención para generar reducciones de entrega y las consecuencias que se derivan de su implementación. La adopción de medidas que mejoren la eficiencia del riego puede aumentar la producción de cultivos, reducir los costos de energía y mano de obra, influir positivamente en los ingresos del agricultor y proporcionar así un beneficio económico para las comunidades rurales donde el programa opera. Desde esta perspectiva, los programas de subsidios se ven a menudo como muy positivos, siendo esto válido especialmente en localidades donde los suministros de agua son relativamente limitados y / o altamente variables. Pero, en contraste con los supuestos subyacentes a las políticas federales, los resultados confirman y amplían los resultados académicos anteriores de que es poco probable que las políticas de subsidios promuevan una real conservación del agua (Scheierling et al., 2006).

Es por ello que los responsables políticos deberían extremar la precaución en subvencionar mejoras en la eficiencia del riego en chacra con el propósito de conservar el agua (Huffaker, 2008).

La política de subsidios a los agricultores para que inviertan en la mejora de la eficiencia del riego intrafinca esperando una mejora en la conservación del agua, ha producido efectos contrarios a los esperados. Se investigó el fracaso de esta política de conservar el agua debido a 1.- la formulación de un modelo económico de la producción de cultivos de regadío para determinar el rango donde se maximiza el beneficio del productor en respuestas a una subvención y 2.-la incorporación de estas respuestas en los diagramas hipotéticos de flujo fluvial para determinar su potencial para conservar el agua bajo diversos regímenes hidrológicos. Se desarrollaron hipótesis para predecir el potencial de conservación de una subvención aplicada al mundo real. Los responsables políticos han tendido a simplificar en exceso la cuestión de conservación de manera injustificada. En particular, tienden a suponer que el aumento de la eficiencia en la explotación agrícola de riego reduce automáticamente la aplicación de agua, y que dichas reducciones constituyen agua conservada. Esta constituye una falla ilusoria dado que enmascara el aumento en el uso consuntivo por parte de los regantes, que reducen los retornos de riego, en detrimento de otros usos del agua. Es necesario utilizar una apropiada contabilidad del agua que permita medir las externalidades de la política.

En la cuenca alta del Río Grande de Colorado, Nuevo México y Texas, EE.UU, se realizó un análisis integrado a escala de cuenca de los subsidios de conservación de agua para la agricultura de regadío (Brinegar & Ward, 2009).

Se analizaron alternativas de subvenciones públicas al riego por goteo por sus impactos económicos e hidrológicos, tanto a nivel de chacra como de cuenca. Los resultados indican que las subvenciones para la conservación de agua de riego por goteo producen varios efectos. Estos incluyen una mayor aplicación de tecnologías de conservación de agua a nivel de chacra, menos agua aplicada a los cultivos, más agua consumida por los cultivos, el aumento de los ingresos agrícolas, una mayor producción de cultivos, incremento del área irrigada, y el aumento de los beneficios económicos relacionados con el agua total de la cuenca. El riego por goteo aumenta los rendimientos de las cosechas, elevando el consumo de agua de los cultivos, tanto por hectárea como para el total de la chacra. Sin medidas correctivas que eviten estos resultados, se podría reducir la recarga de agua subterránea, para usos intermedios, ambientales, y para las generaciones futuras. Los resultados proporcionan un marco para el diseño e implementación de políticas de conservación de agua para la agricultura de regadío. La gestión del agua a nivel de cuenca presenta grandes desafíos debido a diversas interacciones entre los aspectos económicos del sistema biofísico y las instituciones. Por ello se debe integrar el sistema biofísico, institucional y económico de la cuenca en un marco unificado para orientar la política.

Por otro lado, al analizar en Serbia el incentivo económico para utilizar sistemas y estrategias de ahorro de agua para sustituir el actual sistema de riego por aspersión por sistemas de riego por goteo, el riego deficitario (DI), y el secado parcial de la raíz (PRD), con potenciales de ahorro de agua, muestran que se puede ahorrar una cantidad significativa de agua (casi 50%). Al mismo tiempo, los costos de riego aumentaron de forma significativa (más del doble), y los costos totales de producción se incrementan en un 10% (déficit de riego por goteo) y 23% (PRD) (Ørum et al., 2010). El aumento de los impuestos sobre el agua, los subsidios a la inversión, el aumento de precios de la energía y una mayor calidad de la producción o el rendimiento pueden ser incentivos para que los agricultores adopten los nuevos sistemas y estrategias.

Por lo tanto, es difícil generalizar sobre la respuesta a la aplicación de una política de subsidio, por lo que también es probable que un enfoque integral y particularizado de la cuenca en estudio, pueda brindar mejores respuestas a la hora de hacer una evaluación de dicho instrumento. Por ello, cuando se lo enfoca hacia el objetivo de ahorro de agua, pueden hacerse extensivas las consideraciones realizadas para la modernización.

#### 4. Capítulo 3: Caracterización del sistema estudiado.

##### 4.1. La política de aguas en Argentina

###### 4.1.1 Contexto en que se desarrolla la Política Hídrica

La República Argentina, tiene una superficie continental de 2.812.588 km<sup>2</sup> y de 3.761.274 km<sup>2</sup> si se considera el área antártica al sur del paralelo 60° y las islas del atlántico sur. Tiene un desarrollo continental en latitud de aproximadamente 3.700 km, y se caracteriza por poseer una gran variedad de climas y ecosistemas asociados como se presenta en la siguiente ilustración. Su territorio está dividido en 23 provincias y una ciudad autónoma, Buenos Aires, capital de la nación y sede del Gobierno federal.

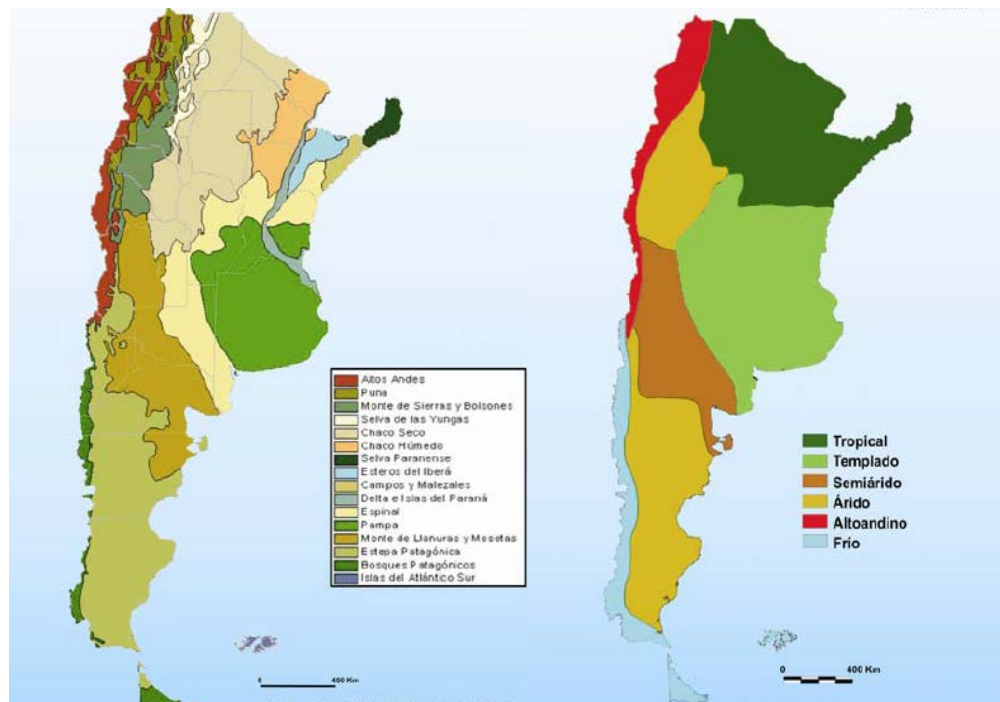


Ilustración 3-1: Clima y Ecoregiones de la República Argentina. Fuente: Sistema Nacional de Información Hídrica y Ambiental

La gran variabilidad en ecoregiones, moldeadas por la abundancia o el déficit de los recursos hídricos, determinó a lo largo de la historia los cambios en su distribución poblacional, dando origen a la aparición de grandes aglomeraciones (Secretaría de Recursos Hídricos - COHIFE, 2007).

La organización política federal de Argentina determina que corresponde a las provincias el dominio originario de los recursos hídricos, por lo que la gestión del agua es una responsabilidad de los Gobiernos provinciales. La gestión hídrica es el resultado de múltiples decisiones, públicas y privadas, que son tomadas en forma independiente. Como el agua juega un papel importante en todos los servicios públicos y en la infraestructura en la que se apoyan, es necesario coordinar las acciones de gestión hídrica de todos los que toman decisiones en forma autónoma.

A principios del año 2001, la Dirección Nacional de Políticas, Coordinación y Desarrollo Hídrico puso en marcha el programa denominado “Principios Rectores de Política Hídrica”, con el objetivo de facilitar y mejorar las relaciones entre las provincias y entre éstas y la Nación en el ámbito de la gestión hídrica. La Subsecretaría de Recursos Hídricos es la encargada de la definición de la Política

Hídrica, mientras que la Dirección Nacional de Conservación y Protección de los Recursos Hídricos es responsable de generar e implementar iniciativas relacionadas con la Política Hídrica (Decreto N° 1142 del 26 de noviembre de 2003).

El artículo 121 de la Constitución Nacional (en adelante CN), determina que las provincias conservan todo el poder no delegado al Estado Nacional por la CN en su art. 126. Existen asimismo otros poderes concurrentes, cuyo ejercicio corresponde indistinta y simultáneamente a los órdenes nacional y provincial (arts. 125 y 75 inc. 18 de la CN). Tras la enmienda constitucional de 1994, quedó establecido que corresponde a las provincias el dominio originario de sus recursos naturales. En consecuencia, todas las aguas públicas son de dominio provincial y éstas ejercen la jurisdicción sobre ellas, con excepción de la navegación, el comercio internacional o interprovincial y las relaciones internacionales, campos en los que rige la jurisdicción nacional. La coordinación en el manejo de los ríos interprovinciales se debe reglar mediante tratados (art. 125 CN.).

Según se señala en los principios rectores de la Política Hídrica, centralizar las acciones del sector hídrico en una única conducción favorece la gestión integrada de las aguas. Por ello se propicia la conformación de una única autoridad del agua en cada jurisdicción (nacional y en cada provincia) que lleve adelante la gestión integrada de los recursos hídricos. Además, esta autoridad tiene la responsabilidad de articular la planificación hídrica con los demás sectores de gobierno que planifican el uso del territorio y el desarrollo socioeconómico de la jurisdicción. La autoridad del agua debe tener independencia institucional y financiera para garantizar el cumplimiento de sus objetivos, debiendo ser además autoridad de aplicación de la legislación de aguas y contar con el poder de control necesario para su aplicación (COHIFE, 2003).

El Consejo Hídrico Federal (en adelante COHIFE) fue creado en diciembre del 2002, como resultado de la necesidad de que exista una instancia federal entre las provincias y la Nación. En esta institución las provincias pueden expresar sus opiniones ya que son ellas las que tienen la responsabilidad directa de la gestión hídrica. Su creación ha facilitado el intercambio de ideas y experiencias entre provincias que no son parte de la misma cuenca, lo cual ofrece puntos de vista diferentes pero también más afines con los que tienen los organismos nacionales. Adicionalmente les ayuda a percibir que muchos problemas y soluciones son comunes a todas las cuencas. Pertenecen al COHIFE el Estado Nacional, la Ciudad Autónoma de Buenos Aires y todas las provincias de la República Argentina, que se dividen en seis grupos, tal como se muestra en la Ilustración 3-2: Consejos Hídricos Regionales.

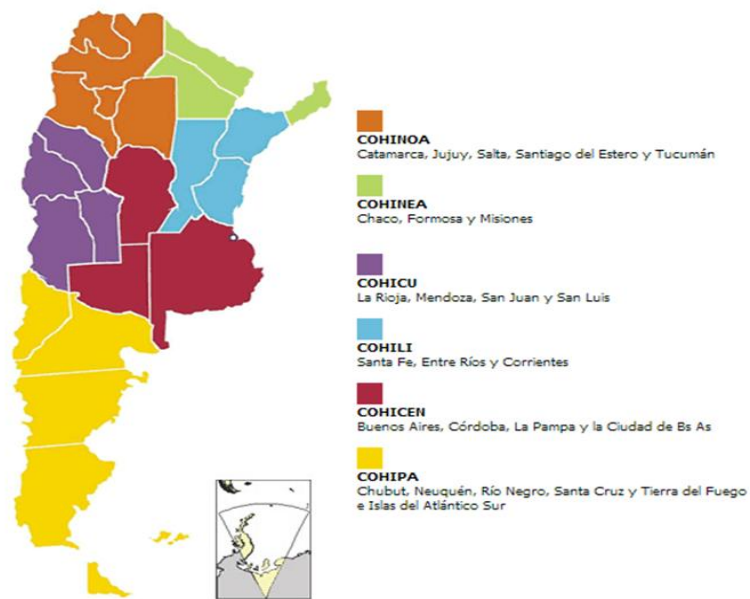


Ilustración 3-2: Consejos Hídricos Regionales (Fuente: COHIFE)

Además, dada la conveniencia de institucionalizar la cuenca como una unidad de gestión, se promueve la formación de “organizaciones de cuenca” que tienen como objetivo la gestión coordinada y participativa de los recursos hídricos dentro de sus límites territoriales. Las organizaciones de cuenca deben ejercer la coordinación intersectorial del uso del agua y en las relaciones de las organizaciones de usuarios con la autoridad hídrica. “De ello se desprende el importante rol de estas organizaciones como instancia de discusión, concertación, coordinación y cogestión de los usuarios del agua; y como instancia conciliatoria en los conflictos que pudieran emerger...”. COHIFE (2003).

Como fue mencionado, las autoridades provinciales son quienes crean los comités de cuenca dentro de sus provincias, pero también existen comités de cuenca interjurisdiccionales, que son mesas de negociación en las cuales representantes de las jurisdicciones tratan de consensuar sobre la gestión del agua en aquellas cuencas que involucran más de una jurisdicción. Como se trata de jurisdicciones autónomas, todos los acuerdos deben ser adoptados por consenso. Los objetivos de los organismos de cuenca pueden ser acordados en comités de cuenca o en las reuniones interjurisdiccionales cuando se refieren a cuestiones específicas. Como tienen funciones ejecutivas, cuentan con un presupuesto para su funcionamiento, personal gerencial, técnico y administrativo. Sus decisiones estratégicas son tomadas por votación, en un consejo de dirección en el que están representadas todas las jurisdicciones.

Particularmente para la Provincia de Jujuy, en virtud de la prescripción contenida en el artículo 75 de la Constitución de la Provincia, establece que corresponde a ésta reglar el uso y aprovechamiento de todas las aguas. En ese sentido, la Ley N° 4.090 de Administración de Recursos Hídricos y Régimen de Servicios de Agua, Saneamiento y Energía (modificada por Ley N° 4.530) asigna al Poder Ejecutivo provincial, a través de sus direcciones y organismos, todas las funciones de administración de los recursos hídricos provinciales, procurando lograr su razonable regulación y máximo aprovechamiento (Art. 4, 21 y 22). En la actualidad, la Autoridad de Aplicación en materia de aguas es la Dirección Provincial de Recursos Hídricos, entidad perteneciente a la órbita de la Secretaría de Infraestructura del Ministerio de Infraestructura y Planificación de la Provincia. En segundo lugar se encuentran los consorcios de riego previstos en el Código de Agua (Ley N° 161, modificada por

Leyes N° 2.427 y N° 4.396), formados entre todos o parte de los usuarios de un curso o depósito de agua (art. 99). Estos consorcios son personas de derecho público, creados por decreto del Poder Ejecutivo provincial, de oficio o a instancia de los interesados, que tienen por finalidad asegurar la más racional y provechosa utilización del agua pública, mediante el mantenimiento y limpieza de los acueductos, la construcción de obras, la distribución del agua y la intervención como amigable componedor o árbitro en los conflictos entre regantes (Art. 98, 99 y 100 Código de Agua). El decreto de creación de los consorcios debe señalar los inmuebles comprendidos, los usuarios consorciados y el estatuto interno del consorcio, con los derechos y obligaciones de los miembros como tales (Art. 106 y 107 Código de Agua). De otorgarse nuevas concesiones a particulares no consorciados para el uso del agua pública disponible en la circunscripción consorcial, los nuevos concesionarios serán agregados al consorcio obligatorio (Art. 112 y 122 Código de Agua). Los consorcios tienen un director o presidente y una asamblea, constituida por todos los miembros del consorcio, siendo sus decisiones obligatorias aún para los consorciados disidentes (Art. 108, 109 y 113 Código de Agua). Estos consorcios están sujetos a la vigilancia de la Autoridad de Aplicación, quien puede anular sus decisiones cuando fueran ilegítimas (art. 118 Código de Agua). Adicionalmente, el Poder Ejecutivo puede exigir que dos o más consorcios coordinen sus actividades creando a esos efectos una asociación de consorcios (art. 120 Código de Agua) (BID, 2012).

Existen consorcios consolidados en su actuación, que resulta un factor positivo de apoyo al gobierno en la administración del agua y que cuentan con información relevante del uso y aprovechamiento del agua en su zona de actuación. En el área de influencia del proyecto existen 2 consorcios, el Consorcio de Riego Valle de Pericos y el Consorcio de Riego del Canal de Chaguaral, creados respectivamente por Decreto N° 442-OP-1996 y Decreto N° 3939-OP-1997 de la Provincia de Jujuy

Algunos organismos de cuenca tienen facultades que fueron delegadas por las jurisdicciones, lo cual les permite tomar decisiones en temas específicos, como la operación de embalses, el control de la calidad del agua o la organización de sistemas de medición de variables hidrológicas y de alerta temprana. Los acuerdos interjurisdiccionales también pueden dar lugar a la concepción de proyectos de cuenca que tengan ese alcance, para cuya ejecución se constituyen grupos de trabajo que no son organismos sino unidades ejecutoras que son disueltas cuando completan los trabajos que se les encomendaron.

#### 4.1.2 La Planificación Hídrica Federal

El Acuerdo Federal del Agua (COHIFE, 2003) establece los principios rectores de la política hídrica que incorporan los de organización, gestión y economía de los recursos hídricos atendiendo a los principios de protección del recurso. La materialización de tales principios requiere la participación de toda la comunidad y del compromiso del sector político. La adopción de estos principios rectores por parte de todas las provincias y la Nación son propuestos para avanzar hacia un desarrollo sostenible del recurso hídrico y disminuir los posibles conflictos derivados de su uso.

Con el objetivo de establecer mecanismos orientados hacia el Desarrollo Sostenible, y siendo la República Argentina signatario de la Cumbre Mundial de Johannesburgo, (Naciones Unidas, 2002), se elaboró en el año 2007 el Plan Nacional Federal de los Recursos Hídricos. La necesidad de establecer una gestión integrada en el manejo del agua tiene en cuenta los factores sociales, ambientales y económicos, como así también los aspectos territoriales. El Plan Nacional Federal de los Recursos Hídricos tiene por objeto, entre otros, el de incentivar la realización de planes provinciales, ya que las provincias son dueñas del recurso hídrico y deben ser la base del Plan. La



asimétrica distribución espacial del recurso y su variabilidad temporal justifican ampliamente el desarrollo de un plan. Por ello, como iniciativa del Gobierno Federal, se establecen procesos de planificación basados en métodos preventivos que deben someterse a revisión al menos cada dos años. La necesidad de revisión continua es debida a la gran variabilidad de factores que influyen sobre el recurso hídrico, entre los que se pueden considerar el cambio climático, los cambios del uso del suelo, la ocupación de áreas de riesgo, los cambios en los actores del sector, los cambios en la propia sociedad y los cambios tecnológicos y científicos. El plan se apoya sobre un acuerdo entre jurisdicciones y sectores para la definición de las líneas de acción dirigidas a mejorar la oferta de agua, en calidad y cantidad, a administrar o influir sobre las demandas, y a mitigar los impactos extremos. Parte de la premisa de que el agua es un elemento vital para el desarrollo de la vida, y estructurante para la implementación de políticas sectoriales (Secretaría de Recursos Hídricos - COHIFE, 2007).

Con relación al riego, el Plan Federal señala que es el gobierno nacional quien decide las grandes zonas a transformar, ejecutar y financiar, pero siempre acompañado del sector privado, que se considera indispensable para un trabajo en conjunto y participativo. Las zonas áridas y semiáridas del país se han desarrollado a partir de la cultura del riego, aunque se considera que aún falta modernizar las infraestructuras para hacerlas más eficientes. Recientemente, a partir de esfuerzos aislados del sector privado, se produjo una importante evolución del riego que trajo aparejado un crecimiento descontrolado pero sin la sustentabilidad necesaria. Por tanto, es esencial que el sector público articule políticas de riego sustentable junto a los sectores productivos.

El Plan señala como objetivos estratégicos que los principales desafíos a los que se enfrenta actualmente la gestión hídrica tienen que ver con la prevención de diversos factores. En primer lugar la prevención de conflictos entre distintos usuarios, entre jurisdicciones y entre intereses de las sucesivas generaciones. Por otro lado la prevención de situaciones de emergencia debidas a excesos o escasez de agua. También se enfrenta a la prevención de situaciones de emergencia social derivadas de servicios cuya cobertura o garantía son insuficientes. Y por último, la prevención de procesos de contaminación y degradación ambiental que puedan no ser reversibles.

La complejidad de las interrelaciones físicas y sociales hace que sea imposible el diseño de un plan que elimine totalmente las situaciones de conflicto o emergencia. Por la velocidad de los cambios y por la imposibilidad de prever las respuestas individuales y colectivas a las acciones que se propongan, es inevitable que exista un grado significativo de incertidumbre. Por lo tanto, el principal objetivo estratégico del plan es reducir lo más posible esa incertidumbre, para lo que se debe contar con herramientas variadas (Secretaría de Recursos Hídricos - COHIFE, 2007).

## **4.2. Los sistemas de riego en Argentina**

### **4.2.1 Introducción y prospectiva hídrica.**

El agua es esencial para alcanzar un desarrollo sostenible así como los Objetivos de Desarrollo del Milenio Naciones Unidas (2010). La gestión adecuada de los recursos hídricos es esencial para asegurar el crecimiento, estando el agua involucrada en la crisis del cambio climático, el abastecimiento y el precio de la energía y los alimentos, y los problemas en los mercados financieros. Si este vínculo no es reconocido, y no se resuelve la crisis del agua, esas otras crisis pueden intensificarse, convergiendo en una crisis global del agua, lo que tendría consecuencias en materia de inseguridad política y podrían originarse conflictos adicionales (INA, 2010).

La agricultura es el mayor consumidor de agua, representando el 70% del total de los usos consuntivos a nivel mundial. Para satisfacer el aumento estimado de la demanda de alimentos entre 2000 y 2030, se prevé que el cultivo de alimentos en los países en vías de desarrollo aumente en un 67%. Al mismo tiempo, la mejora continua de la productividad debería hacer posible que el incremento previsto del 14% en el uso de agua con fines agrícolas se mantenga. La competencia por el agua existe a todo nivel y se proyecta que se incremente en casi todos los países. En el año 2030 el 47% de la población mundial estará viviendo en áreas con stress hídrico. La gestión del agua en el mundo es deficiente, ineficiente e inequitativa (UNESCO, 2009).

#### 4.2.2 El regadío en Argentina.

Las estadísticas del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación (2010) señalan que lejos se está de alcanzar las 6 millones de hectáreas de riego integral y otras 10 millones de riego complementario para expresar la potencial riqueza de los recursos hídricos en la Argentina. Con algo más del 4% de la superficie agrícola nacional, los cultivos bajo riego aportan más del 30% del valor bruto de la producción del sector. Esta estimación permite evaluar la significación de una estrategia de manejo integral del agua para riego que no sólo fomentaría la expansión de las áreas actualmente irrigadas sino que habilitaría la incorporación de áreas hoy marginales a la producción agropecuaria. El Censo Nacional Agropecuario - en adelante CNA - de 2002 señala que la superficie irrigada en Argentina es de 1.355.600 hectáreas. Esta superficie es similar a la que existía a comienzos del siglo pasado (Soldano, 1923). Algunas estimaciones al 2012 señalan una superficie irrigada de alrededor de 2.080.000 hectáreas<sup>1</sup>, lo que igualmente representa el 5% del área total cultivada.

---

<sup>1</sup> Estimación por provincia, Raul Mercou, FAO UTF 017, 2013

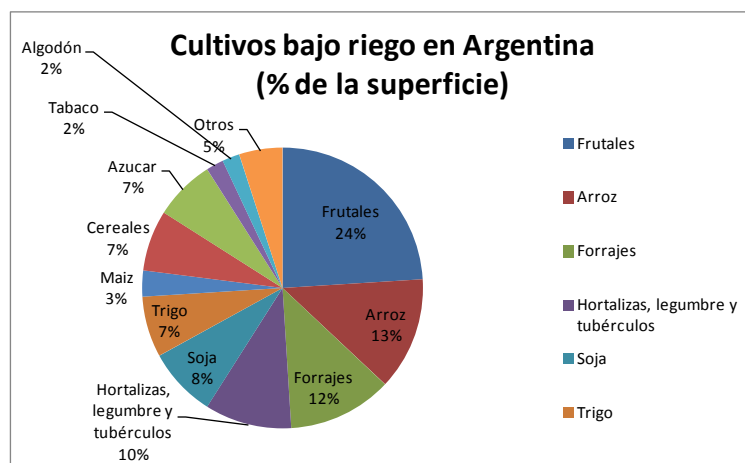


Gráfico 3-1: Cultivos bajo riego en Argentina en porcentaje de la superficie.

(Fuente: PROSAP FAO 2012, Estudio del potencial de ampliación de riego)

En el gráfico precedente se observa que los frutales, el arroz y los forrajes representan prácticamente la mitad del área bajo riego. Los cultivos tradicionales, cereales y oleaginosas representan el 25%, mientras que el resto lo componen los cultivos hortícolas, la caña de azúcar, el tabaco y el algodón, entre otros.

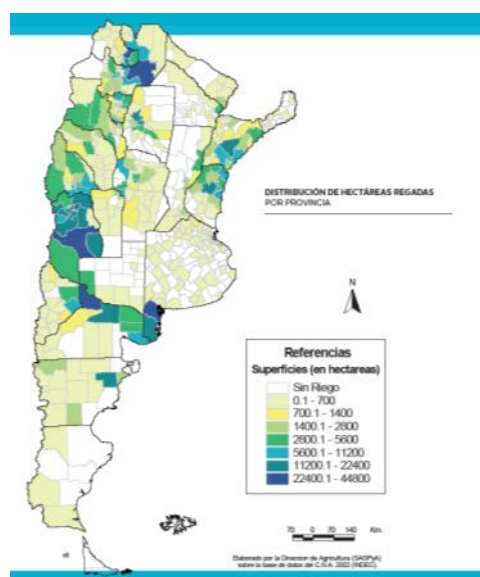


Ilustración 3-3: Distribución de la superficie irrigada. Fuente: UCAR/PROSAP 2013

Del total del área regada, el 70% corresponde a riego gravitacional, 21% por aspersión y 9% a riego localizado. Según (Sturzenegger et al., 2010) la problemática del agua en el sector agricultura se puede resumir en:

- Salinidad y mal drenaje: Del total de 1,5 millones de hectáreas bajo riego, se considera que existen 500.000 hectáreas que están afectadas, en distintos grados de intensidad, por problemas de drenajes inadecuados y/o excesiva salinidad del agua.
- Obsolescencia tecnológica del sistema de riego: Los atrasos tecnológicos se reflejan en métodos de mantenimiento deficientes y sistemas obsoletos de aplicación y distribución de agua por gravedad.
- Baja eficiencia de uso, inferior al 40%.

Según se señala en el trabajo “Hacia una estrategia de riego integrado en Argentina”, (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación, 2010), las inversiones en el desarrollo del recurso tendientes a incrementar el suministro de agua para los diversos usos seguirán siendo fundamentales. Sin embargo, de modo gradual, se está produciendo un cambio de enfoque de uno basado exclusivamente en la oferta hacia otro que otorga mayor énfasis a la gestión de la demanda. No obstante, de los desarrollos teóricos y experiencias llevadas adelante, la asignación de valor económico al agua adquiere un interés generalizado que se manifiesta en el diseño de nuevos instrumentos de gestión de la demanda, como son los mercados de agua. Este aspecto ha sido fuertemente cuestionado en experiencias latinoamericanas y no parece ser el camino adecuado para incrementar la oferta, más aún teniendo en cuenta la inestabilidad del marco regulatorio y legal y la debilidad institucional existentes. Los factores mencionados vuelven virtualmente imposible sostener una política de esta índole, al menos por el momento. Según se señala en este informe, a medida que la economía del agua madura, la atención de los participantes en los procesos normativos se desplaza gradualmente hacia el cobro por concepto de uso del agua y por actividades que causan externalidades: la generación de ingresos, la gestión de la demanda y la reasignación.

Otras experiencias y casos de estudios para la gestión del agua y el riego en Argentina son presentadas en el trabajo de Moreyra et al. (2016), donde se describen diferentes procesos locales que aportan a la generación de herramientas para la gestión participativa del agua, bajo un enfoque neo-institucional, donde se resalta la importancia de los marcos jurídicos, las instituciones, los actores y su capacidad técnico-organizativa y el financiamiento, entre otras.

### **4.3. Descripción del área de estudio**

#### **4.3.1 Introducción**

El área bajo riego del Dique las Maderas y el Río Grande, es un área de desarrollo agropecuario en la provincia de Jujuy que involucra el 90% del agua embalsada en dicha provincia. El Canal Intervalles es un canal revestido que permite ampliar el área irrigada actualmente servida por el Dique Las Maderas, generando tensión debido a que se restaría parte de la disponibilidad actual de agua para el Valle de Pericos (área beneficiaria en la actualidad), al permitir la derivación de agua al Valle de San Pedro (área a beneficiar por incremento de la superficie a irrigar).

#### **4.3.2 Características de la provincia de Jujuy.**

El presente estudio se enmarca en la provincia de Jujuy, que se encuentra ubicada en el extremo noroccidental de la República Argentina, forma parte de la región Noroeste (NOA) junto con las provincias de Salta, Tucumán, La Rioja, Catamarca y Santiago del Estero. Posee una superficie de 53.219 km<sup>2</sup> correspondiente al 1.9 % del total nacional. La provincia se divide en 16 departamentos con poderes políticos y administrativos propios. A su vez los departamentos se dividen en municipios (21) y comisiones municipales (39). Los municipios están gobernados por un Intendente y un Concejo Deliberante.

Tomando como referencia para la presente descripción al Plan estratégico Jujuy 2011-2020 (Diaz Benetti et al., 2010), la superficie jujeña está caracterizada por un relieve quebrado, con morfologías y orígenes muy distintos, con gran diversidad de climas, cubiertas vegetales y sistemas hidrográficos que la surcan. Jujuy, junto con las provincia y países vecinos, comparten el borde occidental del macizo de Brasilia. La línea del Trópico de Capricornio divide a la provincia casi por la mitad y los variados

climas comprenden desde amplias áreas frías y secas del sector puneño, hasta sectores de temperaturas tropicales e intensas lluvias.

Los datos poblacionales, según los datos del último Censo Nacional 2001 con proyección al 2010, es de 698.000 habitantes, lo que representa el 1,72 % del total nacional. La densidad media es de 13,1 hab/km<sup>2</sup>, cifra levemente inferior al promedio del país (14.6 hab/km<sup>2</sup>). La población urbana es de 521.561 (85,3%) habitantes mientras que la rural es de 89.923 (14,7%).

Desde el punto de vista ambiental y ecosistémico en la provincia, se distinguen 5 ecoregiones representadas por Los Altos Andes, Puna, Monte de Sierras y Bolsones (Prepuna), Yungas y Chaco. Cada una de estas ecoregiones tiene características que la hacen distinta a las demás, tanto en aspectos físicos como bióticos, sociales e históricos. Sin embargo desde el punto de vista geográfico, cultural y económico con una relación parcial a la clasificación ambiental se pueden distinguir cuatro regiones geográficas-ambientales con distintas modalidades económicas, de asentamientos humanos y culturales. Estas regiones son, los Valles Templados de Jujuy (correspondientes a las ecoregiones de los Altos Andes, Yungas y Chaco), los Valles del río San Francisco o Valles Cálidos (correspondientes a las ecoregiones de las Yungas y Chaco), Monte de Sierras y Bolsones (Prepuna o Quebrada), y la Puna (implicando a las ecoregiones de Puna y Altos Andes).

Jujuy se caracteriza por una estructura económica dual, donde coexisten pocos grandes emprendimientos altamente productivos con un mayoritario sector de pequeños y medianos productores, minifundistas y cuentapropistas informales, gran parte de ellos conformando economías de subsistencia. La economía provincial se estructuró, históricamente, alrededor de pocas actividades, de ahí el gran impacto que provocaron los procesos de desregulación y privatizaciones implementados en el país en la década del '90. Actualmente la economía provincial sigue basándose en la producción azucarera, tabacalera, minera y siderúrgica.

La infraestructura forma parte fundamental de todo el sistema económico ya que permite planificar logística de transporte de productos que se comercializan tanto a nivel provincial, nacional como internacional. La provincia posee una extensa red de rutas nacionales de 755 km. de extensión y rutas provinciales de 5.712 km. de extensión pavimentada y 3.076 km de tierra que permiten la comunicación con el resto del país y con los países limítrofes.

El Producto Bruto Geográfico (PBG) del sector primario está compuesto en un 80% por la Agricultura, un 7% por la Ganadería y 13 % por la Silvicultura. En el sector agrícola, se destacan la caña de azúcar y el tabaco y, en menor medida, las frutas (tomate, mandarina, naranja y pomelo) y algunas hortalizas (poroto). Cabe destacar que la Provincia es uno de los principales productores de azúcar y tabaco.

#### 4.3.3 Descripción del área de estudio

La cuenca del Río Grande es la más importante de la provincia de Jujuy. Tiene una extensión de aproximadamente 240 km y un ancho promedio de 50 km. Se suele dividir en Alta Cuenca y Baja Cuenca, considerando al límite entre ambas al sector de las localidades de Barcena-Volcán. En la cuenca baja existen varios ríos con caudales de agua permanente, entre los más importantes se destacan el Reyes, Perico, y los Alisos, descargando todos sus aguas por la margen derecha del Río Grande.

El área de estudio puede dividirse en dos subcuencas principales, la subcuenca Río Grande - San Francisco, y la subcuenca Mojotoro - Lavayen. La zona definida como Valle de Pericos son valles intermontanos de la cuenca Mojotoro - Lavayen, de

relieve plano a suavemente ondulado y clima tropical serrano. La precipitación anual oscila entre 550 y 600mm, la temperatura media es de 24 °C en diciembre y 12 °C en junio. Posee ligeras limitaciones al desarrollo agrícola como erosión ligera, algo excesivamente drenado y débil salinidad y/o sodicidad. La zona de Manantiales está compuesta por valles intermontanos de la cuenca de Mojotoro, con relieve plano, clima tropical serrano, 500-600 mm de precipitación anual y temperaturas de 24°C y 12°C en verano e invierno respectivamente. Posee limitaciones como alto nivel freático, y anegabilidad temporaria. El área del departamento de San Pedro y el Chaguaral contiene valles intermontanos pertenecientes a la subcuenca de los Ríos Grande - San Francisco, y por otro lado valles intermontanos de la subcuenca Mojotoro Lavayen. Se caracteriza por poseer un relieve suavemente ondulado con clima tropical serrano, 600-700 mm de precipitación media anual y 25°C en diciembre y 13°C en junio.

El área de influencia del estudio está comprendida principalmente en los Departamentos El Carmen y San Pedro. Este último se verá beneficiado a partir de la nueva oferta de agua conducida por el Canal Intervalles durante su etapa de operación. Previsiblemente el área irrigada del Departamento de El Carmen deberá reducir sus consumos para que el agua sobrante sea derivada por el canal.

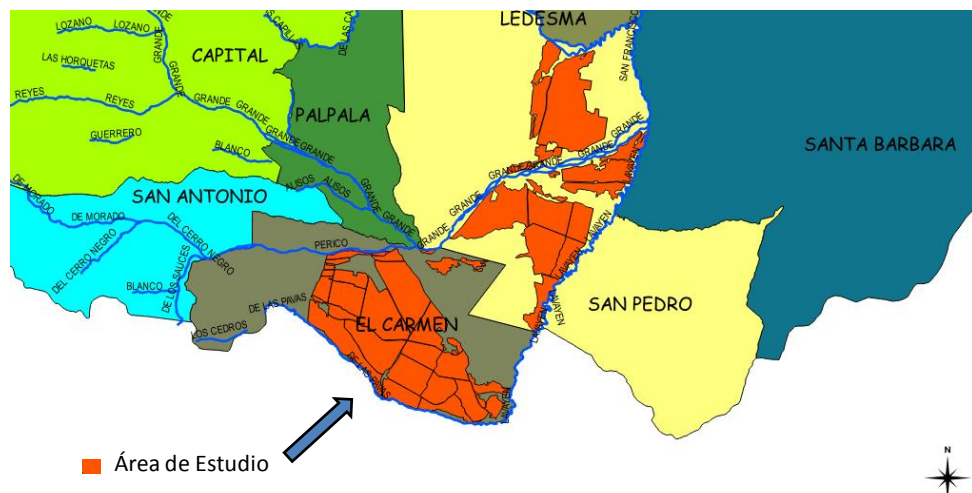


Ilustración 3-4: Área de estudio en los Departamentos de El Carmen y San Pedro.

El Departamento el Carmen, donde se encuentra ubicado el Valle de Perico (área actualmente servida por el agua del Dique Las Maderas), es el segundo más poblado de la provincia. Las últimas estadísticas disponibles señalan que el Índice de Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI) es del 35.5 % para hogares y 38.8 % a nivel de personas, siendo los más altos de la región y muy por encima del promedio provincial (23.2 % y 25.7 % respectivamente). En lo que hace a la especialización productiva predominante en el Departamento, se destaca al cultivo de tabaco representando más del 89% de las extensiones del departamento. El tabaco que se cultiva es del tipo Virginia y sólo se desarrollan las primeras etapas de la cadena productiva (el procesamiento inicial de la hoja de tabaco) para su posterior exportación (70%) o venta a nivel nacional (20%) y, en un escaso porcentaje (10%), para la fabricación de cigarrillos. La ciudad de Perico es la cabecera del complejo tabacalero. Se encuentra a menos de 100 Km. de distancia de la ciudad de El Carmen y comparten la referencia en el territorio con la actividad tabacalera y comercial. En Perico se encuentra la sede principal de la Cooperativa de Tabacaleros de Jujuy Ltda. y el Gremio que nuclea a los obreros del tabaco.

El Departamento de San Pedro de Jujuy es el área beneficiaria de ampliación del sistema de irrigación. Este departamento es el cuarto más poblado de la provincia, donde San Pedro es la ciudad cabecera y es la segunda ciudad más poblada de la provincia. Se encuentra ubicado dentro del Valle del río San Francisco de Jujuy, a 15 km de la confluencia de los ríos Grande y Lavayén que luego de su unión forman al río San Francisco. San Pedro posee una superficie de 2150 km<sup>2</sup>, está comunicada a través de la Ruta Nacional RN 34, la Ruta provincial N°56 une esta ciudad con la Capital San Salvador de Jujuy. El departamento de San Pedro posee dos intendencias: la Intendencia Municipal de “La Mendieta” y la Intendencia Municipal de San Pedro de Jujuy. Tiene dos grandes ingenios azucareros, el Ingenio La Esperanza y el Ingenio Río Grande - La Mendieta, además de otros parajes como Barro Negro, Lavayen y El Quemado. La población es de 75.308 habitantes INDEC (2010), incrementándose en un 9,77% frente a los 70.897 habitantes INDEC (2001) del censo anterior. El clima es subtropical con estación seca, que favorece el cultivo de la caña de azúcar, tabaco, sorgo, maíz, porotos, frutales, hortalizas y otros cultivos, la producción forestal, es de importancia económica menor, sin embargo existen gran cantidad de aserraderos. Otra actividad es la cría de ganado vacuno, porcino y caprino.

En el caso de San Pedro Norte, existen dos Zonas una que corresponde al ingenio “La Esperanza” la que integra prácticamente a la totalidad del área y que se dedica únicamente al cultivo de caña de azúcar, y otro sector de chacras pequeñas que se llama Madre Tierra y se encuentra en una zona ribereña del río Grande. En el sector de San Pedro Sur, existen cuatro Zonas, que denominaremos San Pedro Sur, San Lucas, La Mendieta y el Chaguaral.

A continuación se presenta una ilustración del área bajo estudio representada por los Valles de Perico y de San Pedro:

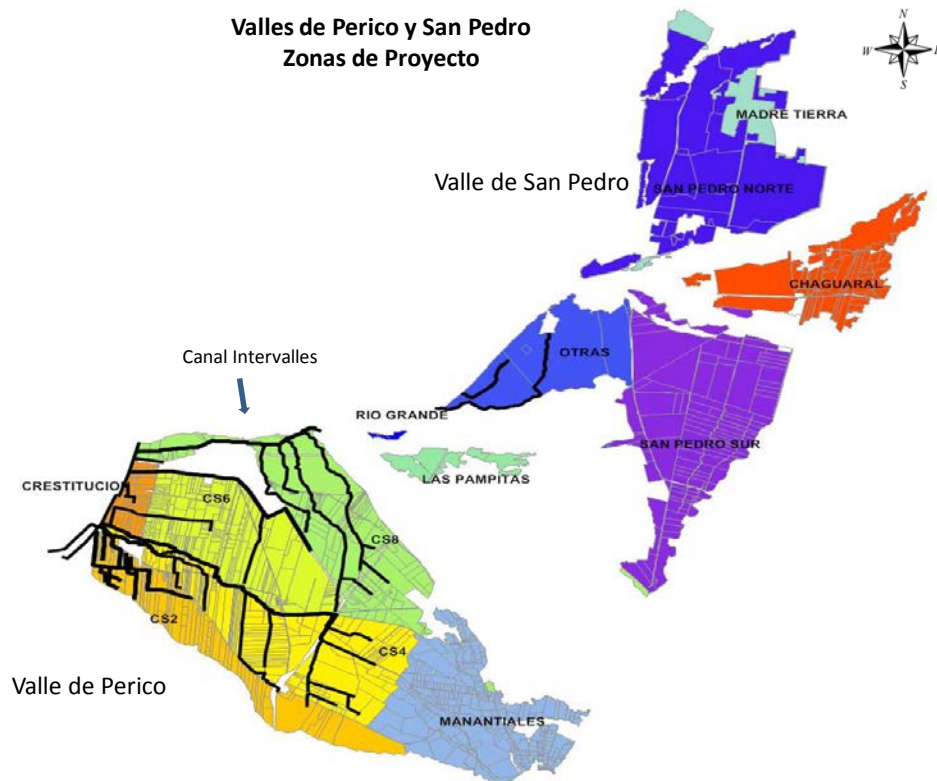


Ilustración 3-5: Valles de Perico y San Pedro y canal Intervalles.

Se puede observar en la ilustración que las líneas en negro representan la red principal de canales de riego. También se observa que el canal Intervalles colecta los caudales

del Valle de Perico y conduce dichos caudales a través del Rio Grande a la zona del Valle de San Pedro. El área proyectada de 15.000 hectáreas a irrigar en el Valle de San Pedro no está claramente identificada, ya que al momento del estudio no hay un sistema de conducción secundario diseñado.

En cuanto al uso del suelo relevado en el Valle de Perico, se puede observar la siguiente distribución de cultivos.

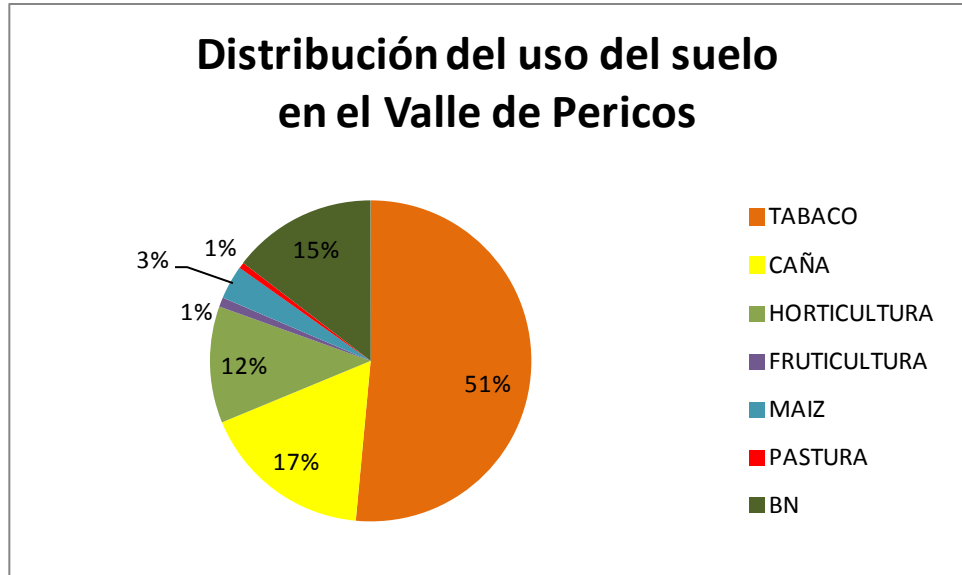


Gráfico 3-2: Distribución actual del uso del suelo en el Valle de Perico

Se observa que el 51% de la superficie relevada se desarrolla con cultivo de tabaco, seguida por la caña con un 17% y la horticultura con un 12%.

Para el Valle de San Pedro se observa que la distribución de uso del suelo está concentrada en el cultivo de la caña de azúcar en un 93%.

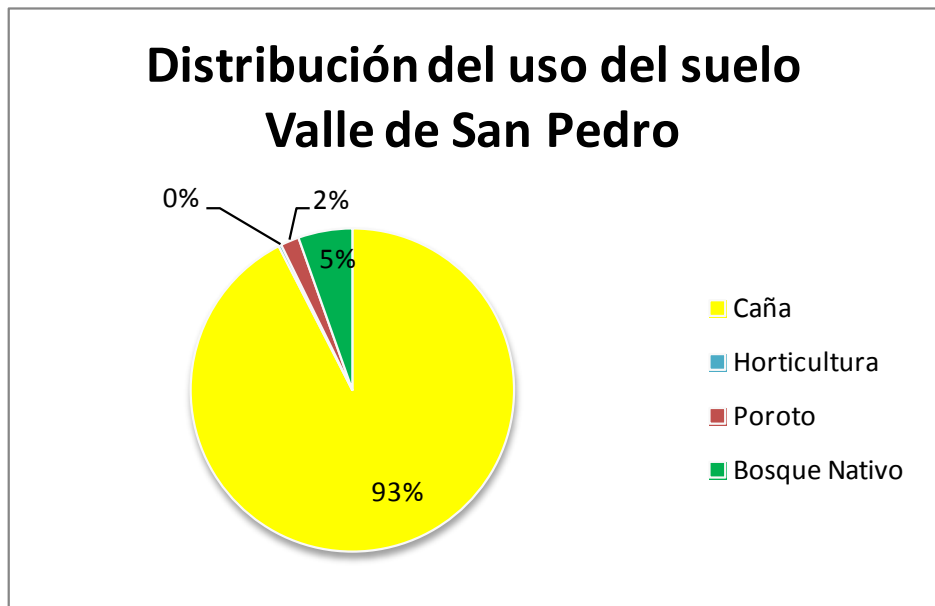


Gráfico 3-3: Distribución actual del uso del suelo en el Valle de San Pedro



#### 4.4. Sistema actual de riego del Dique Las Maderas, Jujuy.

##### 4.4.1 Descripción

En el año 1979 el Gobierno de la Provincia de Jujuy firmó dos convenios básicos, uno con la empresa Agua y Energía Eléctrica de la Nación para la realización de la totalidad de las obras, y otro con el Consejo Federal de Inversiones (en adelante CFI) para la formulación de un Proyecto de Desarrollo Agropecuario del Área bajo Riego del Dique Las Maderas y el Río Grande. Asimismo, la provincia designó al CFI como contrapartida técnica del proyecto. De ese trabajo surgió el Proyecto de "Desarrollo Agropecuario del Área Bajo Riego del Dique Las Maderas y El Río Grande" (CFI, 1979). Este estudio es el que dio origen a toda la reformulación de lo que hasta ese momento se denominaba como Maderas I y Maderas II, definiendo todas las redes de canales secundarios, terciarios y de menor jerarquía que hoy constituyen el área principal de riego en el Valle del Río Perico.

El sistema involucrado en el estudio actual se inicia en el Dique Derivador los Molinos sobre el Río Grande a la altura del paraje Reyes. Su función es la de captar el agua del río y previa decantación entregarla al Canal del Río Grande por donde es derivada a los Diques Las Maderas y La Ciénaga. El agua así captada en el Dique Los Molinos, llega hasta la "Dársena de Unión" donde se une con el Canal Río Perico para formar el Canal Matriz, el cual tiene un desarrollo de 36.6 km. y una capacidad de conducción de 25 m<sup>3</sup>/seg. La capacidad de embalse de la provincia, destinada al agua para riego, es de 350 Hm<sup>3</sup>, de los cuales casi el 90% corresponde al Embalse "Las Maderas". Este embalse está alimentado por el Río Grande y el Río Perico; otros embalses son "La Ciénaga" que tiene una capacidad de 20 Hm<sup>3</sup> y "Los Alisos" que dispone de 19 Hm<sup>3</sup> y es el único ubicado sobre el río del mismo nombre, y el dique Compensador Catamontaña.

El Embalse las Maderas es un dique lateral que es alimentado a través del Canal Matriz y está destinado a regular los aportes a régimen natural de los ríos Perico y Grande para su aprovechamiento con fines de riego y generación de energía. Tiene una capacidad de embalse de 300 Hm<sup>3</sup>, siendo el cierre un dique de tierra de 98 m de altura y 460 m. de longitud de coronamiento. El espejo de agua a cota de vertedero tiene una superficie de 960 hectáreas. A los efectos de generar energía aprovechando el desnivel existente entre el embalse y el Río Las Pavas, de orden de los 120 m., para la conducción del agua se construyó una galería de presión revestida en hormigón de 3.500 m. de longitud y un diámetro interno de 3 m. Dicha galería tiene en la progresiva 140 una torre de compuertas y en la progresiva 3.260 una chimenea, nace un conducto blindado, revestido en acero, con una fuerte pendiente de 45°, que salva un salto de 80 m. y termina en el punto donde se bifurca la cañería para alimentar a las 2 turbinas de la central hidroeléctrica. Las Maderas es un dique que comenzó a funcionar en el año 1988, y tiene un volumen útil de 300 Hm<sup>3</sup>, con una profundidad máxima de 70 m, una superficie máxima de 1000 hectáreas y una cota máxima extraordinaria de 1.168 m.s.n.m.

El objetivo principal del dique es abastecer de agua a la zona de riego Las Maderas I y II, a partir de una cota de 1.020 m.s.n.m. El funcionamiento hidráulico del dique le impone variaciones de nivel importantes, porque al dique ingresa agua desde fines de diciembre hasta julio aproximadamente, cuando los ríos Perico y Grande tienen excedentes de caudal que son derivadas por obras de canalización hasta el Dique. A posteriori se usa la reserva de agua de los diques para abastecer el riego del Valle de Perico. De esta manera, hacia fines de diciembre se alcanza la cota mínima (aproximadamente 1.148-1.150 m.s.n.m) y posteriormente se llena el dique hasta alcanzar la cota máxima programada de 1.167 m.s.n.m. Este funcionamiento cambia

paulatinamente porque la superficie regada continúa aumentando ya que aún quedan áreas residuales para poner en producción, aumentando el consumo, por lo que habría que esperar una cota mínima inferior a la actual, en la cual el dique tiene una reserva de alrededor de 140 Hm<sup>3</sup>. La cota mínima absoluta, con solamente el volumen muerto, es 1.117 m.s.n.m. Considerando el consumo en la zona de riego Las Maderas I y II y el volumen promedio en el dique (230 Hm<sup>3</sup>), se estima que el tiempo de residencia del agua en el dique supera un año. La evaporación anual desde la superficie es aproximadamente 9 Hm<sup>3</sup>/año<sup>2</sup>, considerando una evaporación anual de 1.300 mm. El embalse compensador Catamontaña es el que recibe la descarga de las aguas turbinadas por la Central Hidroeléctrica. Se encuentra sobre el Río Las Pavas y tiene una capacidad de almacenamiento actual del orden de 1,5 Hm<sup>3</sup>. Su finalidad es compatibilizar e independizar los requerimientos de energía producida hidroeléctricamente con las necesidades de caudal de la zona de riego, posibilitando el funcionamiento en “pico” de la central durante las horas que se requieran.

El Dique el Típal emplazado sobre el Río Perico está destinado junto con sus obras complementarias, a captar el agua del río y luego de someterla a una decantación entregarla al Canal del Río Perico para ser conducido a los Diques Las Maderas y La Ciénaga a través de Canal Río Perico el cual tiene un recorrido de 7.5 Km.

El Dique La Ciénaga fue la primera obra de tierra construida en el país. Se encuentra en funcionamiento desde el año 1925 donde su capacidad era del orden de 30 Hm<sup>3</sup>. Tiene un espejo de agua de 27 hectáreas. Con una capacidad de almacenaje actual aproximada de 21 Hm<sup>3</sup>, una altura total desde la fundación de 27 m y una longitud de coronamiento de 1.250 m. El llenado se produce con el agua del Río Perico y eventualmente del Río Grande, durante los meses de Septiembre a Diciembre. El agua embalsada es descargada por cañería al canal de salida, de allí al A° Las Pircas y luego de ser desarenada es entregada a la red de riego.

La Ciénaga tiene una profundidad de 22 m y una cota máxima de 1.200 m.s.n.m. Provee agua a aproximadamente 5.000 ha, a partir de la cota 1.160 m.s.n.m. El dique La Cienaga es abastecido durante casi todo el año. Solamente cuando el agua contiene demasiados sedimentos, después de tormentas (enero-marzo), se cierra la entrada. La cota mínima se observa en diciembre, y es muy variable, dependiendo de las condiciones climáticas de la primavera. Normalmente varía entre la cota 1.190 m.s.n.m y 1.196 m.s.n.m., y se llena el dique cuando el agua de los ríos contiene menor cantidad de sedimentos, lo que ocurre a partir de abril.

---

<sup>2</sup> Valor para la totalidad de la superficie teniendo en cuenta la variación anual del espejo de agua y la evapotranspiración mensual asociada.

La cota máxima se mantiene hasta agosto, cuando comienza a faltar agua para mantenerla. El dique tiene un volumen promedio de  $18 \text{ Hm}^3$ , el consumo en la subzona La Ciénaga es de  $50 \text{ Hm}^3$ , y la evaporación  $2 \text{ Hm}^3$ , por lo cual el tiempo de residencia es de pocos meses Schillinger (2003). Otro de los diques que forma parte del sistema de Aprovechamiento Integral De Los Ríos Perico y Grande, es el dique Los Alisos. Esta obra no está vinculada al sistema de las Maderas pero tiene fines de abastecimiento para agua potable a sectores de Palpalá y otras localidades jujeñas y dar suministro de riego para zonas del sur de San Salvador. La consultora ATEC, identificó a las distintas obras que comprenden este aprovechamiento y las presentó en un esquema lógico que se muestra en el gráfico siguiente.

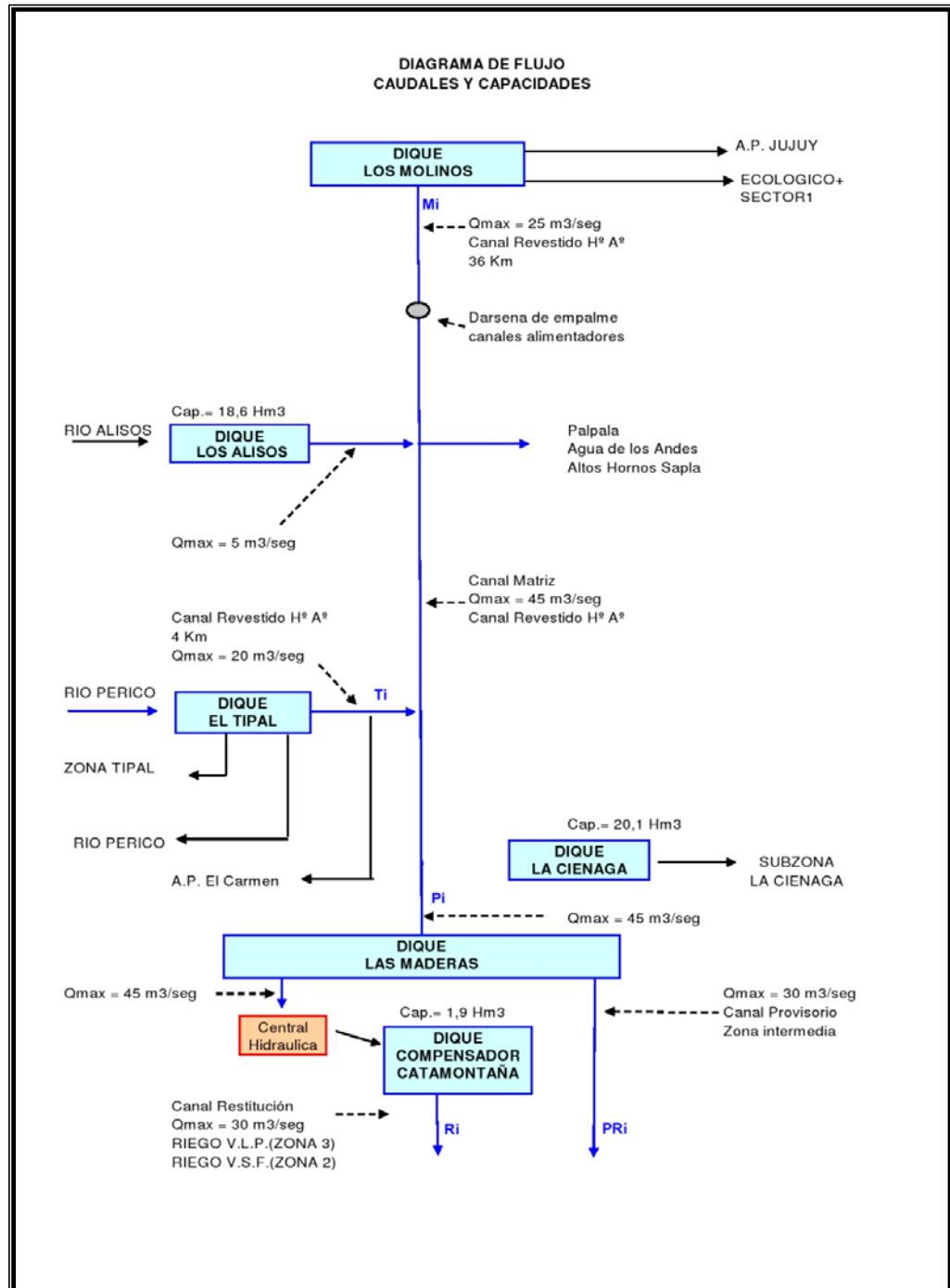


Ilustración 3-6: Diagrama de funcionamiento del sistema. Fuente: Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios. Fuente: ATEC

En la siguiente ilustración se representa un esquema a partir del Dique Las Maderas de la zona cedente de caudales (Valle de Perico) y la zona receptora (Valle de San Pedro).

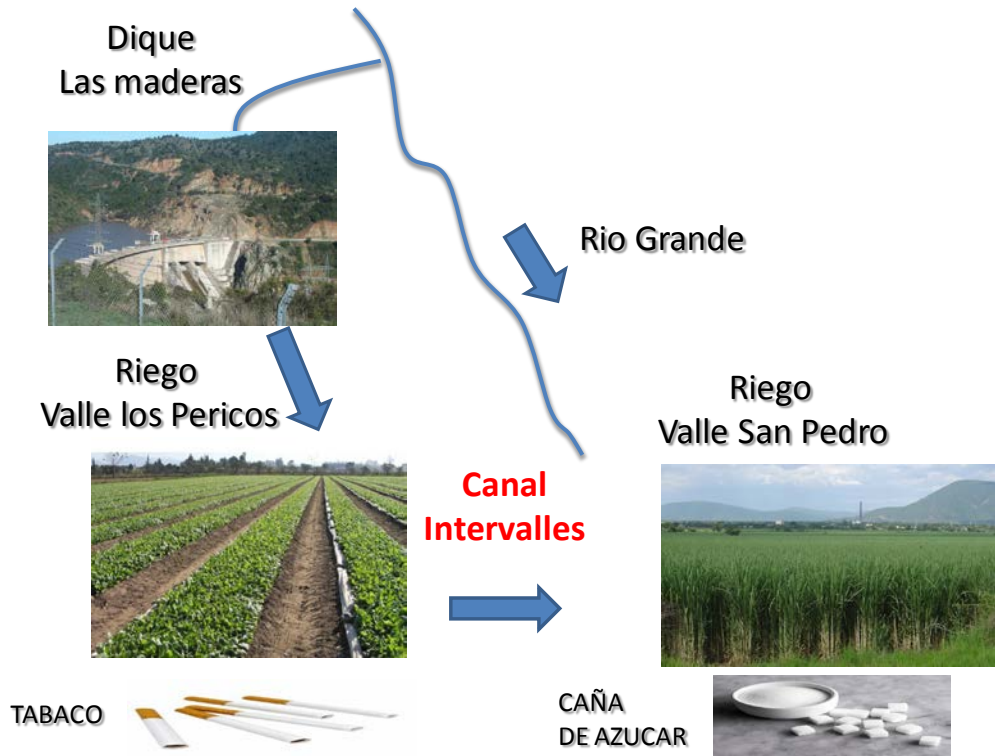


Ilustración 3-7: Esquema zona cedente y receptora de caudales

El área servida por el dique las Maderas se divide en Maderas I constituida por 72 secciones de riego, y Maderas II, por 78 secciones, con una longitud de canales secundarios de 72,5 km., 68 km de canales terciarios, y 168 km de canales cuaternarios. El riego se realiza por turnado, pero como forma de manejo de los volúmenes de riego, en el Valle de Perico los productores han ido incorporando en el transcurso del tiempo la construcción de represas que en su mayoría son individuales y proveen de aguas en periodos de mayor demanda y ocupar los volúmenes otorgados en los respectivos turnados. En general tiene dimensiones variables pero el total de las hectáreas de este tipo de construcción es del orden de las 210 y si se asume una profundidad media de 2.5 metros su volumen es de 5.20 hm<sup>3</sup>, el cual es un valor importante en términos de acumulación para el sistema (BID, 2012).

La superficie irrigada relevada (Fuente: BID, 2012) por cultivo se presenta a continuación, y se detalla en el Anexo 1, ítem 7.2.3.

Cultivos	Hectáreas
Tabaco	17.592
Caña	5.900
Horticultura	4.338
<b>Total</b>	<b>27.830</b>

Tabla 3-1: Superficie por cultivo Valle de Perico

En todo el valle, el sistema de riego más difundido es el riego por gravedad, ocupando casi la totalidad del área. Las demandas netas de riego (sin considerar eficiencia de aplicación) para los cultivos de tabaco y caña de azúcar se presentan a continuación. El detalle de los cálculos se describe en el Anexo I, ítem 7.2. Fuente: Elaboración propia.

Total Tabaco	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
Tabaco 1 10 de Agosto 70%	0	0	0	0	0	0	0	700	633	981	334	0	2.648,0
Tabaco 2 20 de Septiembre 20%	0	0	0	0	0	0	0	0	430	865	318	0	1.613,0
Tabaco 3 1 de Octubre 10%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1014	342	338	1.694,0
<b>Total Ponderado Humedo</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>490</b>	<b>529</b>	<b>961</b>	<b>332</b>	<b>34</b>	<b>2.345,6</b>

Tabla 3-2: Demanda Neta de agua de Tabaco en m<sup>3</sup>/mes.

Total Caña de Azucar	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
Caña de Azucar Junio	241	114	82	292	319	415	522	754	1002	1202	973	614	6.530,0
Caña de Azucar Julio	237	111	142	365	434	265	522	754	988	1170	942	599	6.529,0
Caña de Azucar Agosto	226	110	140	410	495	365	754	754	988	1154	912	568	6.876,0
Caña de Azucar Septiembre	198	101	140	409	529	414	465	490	988	1154	897	540	6.325,0
Caña de Azucar Octubre	172	85	132	410	531	441	520	675	653	1154	897	525	6.195,0
<b>Total Promedio</b>	<b>226</b>	<b>109</b>	<b>99</b>	<b>327</b>	<b>382</b>	<b>417</b>	<b>510</b>	<b>693</b>	<b>964</b>	<b>1188</b>	<b>950</b>	<b>590</b>	<b>6.455,5</b>

Tabla 3-3: Demanda Neta de agua de Caña de Azúcar en m<sup>3</sup>/mes

#### 4.4.2 Aspectos legales y organizacionales.

El Código de Agua de la provincia de Jujuy señala que los regantes son los titulares de un permiso o una concesión otorgada al efecto por la Autoridad de Aplicación (art. 4). De habersele otorgado un permiso, el regante tiene un derecho de uso de agua pública revocable, sin derecho a indemnización y no cesible (art. 7). De habersele otorgado una concesión, el regante tiene un derecho de uso de agua pública temporario, sujeto a revocación por interés público, indemnización mediante (arts. 15 y 16). La concesión otorgada puede ser a título permanente o eventual. El regante con concesión permanente tiene derecho a recibir una dotación de agua determinada en cualquier época del año; el regante con concesión eventual tiene derecho a recibir una dotación de agua determinada, cuando la fuente tenga caudal sobrante del destinado a las concesiones permanentes (art. 24). Pero si resultare un sobrante de agua, no podrá acordarse derecho permanente de uso sin que los eventuales que hubieran adquirieran carácter permanente, partiendo de los de fecha más antigua y proporcionalmente a los derechos disponibles, aún en el supuesto de que el aumento del caudal se obtenga a consecuencia de la ejecución de obras de embalse o del perfeccionamiento de los sistemas de derivación y distribución del agua (arts. 184, 185 y 186). El derecho al uso del agua para irrigación es inherente al predio y la concesión se transfiere de pleno derecho al nuevo titular en caso de mutación del dominio (arts. 22 y 43-2).

Otro aspecto importante señalado en la legislación es que los regantes están obligados a emplear las aguas con eficiencia y economía en el lugar y con el objeto para el que le han sido otorgadas (art. 27 Ley 4.090).

En cuanto a la organización del regadío en las áreas afectadas por la construcción del canal se puede señalar al Consorcio de Riego Valle de Pericos, que es una asociación de regantes legalmente constituida y sin fines de lucro. Fue creada en 1996 por productores agropecuarios de la zona y cuenta con un Directorio elegido por Asamblea y un equipo técnico y administrativo rentado. Es la responsable de administrar el agua para riego y tiene a cargo la regulación de las erogaciones de los diques de la región, en función a un Convenio con el Gobierno Provincial (ratificado por Decreto en 1997) para la Operación Conjunta y Cesión del Mantenimiento de los Diques y Embalses. La entidad es responsable de la facturación y cobro de la tarifa de riego del área cedida, entregando un 24% a la Dirección de Recursos Hídricos

provincial y el resto para el mantenimiento del sistema, administración y realización de obras.

En el área de influencia en el Valle de San Pedro, se han identificado dos grandes usuarios que son los ingenios azucareros La Esperanza y Río Grande-La Mendieta, que tienen concesiones de riego y no se encuentran incorporados a consorcio alguno. Cada uno de ellos tiene la operación y mantenimiento de la infraestructura de la que se vale. Existen otros regantes del Consorcio de Riego del Canal El Chaguaral, (un total de 18), también especializados en caña de azúcar. Además existen pequeños productores minifundistas, 86 aproximadamente, en la zona denominada Madre Tierra. Otra organización muy importante que agrupa a los pequeños y medianos productores de caña desde 1947 es la Unión Cañeros Independientes de Jujuy y Salta.

#### **4.5. Obra proyectada, canal Intervalles.**

##### **4.5.1 Breve descripción**

Como fue mencionado, la provincia viene desarrollando hace décadas el aprovechamiento integral de los ríos Perico y Grande, el cual se inicia en el Dique Derivador los Molinos sobre el Río Grande a la altura del paraje Reyes, y su función es la de captar el agua del río, y previa decantación, entregarla al Canal del Río Grande por donde es derivada a los Diques Las Maderas y La Ciénaga.

La obra proyectada del Canal Intervalles es un canal revestido que se iniciará desde la descarga del Canal de Restitución al Río Perico, hasta cerca de la desembocadura del Río Perico con el Río Grande, con una longitud de 10.7 kms y corre en la margen derecha del Río Perico, muy próximo al mismo, por lo cual las obras contemplan un muro longitudinal de defensa costera en gran parte de su desarrollo. Su función principal será la de conducir los caudales que actualmente el Canal de Restitución entrega al Río Perico en su posición actual, capturándolos en un canal revestido para volcarlos en un nuevo emplazamiento, evitando las pérdidas en ese tramo del Río y en particular las que se originan por una falla geológica. La capacidad máxima del canal ha sido establecida en  $10 \text{ m}^3/\text{s}$ . Paralelamente, cubrirá el reclamo histórico de los regantes del Valle de San Pedro por las aguas del Río Grande derivadas aguas arriba hacia el Sistema Las Maderas, por lo que amerita revisar los aspectos legales en cuanto a los derechos, caudales otorgados y cumplimiento de la legislación.

##### **4.5.2 Escenario proyectado una vez construido el canal.**

Como se ha indicado, la puesta en funcionamiento del Canal Intervalles posibilitaría un incremental de área irrigada estimada en 15.000 hectáreas en el Valle de San Pedro. Esto generará una demanda adicional de agua, con una oferta acotada en el corto y mediano plazo a la disponibilidad del agua represada en el Dique Las Maderas. Para que la obra funcione bajo el caudal de diseño ( $10 \text{ m}^3/\text{seg}$ ) y se incorporen y mejore la provisión de agua para la superficie proyectada, estarían faltando aproximadamente  $137 \text{ Hm}^3$  dada la estructura de cultivos a irrigar. A continuación se observa una estimación cuantitativa del volumen anual faltante, analizando el stock anual represado y la demanda estimada dada la estructura de cultivos, a un nivel global de eficiencia del 50%.

<b>Eficiencia Global</b>		<b>50%</b>			
<b>Valle Pericos</b>					
	Hectáreas actuales	Demanda Bruta de Riego m <sup>3</sup> /ha año	Demanda bruta total Hm <sup>3</sup> /año	Oferta anual Hm <sup>3</sup> /año	Saldo anual
Caña de azucar	5.900	12.910	76,17	230	
Tabaco	17.592	4.690	82,51		
Horticultura (tomate)	3.365	2.964	9,97		
Horticultura (choclo)	973	5.012	4,88		
<b>Total</b>	<b>27.830</b>		<b>173,53</b>		<b>56,47</b>
<b>Valle San Pedro</b>					
	Hectáreas proyectadas	Demanda Bruta de Riego m <sup>3</sup> /ha año	Demanda bruta total Hm <sup>3</sup> /año		
Canal Intervalles					
Caña de Azucar para San Pedro	15.000	12.910	193,65	56,47	
<b>Saldo Anual Ambos Valles en Hm<sup>3</sup></b>					<b>137</b>

Tabla 3-4: Situación de escasez para la situación con proyecto. Elaboración propia.

En el cuadro precedente se detalla el balance entre la oferta y la demanda hídrica proyectada a partir de la construcción del canal Intervalles. La demanda de agua por cultivo en m<sup>3</sup>/ha año se calcula con la metodología descrita en el Anexo 1, y se lo totaliza para las superficies de usos del suelo relevadas en el Valle de Perico y las proyectadas para el Valle de San Pedro. Se observa que el volumen de agua faltante demandada por el ciclo fenológico de los cultivos en la zona sería de 137 Hm<sup>3</sup>. Es importante destacar que se estiman los mismos niveles de eficiencia global tanto para la zona cedente (Valle de Perico) como para las 15.000 hectáreas en la zona destino (Valle de San Pedro), ya que actualmente no está extendido el riego tecnificado en dicha zona.

Asimismo, para un análisis más detallado a nivel de los flujos de carga y descarga de la represa, deberían considerarse estudios hidrológicos a nivel de la cuenca, como así disponer de mayor calidad de datos agro meteorológicos. De todas formas eso no invalida el orden de magnitud estimado para la demanda insatisfecha generada a partir de la construcción del canal.

## 5. Capítulo 4: Desarrollo de la Investigación

### 5.1. Introducción.

Como se ha señalado, en el corto/mediano plazo está prevista una situación de escasez de agua debido a la construcción del canal Intervalles, si se considera la disponibilidad de agua represada para el servicio del sistema. En ese marco se propone la utilización del precio del agua de riego como instrumento de financiamiento para la reconversión en tecnología de riego que permitiría mejorar la eficiencia en la aplicación del agua, evitando el conflicto por la competencia. A su vez, se establecería un sendero de incorporación de tecnologías ahorradoras del factor agua que permitiría una reasignación más equitativa y auto regulada, que podría generar beneficios regionales como la reasignación ordenada minimizando los conflictos, el aumento de la producción, de los ingresos y el ahorro de agua aplicada por hectárea entre otros. Esta medida se debería enmarcar dentro de un esquema general de planificación donde correspondería participar a los involucrados en sus distintas instancias.

La bibliografía citada anteriormente señala el bajo impacto que tiene el precio (volumétrico) del agua sobre el ahorro, dado que los efectos relevantes se producen con elevados precios del agua (parte elástica de la curva de demanda), lo que impacta negativamente en los márgenes brutos del productor. El enfoque propuesto plantea estimar incrementales de precios del agua que no impliquen impactos sustanciales en los márgenes brutos de los productores (parte inelástica de la curva de demanda), y utilizar el excedente originado para la creación de un fondo que permita financiar la modernización en tecnologías ahorradoras, logrando de esta forma efectos sobre el ahorro del agua. Lo que se pretende investigar es la disponibilidad del productor a pagar un incremental del precio del agua sin que esto implique una disminución del consumo en forma substancial, y utilizar ese diferencial de precio para financiar la inversión en tecnologías ahorradoras de agua. Por lo tanto el impacto sobre el ahorro se espera que se logre debido a la sustitución tecnológica financiada por el incremental de precio, y no por el impacto en el encarecimiento del precio del agua en el tramo elástico de la curva de demanda. El proceso de sustitución tecnológica deberá ser consensuado y extendido a toda la zona servida. Se presupone que para alcanzar el éxito y lograr el efecto generalizado de la estrategia se debe trabajar en las distintas instancias de la gobernanza del recurso, ya que se considera imprescindible que este instrumento funcione en forma combinada dentro de un esquema integral de gestión. Este efecto generalizado redundaría primariamente en la liberación de agua para su reasignación.

En este sentido, la solución propuesta debe estar enmarcada en las distintas instancias de la gestión de los recursos naturales y sus cuatro niveles de análisis social, que como señala Williamson (2000) son: (1) un primer nivel que incluye normas, cultura y hábitos fruto de la evolución social; (2) un segundo donde se sitúan las decisiones tomadas colectivamente y por el Estado; (3) el tercero donde se analiza la estructura de gobernanza; y (4) el cuarto donde se estudia la formación de precios en los mercados de recursos. El presente estudio propone brindar un aporte bajo estos niveles de análisis, que permita construir y dinamizar soluciones, integrándolas con los otros niveles.

En este trabajo se calculará la curva inversa de demanda para estimar un precio máximo que permita a los productores financiar la reconversión en tecnologías de riego sin reducir sus beneficios sustancialmente. Esto último será comprobado teóricamente, modelando financieramente el impacto del nuevo precio del agua y la inversión necesaria para reconvertir la sustitución tecnológica en los distintos sistemas productivos. Posteriormente, a partir del trabajo de campo, se contrastarán las distintas



hipótesis planteadas para verificar la disponibilidad a financiar la reconversión y aportar evidencias para diseñar el modelo para gestionarla. Por ello, se espera que los resultados del trabajo de investigación aporten evidencias en los últimos niveles de análisis presentados por Williamson, para integrarlos con los niveles inferiores.

## 5.2. Alcances y limitaciones del trabajo de investigación.

Como se señala en el documento del Plan Estratégico Productivo Jujuy 2011-2020. (Diaz Benetti, Malizia, and Rosa 2010), “El incremento de la demanda de agua, tanto para uso poblacional por efecto del crecimiento demográfico y por fenómenos migratorios internos y externos, como para riego y otros usos, obliga a la provincia de Jujuy a tomar medidas que permitan en un futuro a la autoridad de aguas garantizar una distribución racional del recurso hídrico en función de sus usos prioritarios y demandas debidamente justificadas”.

Por ello se torna imprescindible cuantificar la oferta y la demanda relacionada al recurso, y relevar la infraestructura de riego y drenaje, para permitir su planificación y regulación. Los principales problemas detectados en esta área señalados en el documento citado anteriormente son:

- Falta de planificación territorial a nivel de cuencas.
- Ausencia de información climatológica e hidrométrica.
- Ausencia de un padrón técnico de regantes.
- Cartografía desactualizada de las redes de riego.
- Baja eficiencia de riego.
- Problemas en la distribución del agua de riego.
- Mala operación de los sistemas de riego.

Dadas las limitaciones del alcance del presente estudio, se considera importante la complementación del mismo con estudios integrales sobre la hidrología regional y las implicancias económicas de las medidas, antes de la adopción de políticas de fomento sobre tecnología de riego eficiente. La investigación de los efectos regionales de las acciones que permitan mejorar la eficiencia de riego requiere predecir en qué medida los agricultores invertirán en tecnologías de riego eficiente bajo diferentes políticas de gestión del agua (Medellín-Azuara et al., 2012). Debido a esto, es necesario explorar indicadores a nivel de cuenca que permitan monitorear dichos impactos. A los fines de la gestión del recurso, ya sea a nivel del productor como de toda la cuenca, es necesario contar con indicadores que permitan cuantificar los niveles de eficiencia en las distintas escalas de análisis. Se deben involucrar los conceptos de eficiencia de riego ( $IE = \text{agua utilizada beneficiosamente} / \text{total de agua utilizada}$ ), la productividad del agua ( $PA = \text{cantidad de producto obtenido} / \text{cantidad de agua consumida}$ ) y la eficiencia de uso del agua ( $EUA = \text{cantidad de producto} / (\text{cantidad de agua aplicada} / \text{cantidad de agua disponible})$ ).

Van Halsema & Vincent (2012) argumentan que un uso apropiado de los indicadores para las decisiones de gestión del agua podría ser IE al nivel de chacra y PA a nivel de cuenca. Esto puede identificar oportunidades específicas del contexto y posibilidades de aumentar la eficiencia y la productividad en el uso del agua, así como potenciales trade offs para reasignaciones de agua entre los usuarios y los usos diversos.

Estos autores discuten tres guías metodológicas fundamentales para la gestión del agua en relación a la productividad:

1. No utilizar nociones de ingeniería con definiciones rígidas fuera de sus escalas demarcadas específicas, pero utilizarlas de manera efectiva y adecuada a estas escalas. Limitar el uso de IE a los componentes constitutivos de la eficiencia de medios de

conducción (primaria, secundaria, terciaria) y la eficiencia de la aplicación (parcela, chacra), donde se puede atribuir un valor claro a la función tecnológica específica de componentes de riego.

2. Para la gestión del agua, una mejor orientación proviene de las diversas nociones y valores de la eficiencia del uso del agua y los factores de productividad dentro de los distintos niveles del sistema, hasta la escala de cuenca. Esto es lo que permite la identificación de las oportunidades y los conflictos potenciales de cambios en los usos del agua, el resultado de compensaciones en las asignaciones, y el realismo en las ideas para el cambio institucional y tecnológico. Así, se proporciona una forma de ver el agua sin centrarse en la perspectiva “desde los propietarios”. Si ha de haber cambios en los usos y usuarios, estos cambios en la productividad del agua muestran las implicancias de los cambios en las asignaciones del agua y los cambios en la apropiación de los recursos hídricos. El enfoque en PA permite pensar realmente en el numerador y el denominador, por el lado de la producción y por el lado de la utilización del agua, y qué valor debería atribuirse al numerador dependiendo de la perspectiva que se tiene.

3. Obtener el abanico de valores del agua en una cuenca es una herramienta adecuada para trazar las opciones para todos los usos agrícolas y medio ambientales, y no sólo para el riego. Esto permite darle transparencia a las acciones públicas.

En este sentido, la alternativa de solución planteada en la presente investigación debe ser complementada con un análisis integral de toda la cuenca del Rio Grande para evaluar alternativas de utilización públicas y privadas de los recursos disponibles, planificando estratégicamente su aprovechamiento, permitiendo vincular de esta forma la decisión política con el conocimiento científico-técnico que evite la generación innecesaria de situaciones conflictivas. La asignación del agua se visualiza de forma muy diferente por los técnicos en comparación con los involucrados en las decisiones de políticas. La reasignación del agua es un acto profundamente político, perjudica a algunos y beneficia a otros, generando tensiones políticas asociadas a dicha reasignación. Por lo tanto, no se pretende que a partir de un estudio técnico se resuelvan problemas de política (reasignación), pero sí que a partir del mismo se disponga de mejores elementos para que los encargados de dichas decisiones puedan vincular las mismas con conocimiento técnico/científico.

### **5.3. Objetivo 1: Abordaje sistémico del trabajo de investigación.**

#### **5.3.1 Introducción.**

La Gestión Integrada de los Recursos Hídricos -GIRH en adelante- es una herramienta dinámica esencial para una utilización eficaz de los recursos. Para ello se deberán conocer y describir los procesos naturales y la intervención humana que permitan identificar los aspectos más importantes para su gestión, con el objeto de definir las opciones que le permitan a la entidad gestora una asignación eficiente de los mismos. La GIRH debe pasar por criterios dominantes que tomen en consideración condiciones sociales, económicas y naturales. En este sentido se deberá contemplar lo siguiente:

- Eficiencia económica en el uso del agua: debido a la escasez del agua, su creciente demanda y la insuficiencia de recursos financieros para gestionarla adecuadamente, se torna imprescindible que la utilización de la misma se realice con la máxima eficiencia posible;
- Equidad: debe ser considerado el acceso equitativo al agua como sustento del bienestar humano y de los distintos usos y servicios que este recurso brinda;

- Sustentabilidad ecológica y medioambiental: el uso presente del recurso debiera ser tal que no reduzca ni comprometa su rol en la sustentabilidad de la vida, ni en el uso del recurso por futuras generaciones.

### 5.3.2 El precio del agua como instrumento para la gestión eficiente del agua.

La existencia de externalidades y el hecho de que muchos recursos naturales tienen características de bienes públicos o semipúblicos, provocan que los mercados no operen en la dirección de maximizar el bienestar social. Existen externalidades cuando la decisión de un agente económico, ya sea en la producción o el consumo, afecta la producción o el bienestar de otro agente, no existiendo mecanismos que permitan reflejarlo en el mercado, para que el primero tome en cuenta los efectos que genera a los demás. Puede considerarse como un bien público aquel que, incluso aunque sea consumido por una persona, puede ser consumido por otras. Se caracterizan por dos propiedades principales: primero la no exclusión, que significa que cuando el bien se ofrece a una persona se ofrece a todas, no pudiendo excluirse a nadie de su disfrute, aunque no pague por ello. Por este motivo no pueden ser racionados a través de un sistema de precios. Segundo, la no rivalidad en el consumo significa que cuando alguien consume el bien, no se reduce el consumo potencial de los demás, por lo que el consumo no reduce su disponibilidad. Particularmente un recurso común como el agua de un río o de una presa no posee esta última propiedad, por lo que en este caso sí se genera rivalidad en el consumo.

El papel fundamental de los precios es ayudar a asignar recursos escasos entre usos y usuarios en competencia. Una forma de lograr una asignación eficiente de agua es fijar el precio adecuadamente, ya que los precios del agua afectan su asignación entre los usuarios. Por consiguiente, existe una variedad de métodos para la fijación de precios del agua de riego, dependiendo de las condiciones naturales y económicas. Estos métodos pueden orientarse a la fijación de tarifas volumétricas, a los métodos de fijación de tarifas no volumétricas y a los métodos basados en el mercado. Los mecanismos de fijación de tarifas volumétricas cobran por el agua de riego basado en el consumo de cantidades reales de agua. Los métodos no volumétricos cobran independientemente del agua realmente utilizada, tomando como base por ejemplo la superficie anual irrigada por un caudal teórico o tipo de cultivo. Estos métodos suelen ser consecuencia de la falta de información sobre las cantidades reales de consumo. Los mecanismos basados en el mercado han surgido recientemente como una necesidad para resolver las ineficiencias de precios del agua definidos por las instituciones de riego existentes. Estos dependen de las reglas de juego del mercado y de la buena definición de los derechos de agua para determinar el precio del agua de riego (R. C. Johansson 2000).

Existen numerosos antecedentes respecto de la valoración económica de los bienes ambientales, entre los cuales se encuentra el agua. El agua es un recurso natural escaso que se presenta dentro de un ciclo cerrado. En general, las sociedades, y las personas interfieren en este ciclo hídrico captando el agua en un punto para su uso y devolviéndola en un punto distinto, normalmente en un momento diferente, muchas veces con una calidad alterada. La determinación del precio del agua se presenta como un instrumento para lograr uno o varios objetivos de política (Young, 1996). El precio del agua, cuando se combina con otras medidas, puede ser una herramienta económica que permita ahorrar y aumentar la productividad del agua mediante la promoción de: (i) el cuidado, la gestión para la conservación del agua, (ii) las inversiones en tecnologías que permitan el ahorro de agua, y (iii) la reasignación de agua para los cultivos más valiosos y / o en otros usos.

Instrumento Financiero	Instrumento Económico		Instrumento Ambiental
Recuperación de costos	Conservación	Elevar la productividad económica	
Garantizar la sustentabilidad	Lograr ahorro de agua	Sustituir por cultivos mas rentables	Calidad del agua
	Sustitución de cultivos	Reasignación entre sectores	Control de la contaminación
	Cambio tecnológico		

Tabla 4-1: Composición del valor total del agua. Fuente: Berkoff y Molle (2007)

Según los autores Berkoff, J and Molle (2007), desde el punto de vista financiero el precio del agua se utiliza con el propósito de recuperar el capital invertido en la infraestructura para su provisión y los gastos de operación y mantenimiento. Cuando se conceptualiza como un instrumento económico, se orienta a la conservación del recurso y a lograr mayor eficiencia en su utilización, promoviendo un manejo eficiente para su conservación, cultivando especies menos demandantes de agua e invirtiendo en tecnologías que permitan ahorrar el recurso, y reasignando el agua hacia cultivos o actividades más rentables. Finalmente y desde el punto de vista ambiental, puede ser una herramienta que permita evitar la contaminación y mejorar su calidad.

En el presente estudio el concepto “precio del agua” hará referencia a la valoración monetaria del bien, sin que ésta esté determinada por el mercado, sino por las metodologías descriptas posteriormente.

En la primera etapa de la investigación se estimará la curva inversa de demanda de agua, con el fin de obtener evidencias cuantitativas para explorar, en conjunto con otras herramientas, los niveles de precios del agua que permitan una estrategia de reconversión hacia sistemas eficientes de aplicación intrafinca que posibiliten ahorrar el volumen de agua para cubrir las demandas proyectadas. Se estima que el conocimiento por parte del productor de los beneficios productivos, económicos y ambientales de dicha reconversión, serían el estímulo que lo induzcan a llevarlo a cabo, enmarcados en un diseño organizativo, normativo e institucional que deberá explorarse en etapas posteriores al presente estudio.

Una de las medidas identificadas para mejorar la eficiencia en el uso del agua es reconvertir los sistemas de riego por gravedad, que actualmente ocupan prácticamente la totalidad de los sistemas del Valle de Perico, a sistemas de riego tecnificado, para así mejorar la eficiencia de aplicación dentro de las chacras, lo que permitiría regar la misma superficie con menor cantidad de agua, liberar ese volumen para el funcionamiento del canal e incrementar la superficie bajo riego proyectada.

### 5.3.3 Cálculo de la curva inversa de demanda de agua.

#### 5.3.3.1 Introducción

En el área de estudio el agua es escasa y está mal distribuida en relación a la demanda agronómica de los cultivos principales, tal como fue presentado en el punto 3.5.2. Además, los volúmenes de agua ofertados no coinciden con la demanda agronómica debido a las pautas de manejo del dique en función del uso que se hace del mismo para hidroelectricidad. La eficiencia alcanzada en los sistemas de riego en el Valle de Perico es debido a que éstos son casi excluyentemente gravitacional y por surcos. Para lograr regar la superficie adicional para la que fue diseñado el canal se ha estimado que sería necesario alcanzar una eficiencia global del 80% para todo el sistema, lo que

implicaría una reconversión total de los sistemas por gravedad a sistemas localizados, sumado a una mejora en la eficiencia de conducción de la infraestructura pública.

#### 5.3.3.2 El precio del agua como propuesta de solución

La tarifa del agua de riego actualmente pagada por los productores es de un valor de 272,6 AR\$/ha como se detalla más adelante en la Tabla 4-6: Detalle de los montos pagados por los productores por la provisión de agua. Para intentar resolver los problemas de escasez se propone explorar la posibilidad de que los agricultores paguen una tarifa por el uso del agua que cumpla los siguientes objetivos principales:

1.- Constituir un fondo para el financiamiento de la reconversión hacia sistemas más eficientes de riego (riego por goteo), lo que permitiría incrementar la superficie irrigada con el volumen anual de agua promedio derivado por el dique Las Maderas. El incremento estaría dado por el cambio de eficiencia por la sustitución tecnológica.

2.- El precio del agua desincentivaría la sustitución y expansión de cultivos más demandantes de agua (caña fundamentalmente), ya que se propone que la tarifa se estime por consumo teórico de cultivos y por eficiencia técnica teórica de sistemas de irrigación (ítem 8.2.5 del Anexo 2). Si esto ocurriera (o sea, se sustituye la superficie de tabaco por caña de azúcar), el déficit se incrementaría sustancialmente debido al mayor consumo de agua por este último cultivo.

3.- Se propiciaría en el futuro la sustitución hacia cultivos que mejoren la relación de valor del producto por unidad de agua utilizada.

El precio del agua se modela en el corto plazo, tal como señala la bibliografía, pero se verifica el impacto incluyendo la nueva tarifa y simulando el impacto financiero en los distintos sistemas productivos. En este sentido, lo que reflejaría el modelo es una situación hipotética de demanda óptima y una situación de equilibrio, teniendo en cuenta que tanto la caña de azúcar como el tabaco son cultivos especializados con inversiones asociadas difíciles de sustituir sin incurrir en importantes costos hundidos, como las inversiones en infraestructura para el secado de tabaco, por ejemplo.

#### 5.3.3.3 Modelo teórico

La aplicación del paradigma de la eficiencia económica en el marco de los recursos hídricos y del presente estudio conduce a un objetivo social muy importante, ya que una asignación eficiente contribuye a resolver conflictos, sobretodo bajo condiciones de escasez progresiva y creciente competencia entre los usuarios del agua. El valor económico del agua y las distintas metodologías de cálculo fue discutido ampliamente en la bibliografía (Young & Gray 1972, Gibbons 1986, Cañas et al. 2000, Johansson 2000, Johansson et al. 2002, Turner et al. 2004) entre otros autores. Baldovín & Vecino (2012) realizaron una revisión de las metodologías de la demanda de agua de riego. La utilizada en el presente trabajo se basa en obtener la valoración marginal del agua por tipo de cultivo que se desarrolla en el valle.

La metodología empleada para calcular el valor económico del agua fue desarrollada por Amir & Fisher (1999) y ha sido ampliamente utilizada para estimar los efectos de las políticas de precios en la agricultura de regadío (Doppler et al., 2002, Salman & Al-Karablieh, 2004). En dicho trabajo se plantea un modelo de producción agrícola donde se asignan diferentes cantidades y calidades de agua bajo un modelo de optimización lineal. La solución de este modelo provee una asignación óptima de las cantidades de agua para los cultivos que maximiza el margen bruto total de la región en estudio bajo distintos precios del agua.

El presente análisis de precios del agua se basa en una modelización de corto plazo, y se considera que una valoración (y en consecuencia una tarificación) ineficiente del agua no sólo conspira con la asignación óptima del recurso, sino que también altera los patrones de uso del suelo. Para alcanzar la mejora, centrada en la demanda, utilizando el precio del agua como instrumento, y con el objetivo de administrar el agua bajo situaciones de escasez, deberían lograrse los siguientes objetivos, según señala Pereira et al. (2002); a.- Reducir la demanda a partir de los mejores sistemas de irrigación con mejor performance; a partir de especies o variedades que disminuyan el consumo de agua; etc. b.- Conservar el agua a partir de prácticas de manejo y programación de fechas de siembra, etc. c.- Mejorar los rendimientos por unidad de recurso agua. d.- Mayores ingresos para los productores a partir de la elección de cultivos más ventajosos.

En el modelo, la demanda de agua para riego y la disponibilidad de tierras (suponiendo ambas de calidad homogénea) son las únicas restricciones, diferenciando el consumo por períodos. El margen bruto estimado para cada cultivo solamente imputa el valor del monto pagado a la provincia, descontado los gastos de distribución y mantenimiento, con el objeto de reflejar solamente la demanda de agua, tal como señala la bibliografía. El mismo se presenta a continuación:

$$Max Z = \sum X_j [MB_j - \sum (P_i W_{ij})]$$

Sujeto a

$$\sum X_{jk} \leq A_k$$

$$\sum W_{ij} X_j \leq W_i$$

Dónde:

Z = Margen bruto total

X<sub>j</sub> = Área total del cultivo j

j = cultivos (Tabaco (Irigada), Caña (Irigada), Horticultura (Irigado) y Maíz (Sin Riego)).

MB<sub>j</sub> = Margen Bruto del cultivo j en AR\$/ha

P<sub>i</sub> = Precio del Agua en AR\$/ m<sup>3</sup>

W<sub>j</sub> = Cantidad de agua demandada por el cultivo j en m<sup>3</sup>/ha

W = Cantidad de agua disponible.

Sujeto a la “*restricción de superficie*”.

$$\sum X_{jk} \leq A_k,$$

dónde k es la categoría y X<sub>jk</sub> es el área de la actividad j en la categoría k. La suma de todas las superficies no excede el área disponible de cada categoría. La restricción de superficie está dada por la disponibilidad de suelo agrícola en el Valle de Perico con dominio por gravedad del agua represada en el Dique Las Maderas. En el Anexo 2 se incluyen los cálculos y datos necesarios para obtener los márgenes brutos de los diferentes cultivos.

Sujeto a la “restricción de agua”.

La restricción referente a la disponibilidad de agua tiene la siguiente forma:

$$\sum W_j X_j \leq W,$$

dónde  $W_j$  es el agua total disponible, que en el presente trabajo sólo representa el agua represada en el Dique Las Maderas. Su disponibilidad se divide en 2 períodos semestrales (enero-junio y julio-diciembre) debido a que, por un lado la demanda de los cultivos de caña de azúcar y tabaco concentran la mayor parte de la demanda de agua en el segundo semestre, y por el otro la represa posee un emprendimiento hidroeléctrico y eroga caudales durante el primer semestre donde su volumen no se corresponde con la demanda fenológica de los cultivos principales. Esto último genera por un lado una restricción en la oferta en el período de mayor demanda y distorsiones al evaluar la eficiencia con la que se maneja la represa con fines de riego. En el Anexo 1 se detalla la información sobre el cálculo del balance hídrico y las fuentes de información de los datos.

En dicho balance se observan 3 meses de déficit, especialmente marcado en el mes de octubre, mientras que en el resto del año existe un exceso de oferta en relación a la demanda de agua estimada. Si se calcula un balance anual se observa que existe un excedente de alrededor de 38 Hm<sup>3</sup> por año (Tabla 7-18: Balance de Agua para el Valle de Pericos). Según se pudo recabar en las reuniones mantenidas con referentes locales, la falta de seguridad de la presa impediría un manejo adecuado debido a la imposibilidad de un mayor almacenaje de agua. También es importante destacar que dicha distribución de caudales podría estar regulada por la estrategia de generación de energía hidroeléctrica. El detalle mensual del balance se presenta en el siguiente gráfico.

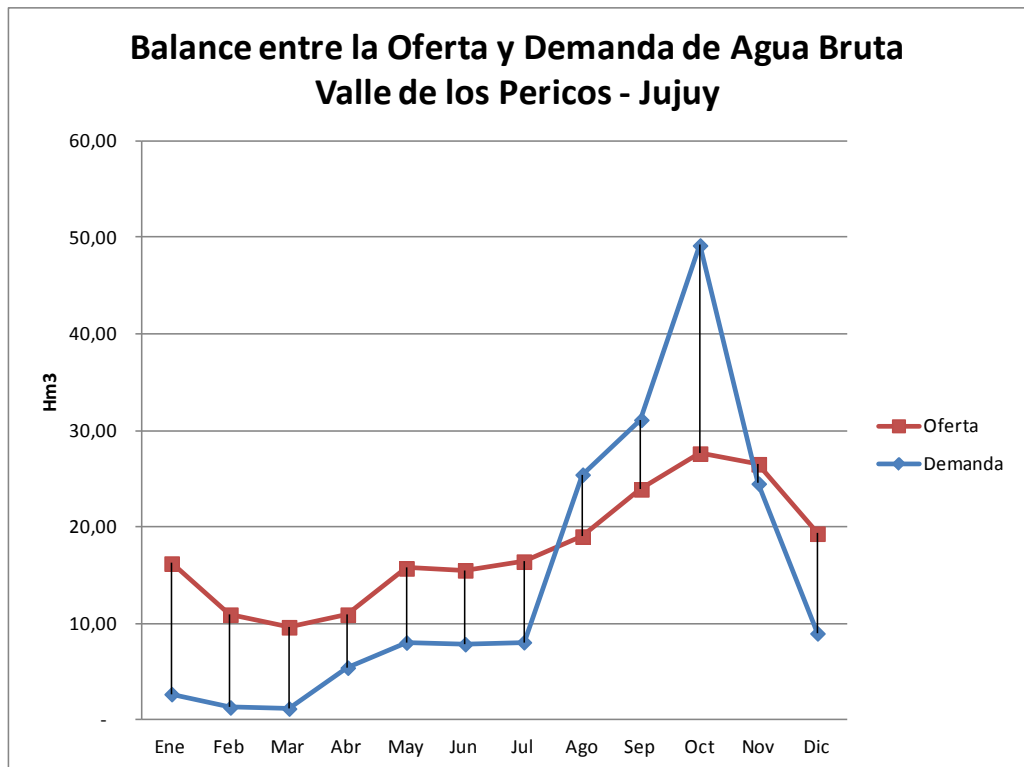


Gráfico 4-1: Balance a partir de estimación de Demanda Bruta

En cuanto a los volúmenes erogados registrados que ingresan al Valle de Perico, se observan los siguientes valores para el período 2006-2010.

Mes	Hm3
Enero	16,2
Febrero	10,9
Marzo	9,6
Abril	10,9
Mayo	15,7
Junio	15,5
Julio	16,4
Agosto	19
Septiembre	23,9
Octubre	27,6
Noviembre	26,6
Diciembre	19,3
<b>Total</b>	<b>211,6</b>
<b>1er Semestre</b>	<b>78,8</b>
<b>2do Semestre</b>	<b>132,8</b>

Tabla 4-2: Volúmenes erogados al Valle de Perico año 2006-2010. Fuente: Consorcio de riego

#### 5.3.3.4 Aplicación Práctica

Los resultados obtenidos de la aplicación del modelo se muestran en la Tabla 4-3: Resultados de la optimización para diferentes precios del agua. Partiendo de un precio nulo, a medida que se eleva el precio de dicho recurso su asignación se irá limitando a los cultivos en los que el uso del agua genere la mayor contribución neta al beneficio (la función objetivo consiste en maximizar el beneficio total para los cultivos en competencia por el uso del suelo). Además, para cada cultivo se llega a un precio máximo del agua a partir del cual ya no resulta económico su aprovechamiento bajo riego, por lo que una mínima elevación de dicho valor llevaría a suprimir la cantidad de agua de riego que anteriormente tenía asignado dicho cultivo. En conjunto, se obtiene una función inversa de demanda formada por pares de valores (valor del agua para el cultivo en cuestión, volumen de agua de riego) y se obtiene la valoración marginal del agua por tipo de cultivo. El conjunto de soluciones de la programación lineal se plantea respecto de la dotación de agua para riego, con lo que se obtiene un precio sombra o valoración marginal del recurso.

Precio \$/m3	Distribución de cultivos (hectáreas)				Total hectáreas	Demanda de Agua m3		Valor de la Función Objetivo (\$)
	Tabaco irrigado	Caña irrigada	Horticultura irrigada	Maiz sin riego		Agua m3 1er Sem	Agua m3 2do Sem	
0 \$/m3	17.313	5.516	5.000	0	27.830	15.490.287	132.700.000	214.552.865
0,25 \$/m3	20.000	2.830	5.000	0	27.830	7.945.914	121.708.574	181.303.484
0,5 \$/m3	20.000	0	5.000	2.830	27.830	0	99.070.000	149.425.150
0,75 \$/m	20.000	0	5.000	2.830	27.830	0	99.070.000	124.657.650
1 \$/m3	20.000	0	5.000	2.830	27.830	0	99.070.000	99.890.150
1,25 \$/m3	20.000	0	5.000	2.830	27.830	0	99.070.000	75.122.650
1,5 \$/m3	0	0	5.000	22.830	27.830	0	20.883.333	69.555.196
1,75 \$/m3	0	0	0	27.830	27.830	0	0	68.097.196

Tabla 4-3: Resultados de la optimización para diferentes precios del agua.

Como se observa en la tabla precedente, el precio 0 AR\$/m<sup>3</sup> (AR\$ son pesos argentinos a febrero de 2012) se considera la situación inicial. El valor de 0.0076 AR\$/m<sup>3</sup> utilizado posteriormente para contrastar lo modelado con el uso actual del suelo refleja el monto pagado a la provincia en concepto de canon del agua (asumido como el valor del agua en la función de producción de los cultivos), sin considerar los gastos de distribución y mantenimiento tal como señala la bibliografía. A medida que se incrementa el valor del agua, se visualiza una sustitución hacia cultivos menos



demandantes de agua, debido a la disminución progresiva del Margen Bruto dado ese incremento, hasta llegar a una situación donde ya no es conveniente utilizar el agua de riego, desplazándose el uso del suelo totalmente hacia cultivos de secano.

Los cultivos modelados, caña de azúcar, tabaco y horticultura, son los que representan el 80% del área cultivada. En el Valle de Perico, el tabaco representa el 51% del área cultivada, la caña de azúcar el 17% y la horticultura el 12 %, tal como se presenta en la punto 3.3.3, y serán la base para calibrar el modelo. La metodología requiere de la calibración que permita constatar la capacidad predictiva del modelo con la reflejada en este caso, por el uso actual del suelo. Para constatar el uso del suelo se realizó un relevamiento de campo y se estimaron las áreas de cada cultivo a partir de imágenes satelitales con un Sistema de Información Geográfica. Luego se realizó la comparación de los resultados del modelo con dicho uso, y se obtuvieron los siguientes valores.

	\$/m3	Tabaco (Has)	Caña (Has)	Horticultura (Has)	Total (Has)
<b>Modelo</b>	0,0076	17.313	5.516	5.000	27.830
<b>Uso Actual</b>	0,0076	17.592	5.900	4.338	27.830
<b>Diferencia (%)</b>		2%	6%	-15%	0%

Tabla 4-4: Resultados del ajuste del modelo y su comparación con la situación actual.

Cabe aclarar que el modelo de optimización presentado sólo refleja los precios del año 2011. El precio por el agua actualmente pagado, llevado a AR\$/m<sup>3</sup>, es de alrededor de 0.0076 AR\$/m<sup>3</sup>. Este precio surge de multiplicar el valor promedio del canon (40.62 AR\$) Tabla 4-6: Detalle de los montos pagados por los productores por la provisión de agua., por la superficie actualmente regada (27.830 hectáreas) dividido el volumen de agua consumido calculado en m<sup>3</sup> (148 Hm<sup>3</sup>) que proviene de la suma del agua consumida del primer y segundo semestre de la tabla presentada anteriormente. Luego se corrió el modelo para compararlo con la situación actual de uso del suelo en el valle. La mayor diferencia se observa en la horticultura, para la cual se asumió un cultivo de referencia, dada la complejidad de esta actividad, limitándose la cantidad de cultivos intensivos a 5.000 hectáreas para el valle. La dispersión observada entre el uso actual y lo modelado está dentro de los rangos aceptados en la bibliografía (Amir & Fisher, 1999, pag. 48).

La optimización se realizó sobre el volumen de agua erogado al Valle de Perico (Tabla 4-2: Volúmenes erogados al Valle de Perico año 2006-2010. Fuente: Consorcio de riego) y la superficie actualmente regada con el uso del suelo relevado (27.830 hectáreas). Posteriormente se estimará el agua a liberar debido a la sustitución en tecnologías de riego para abastecer las 15.000 hectáreas objetivo en el Valle de San Pedro (Tabla 4-5: Demanda cubierta por la reconversión tecnológica intrafinca. Valle de Perico e Ilustración 4-1: Estimaciones del déficit debido a los distintos niveles de eficiencia global). El área beneficiaria en el Valle de San Pedro está dedicada en su totalidad al cultivo de caña de azúcar, salvo un área pequeña de productores hortícolas minifundistas. El cultivo de caña de azúcar es plurianual, ya que la planta rebrota y puede ser cosechada varios años. Por ello para el presente trabajo se asumió el margen bruto anual del cultivo de caña para un año promedio, que permite ajustarlo a un modelo de corto plazo y compararlo con el resto de los cultivos. En el Anexo 1 se describen en forma detallada las demandas de agua de los cultivos de caña de azúcar, tabaco y horticultura y el balance hídrico para el Valle de Perico.

De la modelización realizada se obtiene la siguiente curva de demanda agregada para todos los cultivos.

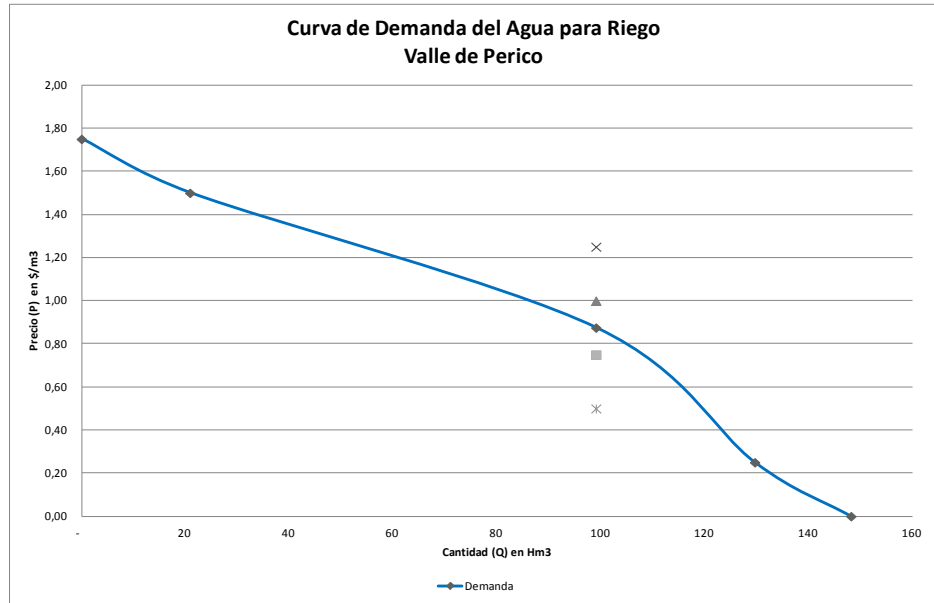


Gráfico 4-2: Curva inversa de demanda de agua

La ecuación de la curva ajustada es la siguiente:

$$P = 0,0000000216 Q^4 - 0,0000065842 Q^3 + 0,0005637985 Q^2 - 0,0210705429 Q + 1,75$$

$$R^2 = 1$$

Donde

(P) es el precio del agua en AR\$/m<sup>3</sup>,

(Q) es la cantidad demandada en Hm<sup>3</sup>

Se puede observar que a partir de la curva de demanda obtenida, en el tramo de los 100 Hm<sup>3</sup> posee discontinuidad en los valores de la curva, lo que se supone que es debido al bajo número de actividades contempladas en el modelo, tal como señala la bibliografía (Amir & Fisher, 1999, pág. 53).

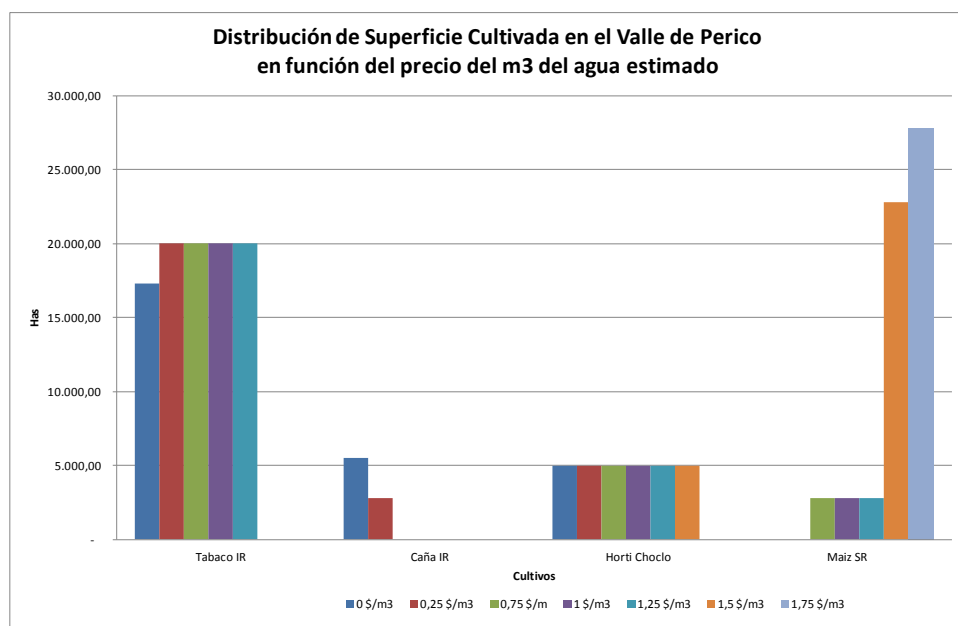


Gráfico 4-3: Simulación del uso del suelo en función del precio del agua.

En el gráfico precedente se observan las asignaciones óptimas de uso del suelo modelado para cada precio del agua. Esta variación en la asignación del uso del suelo se debe a que a medida que se incrementa el precio del agua disminuyen los márgenes brutos de los cultivos que demandan más de este recurso, por lo que la asignación del uso del suelo se corresponderá con la variación debido a dicha disminución. Por ello, en el extremo de 1.75 AR\$/m<sup>3</sup> se observa el desplazamiento de la totalidad del uso del suelo a cultivos de secano, ya que dado dicho precio del agua, no resulta beneficioso el pago por el uso de dicho recurso.

#### 5.3.4 Estimación de la cantidad de agua liberada para su reasignación en la zona cedente.

Para establecer los órdenes de magnitud del agua que se podría liberar vía sustitución tecnológica a partir de la incorporación del riego por goteo en toda el área, se estima que se podría liberar 62,7 Hm<sup>3</sup> a partir de las eficiencias teóricas supuestas para cada sistema.

Cultivo	Demanda Neta m <sup>3</sup> /ha	Demanda Bruta a Eficiencia		Hectáreas Totales	Demanda Hm <sup>3</sup> al 55%	Demanda Hm <sup>3</sup> al 90%	Diferencia Hm <sup>3</sup>
		55%	90%				
Caña	6.455	11.736	7.172	5.900	69,2	42,3	
Tabaco	2.450	4.455	2.722	17.592	78,4	47,9	
Horticultura (choclo)	2.506	4.556	2.784	973	4,4	2,7	
Horticultura (tomate)	1.482	2.695	1.647	3.365	9,1	5,5	
<b>Total</b>				<b>27.830</b>	<b>161,1</b>	<b>98,5</b>	<b>62,7</b>

Tabla 4-5: Demanda cubierta por la reconversión tecnológica intrafinca. Valle de Perico

De los 137 Hm<sup>3</sup> planteados como demanda teórica insatisfecha para cubrir las 15.000 hectáreas proyectadas de incremento en superficie (ítem 3.5.2 Tabla 3-4: Situación de escasez para la situación con proyecto. Elaboración propia.), se estarían cubriendo en términos teóricos un 62,7 Hm<sup>3</sup>, faltando para completarla unos 74,3 Hm<sup>3</sup> (137 Hm<sup>3</sup> – 62,7 Hm<sup>3</sup> = 74,3 Hm<sup>3</sup>), suponiendo que la eficiencia de la nueva área servida mantiene las eficiencias intrafinca del 55% (escenario 1). Para lograr cubrir la totalidad de la demanda de la superficie incremental (escenario 2), el área destino debe disponer de riego tecnificado para las nuevas hectáreas (90% de eficiencia de aplicación), y la eficiencia global alcanzar el 80%, como se señala en Tabla 7-19: Cálculo de la oferta y demanda proyectada. Elaboración propia.

Situación Actual	<b>Valle de Perico</b> Eficiencia Global <b>50%</b> 27. 830 hectáreas	+	<b>Valle de San Pedro</b> Eficiencia Global <b>50%</b> 15.000 hectáreas	Déficit 137 Hm <sup>3</sup>
Escenario 1	<b>Valle de Perico</b> Eficiencia Global <b>80%</b> 27. 830 hectáreas	+	<b>Valle de San Pedro</b> Eficiencia Global <b>50%</b> 15.000 hectáreas	Déficit 74.3 Hm <sup>3</sup>
Escenario 2	<b>Valle de Perico</b> Eficiencia Global <b>80%</b> 27. 830 hectáreas	+	<b>Valle de San Pedro</b> Eficiencia Global <b>80%</b> 15.000 hectáreas	Déficit 0 Hm <sup>3</sup>

Ilustración 4-1: Estimaciones del déficit debido a los distintos niveles de eficiencia global

Estos valores son muy exigentes de alcanzar, por lo que resulta necesario complementar con otras medidas extrafinca que permitan incrementar la eficiencia, o reducir las expectativas de expansión de superficie a irrigar, tal como fue señalado en los alcances y limitaciones del trabajo de investigación. En los escenarios presentados

se supone que las eficiencias de conducción se mantienen constantes en ambos escenarios.

### 5.3.5 Estimación del monto máximo de recaudación anual para la creación de un fondo

En este punto se analiza el precio del agua pagada versus un precio hipotético para generar un fondo con el objeto de financiar la reconversión hacia sistemas de riego que permitan mejorar la eficiencia en el uso del recurso. Este fondo se concibe en principio para la zona cedente (Valle de Perico) y escenario 1. De todas formas para lograr la meta de irrigar las 15.000 hectáreas en el Valle de San Pedro se requiere que los sistemas intrafinca en dicho valle también sean de riego tecnificado, y la infraestructura para la conducción alcance elevados niveles de eficiencia (eficiencia global 80% para todo el sistema). Por ello se extiende la creación del fondo en un escenario 2, donde se contempla una unidad organizativa para la gestión de toda el agua servida por la presa. La eficiencia de conducción se supone constante para ambos escenarios, lo que implica inversiones adicionales para que se logren las mismas.

El monto pagado por los productores es de 272,6 AR\$/ha, con una dotación de 0.5 lts/seg para tabaco y una dotación de 0.7 lts/seg para caña de azúcar. El detalle por concepto y cultivo se presenta en la siguiente tabla.

	Regulado	No regulado B
<b>Canon para el estado</b>		
Resto Cultivos \$/Ha año	50,63	10,8
Caña de azúcar \$/ha año	30,6	30,6
Promedio simple utilizado \$/ha año	<b>40,62</b>	
<b>Monto para el Consorcio</b>		
Mantenimiento y limpieza	57	13,05
Aporte extra	32	7,25
Tasa consorcial	133	31,9
Total Cultivos (menos Caña \$/ha)	<b>272,6</b>	63
Total Caña \$/ha	253	83

Tabla 4-6: Detalle de los montos pagados por los productores por la provisión de agua.

La metodología propuesta requiere de la constitución de un fondo a partir del precio pagado por el agua, que permita financiar la modernización de los sistemas de riego. Asumiendo un valor (*ad hoc*) a pagar de 4 veces más que la tarifa actualmente pagada por el productor (de 272.6 AR\$/hectárea a 1.090,4 AR\$/hectárea), equivale a un valor de 253,6 U\$/ha año a una tasa de cambio de 4.3 AR\$/U\$ (tipo de cambio oficial, febrero 2012). En la siguiente tabla se presenta el detalle de la situación actual y futura estimada.

Concepto	Actual	Futura
Tarifa actual \$/ha	272,6	1.090,4
Monto total \$	7.586.458,0	30.345.832,0
Gastos Consorcio \$	6.177.981,7	6.177.981,7
Monto pagado a la provincia por el Canon \$	1.408.476,3	1.408.476,3
Saldo incremental \$		22.759.374,0
Precio promedio del canon \$/ha	40,6	868,4
Volumen de agua estimado utilizado por el productor Hm3 * , **	148,0	227,8
Precio del agua en \$/m3 para 27.830 hectáreas	0,0076	0,1633
Precio del agua en \$/m3 para (27.830+15.000) hectáreas		0,1633

\* el volumen de agua considerado es una estimación del agua entregada en tranquera de la finca y estimado como demanda a las eficiencias de riego actuales para las hectáreas a ese valor del agua tomando como base lo erogado para el primer y segundo semestre promedio 2006-2010

\*\* el volumen de agua considerado se incrementa proporcionalmente por las hectáreas incrementales y se supone un cambio en las pautas de manejo del dique para la erogación en el primer y segundo semestre

Tabla 4-7: Recaudación estimada a partir del aumento de la tarifa en AR\$

El valor para el cálculo de la curva inversa de demanda expresa solamente el valor del agua en sí misma en AR\$/m<sup>3</sup>, como se señala en la metodología, por lo que descontando a este nuevo valor (1090.4 AR\$/hectárea) los montos pagados al consorcio (222 AR\$/hectárea) se obtiene un incremental de 868.4 AR\$/hectárea, que expresado en AR\$/m<sup>3</sup> se obtiene un valor de 0.163 AR\$/m<sup>3</sup>.

Este valor ad hoc de 4 veces el monto actualmente pagado (en AR\$/hectárea), será convalidado en trabajo de campo. Se elige dicho umbral porque se observa que este incremental traducido al precio del agua (de 0.0076 a 0.163 AR\$/m<sup>3</sup>) no modifica sustancialmente el consumo total demandado. La disminución demandada calculada a dicho precio es de 12,3 Hm<sup>3</sup>, tal como es presentado más adelante y puede ser observado en la curva calculada.

Este diferencial permitiría recaudar 5,29 millones de dólares por año para la creación de un fondo para el total del área irrigada del Valle de Perico, y de 8.9 millones de dólares incluyendo ambos Valles para el escenario 2. El detalle se presenta a continuación.

Concepto	Actual	Escenario 1	Escenario 2
Hectareas	27.830	27.830	42.830
Tarifa total U\$S/ ha año	63,4	253,6	253,6
Canon U\$S/Ha Año	11,77	11,77	11,77
Tarifa menos canon U\$S/ha año	51,63	241,83	241,83
Total Gastos Consorcio U\$S/ año	1.436.739,93	1.436.739,93	2.211.123,65
Total Fondo U\$S/año		5.293.266,00	8.146.266,00
En dolares a tipo de cambio 4,3 AR\$/U\$S			

Tabla 4-8: Detalle de los montos adicionales recaudados para la creación del fondo expresado en U\$S

Bajo ciertos supuestos para el manejo y creación de un fondo de reconversión tecnológica de riego, se observa que con el adicional recaudado por la mayor tarifa, se necesitarían aproximadamente entre 12 años para la sustitución tecnológica plena teniendo en cuenta solamente el financiamiento a partir de la recaudación. Se estimó un porcentaje del 5% para administración y fortalecimiento institucional que le permita a la organización cumplir adecuadamente sus misiones y funciones. Dado el tamaño del área a reconvertir es probable que se generen economías de escala y curvas de aprendizaje a lo largo del proceso de reconversión.

Reconversión tecnológica	Escenario 1	Escenario 2
Costo estimado de inversión en Riego por goteo U\$S/ha	2.200	2.200
Gastos de Administración U\$S/año (5%)	264.663	407.313
Saldo U\$S/Año	5.028.603	7.738.953
Hectáreas anuales reconvertidas (hectáreas)	2.286	3.518
Años reconversión del área (años)	12	12

Tabla 4-9: Fondo para la reconversión tecnológica

Representado esto sobre la curva inversa de demanda calculada se observa que el precio en AR\$/m<sup>3</sup> pasa de 0,0076 a 0.163 por el concepto referido como valor del agua. Este valor sólo representa el canon de riego de la Tabla 4-6: Detalle de los montos pagados por los productores por la provisión de agua., (considerado como valor del agua en sí misma y como un precio-equivalente en AR\$/m<sup>3</sup> de la tarifa total expresada en AR\$/hectárea). La elasticidad-precio de la demanda ante el cambio en el precio es de -0,004, prácticamente nula y obviamente en el tramo inelástico de la curva inversa de demanda.

A continuación se presenta dicho cambio representado en la siguiente función:

$$\int_0^{148} (0,0000000216x^4 - 0,0000065842x^3 + 0,0005637985x^2 - 0,0210705429x + 1,7500) dx$$

$$y = 0.0076 : x = 146.9$$

$$y' = 0.163 : x = 134.6$$

La diferencia entre ambos precios generaría una disminución en la demanda de 12,3 Hm<sup>3</sup>.

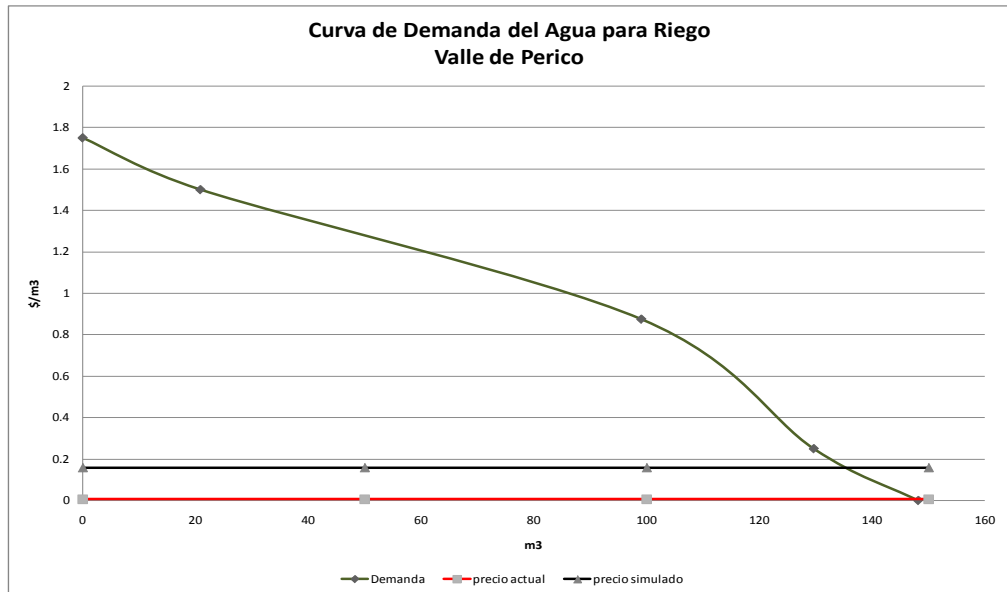


Gráfico 4-4: Curva inversa de demanda a los precios estimados

Este incremento graficado representa sólo al agua como insumo dentro de la función de producción de los productos agropecuarios analizados, para diferenciarlo del monto percibido por el productor que está compuesto por el monto total de la tarifa. Es importante anticipar que sólo el 21% de los productores percibe que paga por el agua en sí misma, mientras que el resto considera que la tarifa que paga está compuesta por el componente de operación y mantenimiento del sistema principalmente (53%), y/o por un gravamen provincial (26%) (Pregunta 5 del formulario de la encuesta que será presentado posteriormente).

### 5.3.6 Impacto de la nueva tarifa sobre los modelos de producción

Fueron planteadas cinco (5) superficies modales, con dos tipos de productores, según su actividad productiva principal corresponda a tabaco o caña, considerándose como productor familiar a aquél que utiliza fundamentalmente esa mano de obra en el predio, y corresponde a un nivel bajo de capitalización (superficies inferiores a 25 ha). Productor empresarial se considera aquél que puede utilizar mano de obra contratada, y dispone de mayor infraestructura y equipamiento, lo cual redundará en una mayor eficiencia en la utilización de insumos y mano de obra (con mejor capacitación), lo que se expresa a través de mejores rendimientos por unidad de superficie (fincas modales mayores a 25 ha). Se calcularon los márgenes brutos con el objeto de simular el impacto de la tarifa estimada en cada tipo de sistema productivo. Asimismo, se han variado levemente los rendimientos en algunos modelos bajo ciertos supuestos definidos por consultas con expertos.

En la siguiente tabla se detallan los rangos de superficies modales utilizadas y su representatividad en el área bajo estudio.

Rango	Sup. Cultivada Promedio (ha)	Cultivo Base	Cantidad	% en Cantidad	Superficie cultivada (ha)	% en Superficie
5 a 10 ha	8	Tabaco	129	17,0%	1.032	4,6%
10 a 25 ha	18	Tabaco	281	37,0%	5.058	22,6%
		Caña	18	2,4%	324	1,4%
25 a 50 ha	35	Tabaco	149	19,6%	5.215	23,3%
		Caña	58	7,6%	2.030	9,1%
50 a 100 ha	70	Tabaco	75	9,9%	5.250	23,4%
		Caña	50	6,6%	3.500	15,6%
<b>TOTAL</b>			<b>760</b>	<b>100%</b>	<b>22.409</b>	<b>100%</b>

Tabla 4-10: Modelo de Producción

Los impactos financieros de la reconversión tecnológica en riego de los distintos modelos productivos incorporando los precios del agua incrementados, las inversiones, gastos y rendimientos incrementales, son presentados en la siguiente tabla. Se incluyen los costos incrementales entre el modelo base (riego por surco) y el modelo tecnificado (goteo o discontinuo), como las inversiones por la compra de equipamiento, gastos operativos y el incremental de la tarifa. Por el lado de los ingresos se estima un incremental de rendimiento debido al cambio tecnológico, con una reconversión gradual en 9 años. Los resultados de la evaluación financiera hacen referencia solamente a la inversión pura (no se realiza cálculo de la TIR y VAN del modelo financiado), y se supone que la financiación proviene del fondo por el incremental de la tarifa.

Todos los modelos presentan un VAN (12%) positivo mientras que la TIR oscila entre un 20% y 104%, para los productores tabacaleros que diversifican su producción, incorporando caña o alfalfa en rotación con el tabaco, mientras que en el caso de los productores cañeros que modifican su sistema de riego tradicional (riego por surco) incorporando riego por caudal discontinuo o por goteo, la TIR oscila entre 15% y 117%.

Las siguientes Tablas contienen un resumen de la rentabilidad financiera obtenida para los modelos de finca cuando intensifican, diversifican y/o sustituyen cultivos en forma gradual, con incorporación de nueva tecnología de riego, considerando en todos los casos un ritmo de cambio aproximado de 25% anual de la superficie productiva disponible en cada finca modal.

Ha Cultivadas	Sin Proyecto		Con Proyecto		Comparación			
	Cultivo	Riego	Cultivo	Riego	Van <sub>10 años</sub>	Van <sub>10 a./ha</sub>	Tir <sub>10 años</sub>	
8	Tabaco	Surco	Tabaco (50%) + Caña (50%)	Caud. Disc	\$ 25.607	\$ 3.201	40%	
				Goteo	\$ 37.775	\$ 4.722	75%	
18			Goteo	Tabaco (50%) + Alfalfa (50%)	Caud. Disc	\$ 71.188	\$ 3.955	48%
					Goteo	\$ 113.672	\$ 6.315	104%
35	Goteo	Tabaco (50%) + Alfalfa (50%)	Caud. Disc	\$ 30.511	\$ 872	20%		
70				\$ 77.450	\$ 1.106	22%		

Tabla 4-11: Rentabilidad financiera en tabaco por la reconversión en los sistemas de riego

Ha Cultivadas	Sin Proyecto		Con Proyecto		Comparación		
	Cultivo	Riego	Cultivo	Riego	Van <sub>10 años</sub>	Van <sub>10 a./ha</sub>	Tir <sub>10 años</sub>
18	Caña	Surco	Caña	Caud. Disc	\$ 36.739	\$ 2.041	23%
				Goteo	\$ 85.912	\$ 4.773	54%
35				Caud. Disc	\$ 76.409	\$ 2.183	24%
				Goteo	\$ 169.533	\$ 4.844	55%
70				Caud. Disc	\$ 308.657	\$ 4.409	40%
				Goteo	\$ 523.841	\$ 7.483	117%

Tabla 4-12: Rentabilidad financiera en caña por la reconversión de los sistemas de riego.

Adicionalmente, en todos los casos modelados, los resultados indican que el riego por goteo (de mayor inversión inicial) resulta financieramente ventajoso respecto al riego por caudal discontinuo. De acuerdo a estos resultados se concluye que los indicadores de rentabilidad financiera proveen incentivos suficientes para el cambio productivo con incorporación de riego tecnificado (en especial con el riego por goteo que es quien permite cumplir con los objetivos de eficiencia técnica para alcanzar la reconversión de toda el área, a las eficiencias extra fincas dadas).

#### 5.4. Objetivo 2: Evidencia empírica

##### 5.4.1 Introducción

La investigación microsocia se ubica en el dominio de las relaciones sociales y de los comportamientos de las personas. La estructura básica de la investigación está constituida por el marco teórico que permite la explicitación del objetivo de investigación; y los métodos para producir la evidencia empírica y la estrategia de análisis de los resultados y su interpretación. A continuación se presenta el desarrollo de esta etapa del estudio.

##### 5.4.2 Metodología de la investigación de campo.

###### 5.4.2.1 Introducción.

Una vez definidos el marco teórico y los objetivos de la investigación, y luego de haber desarrollado el análisis sistémico del estudio, se diseñó el proceso de investigación de campo para producir la evidencia empírica que permita confirmar las hipótesis planteadas en el marco de la investigación abordada. Complementariamente se desarrolló la estrategia de análisis de los resultados. Los pasos se pueden describir de la siguiente forma:

- Diseño del formulario de una encuesta estructurada, con el objetivo de disponer de evidencia empírica y relevar información de campo.
- Prueba del formulario de la encuesta para evaluar su comportamiento en función de los objetivos de la investigación.
- Definición del tamaño de una muestra aleatoria y estadísticamente representativa de la población a estudiar.
- Realización de entrevistas y talleres con los principales actores involucrados.
- Desarrollo de las encuestas a campo a los productores de la zona de estudio.
- Procesamiento de los datos para la realización del análisis estadístico con los datos obtenidos a partir de la encuesta.

Paralelamente se analizó el marco y contexto socio-histórico y geográfico para situar cómo, dónde y cuándo tiene lugar el proceso, en qué consiste y quiénes están involucrados. Se realizaron entrevistas abiertas con referentes del sector público y privado. Se entrevistó a referentes del Consorcio de Riego del Valle de Pericos, al



Director Provincial de Recursos Hídricos de la Provincia de Jujuy, a los directivos de empresas azucareras como el Ingenio La Esperanza, Ingenio Rio Grande-La Mendieta, Unión de Cañeros Independientes y Consorcio de Riego El Chaguaral. Asimismo, se realizó un taller y reuniones con referentes nacionales y regionales del INTA. Particularmente en este punto fue muy importante contar con el apoyo del Ing. Juan Pablo Zamora del IPAF NOA y del Ing. Fernando González Aubone y Dr. Daniel Prieto del Programa Nacional del Agua del INTA, de la Universidad Nacional de Jujuy, Ing. Agr. Mario Cesar Bonillo, Jorge Horacio Schimpf y Valeria A. Hamity, y del decano de Fac. Cs Agrarias UNLP, Ing. Daniel Scatturice y el Director del Departamento el Ing. Guillermo Hang.

#### 5.4.2.2 Entrevistas.

Durante el mes de noviembre de 2014 se realizaron las siguientes actividades.

##### 5.4.2.2.1 Taller.

Se realizó un taller en el Consorcio de Riego del Valle de Perico y en la Cámara del Tabaco y en la Cooperativa de Tabacaleros de Jujuy donde participaron las autoridades del Consorcio y representantes de la Cooperativa de Tabacaleros, el INTA representado por el Ingeniero Fernando Gonzalez Aubone y Juan Pablo Zamora, el autor de la presente tesis y los pasantes de la Universidad Nacional de La Plata y del INTA que participaron del trabajo de campo. El objeto del taller fue discutir las pautas de cooperación para una mejor gestión colectiva del agua para riego en un marco de creciente escasez y competencia por los distintos usos en el área del Dique Las Maderas. Las autoridades del consorcio se mostraron predispuestas e interesadas por discutir sobre la problemática, pero mostraron su preocupación por la situación proyectada, por la falta de información, y por el modo que la información técnica es utilizada por las autoridades para sustentar sus decisiones.

##### 5.4.2.2.2 Reunión con los Ingenios Azucareros y con Unión Cañeros Independientes de Salta y Jujuy.

De las reuniones donde participaron los máximos responsables del sector cañero, representantes del Ingenio La Esperanza, Ingenio Rio Grande - La Mendieta, autoridades de Unión de Cañeros Independientes de Salta y Jujuy, el consorcio de Riego el Chaguaral, manifestaron su interés por la problemática del agua y el canal Intervalles. Asimismo señalaron que importantes superficies sobre las cuales poseen derechos de concesión de riego permanente no se les entrega la dotación que les corresponde. También manifestaron su interés por participar para resolver el problema.

##### 5.4.2.2.3 Reunión con el Director de Recursos Hídricos de la Provincia de Jujuy.

Las autoridades de recursos hídricos provinciales también manifestaron su interés por la problemática del Canal Intervalles ya que involucra a los 2 sectores productivos más importantes de la provincia de Jujuy. En particular los responsables de operar el sistema son conscientes del escenario de escasez que se generaría si entrase en funcionamiento el Canal Intervalles.

##### 5.4.2.2.4 Consideraciones finales de las entrevistas realizadas.

Se puede concluir que tanto los potenciales damnificados (Valle de Perico, principalmente tabacaleros) como los beneficiarios potenciales de las aguas derivadas al canal Intervalles (Valle de San Pedro, principalmente cañeros), son conscientes de la existencia de un problema de escasez y conflictos potenciales entre usuarios y el gobierno. También manifiestan la importancia de generar un estudio integral a nivel

de toda la cuenca del Rio Grande y Perico, donde se cuantifique la oferta total desde el punto de vista hidrológico, se planifiquen las obras para toda la cuenca en relación a dicha oferta y las demandas proyectadas, en vez de intervenir sobre un área puntual repartiendo agua de un sector para otorgársela a otro. Asimismo, se observa que existe un problema legal con los derechos adquiridos sobre concesiones de riegos permanentes donde actualmente no se está cumplimentando con las dotaciones establecidas.

#### 5.4.2.3 Encuesta a productores.

Para contrastar las hipótesis planteadas en la investigación se diseñó un formulario de encuesta donde se estructuraron los principales interrogantes. La encuesta fue dirigida a los productores del área de proyecto (área de Perico y San Pedro) y fue desarrollada en la semana del 10 al 15 de noviembre del año 2014.

Se estructuró de la siguiente forma:

En primera instancia se realizó una descripción sobre la situación sobre la cual se desea investigar, y se consulta a los productores sobre su conocimiento sobre la situación proyectada para evaluar si percibían una situación de escasez en la situación con proyecto.

Luego se los interrogó sobre aspectos relacionados con el “valor” que los productores le dan al recurso, y la relación de derechos y obligaciones respecto del mismo. Posteriormente se interrogó sobre los aspectos de modernización que les permitirían a los productores mejorar la eficiencia en relación al uso del recurso, como también sobre aspectos relacionados con la utilización y gestión sobre el recurso hídrico.

En última instancia se formularon preguntas sobre las características del entrevistado.

En relación a las preguntas dirigidas a sondear la disponibilidad a pagar un adicional de precio del agua para resolver los problemas de escasez, y dadas las críticas a la metodología de valoración contingente (Venkatachalam, 2004, Veisten, 2007) entre otros), la pregunta se orientó de forma indicativa para dilucidar cuál sería su decisión de inversión dados hipotéticos aumentos de precio.

El detalle del formulario se adjunta en el ANEXO 3: FORMULARIO DE LA ENCUESTA.

#### 5.4.2.4 Descripción de tipo de productor.

En cuanto a la tipología de productores se puede señalar que en el Valle de Perico los productores están especializados principalmente en el cultivo de tabaco y en el Valle de San Pedro en caña de azúcar. Además, según los datos publicados en el Censo Nacional Agropecuario (2002), en cuanto a la superficie total por rango de parcela se observa la mayor concentración de la tierra en parcelas de mayor superficie en el Departamento de San Pedro en relación al Departamento El Carmen, como se presenta en la siguiente tabla.

Rango de parcela	San Pedro		El Carmen	
	Cantidad	Has	Cantidad	Has
de 5- 10	15	119	139	1090
de 10 - 25	21	322	168	2878
de 25 - 50	7	286	139	5012
de 50 -100	12	780	93	7005
de 100 - 200	10	1548	50	7097
de 200 - 500	16	5916	34	10813
de 500 - 1000	11	8486	20	12867
Mas de 1000	20	170395	9	21624

Tabla 4-13: Superficie total por rango de parcela. (CNA 2002)

En cuanto a la superficie empadronada de riego permanente para la muestra encuestada se observan los siguientes rangos de superficie diferenciada por zona.

Rango	Perico	San Pedro
hasta 10	9%	0%
de 10-25	36%	0%
de 25-50	27%	7%
de 50-100	20%	14%
de 100-200	9%	36%
de 200-500	0%	21%
Mas de 500	0%	21%

Tabla 4-14: Porcentaje de establecimientos por superficie de riego permanente por zona

Claramente se observa que la zona especializada en el cultivo de caña de azúcar tiene en promedio una superficie mayor que la de tabaco.

El nivel educativo y la edad de la población encuestada se puede observar lo siguiente:

		Nivel de Educación			Total
		Hasta Secundario Incomp	Hasta Terciario Completo	Hasta Universitario	
Zona	Perico	40	15	8	63
		63%	24%	13%	100%
	San Pedro	3	5	6	14
		21%	36%	43%	100%
Total		43	20	14	77

Tabla 4-15: Nivel educativo de la población encuestada

		Edad		
		Max	Promedio	Min
Zona	Perico	85	49	21
	San Pedro	68	53	34

Tabla 4-16: Edad de la población encuestada

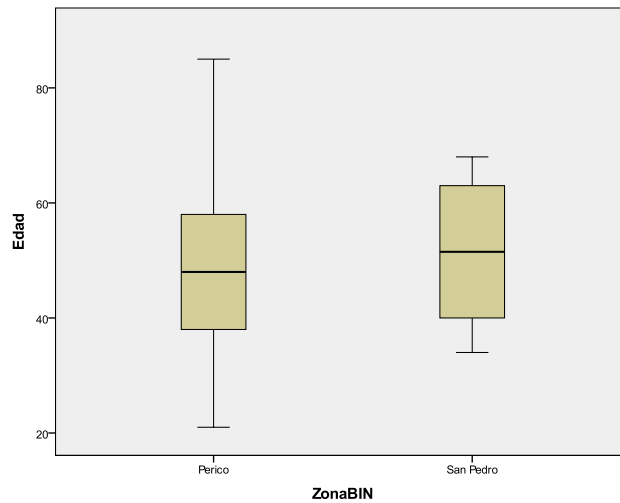


Gráfico 4-5: Dispersión de edades por zona de la población encuestada

En cuanto al nivel de participación de los productores, se observa que es muy bajo. Del total de los que participan del consorcio, sólo un 8% participan de la organización de productores, 4% de organizaciones políticas y 4% de organizaciones comunitarias, como se presenta en la tabla siguiente.

Participa Consorcio	Participa Organizacion Productores	Participa Politica	Participa Org Comunitaria	Participa Org Religiosa	Participa Otro
100%	8%	4%	4%	0%	0%

Tabla 4-17: Nivel de participación de los productores de la muestra encuestada.

## 6. Capítulo 5: Análisis y Resultados.

### 6.1. Introducción.

En todas las disciplinas científicas existe el vínculo entre el plano abstracto de las teorías y el plano empírico de la observación y medición. Bajo este concepto, para responder a los objetivos de la investigación y contrastar las hipótesis planteadas, se desarrolló un estudio empírico cuantitativo contemplando primeramente el testeado de hipótesis “individuales”, en el sentido de pruebas univariadas y bivariadas, para luego desarrollar un estudio cuantitativo de naturaleza causal según Goldberger & Duncan (1973), aplicando un cuestionario estructurado en las encuestas llevadas a cabo para tal fin. Las relaciones propuestas en el modelo teórico se estiman mediante el empleo de pruebas para proporciones (prueba binomial), Prueba de Ji-Cuadrado, Prueba exacta de Fisher y finalmente Modelo de Ecuaciones Estructurales (Structural Equations Modeling, SEM; Joreskog et al., 1979).

En este marco de investigación, en el presente trabajo se establecieron los siguientes pasos.

#### 6.1.1 Datos y variables

##### 6.1.1.1 Datos

La información procede de una encuesta personal realizada a los productores como fue descrito anteriormente. Dicho proceso se desarrolló mediante un muestreo probabilístico, con diseño aleatorio simple, modalidad de obtención de datos que hace a la representatividad de la muestra.

El tamaño de muestra resultó de la expresión.

$$n = \frac{N * (\alpha * 0.5)^2}{1 + e^2 * (N - 1)}$$

Dónde:

N= total de la población

e= error

$\alpha$ = nivel de confianza

n= tamaño de muestra para poblaciones finitas.

Expresión que permite estimar el tamaño muestral para la proporción de éxitos p, en el caso de una variable binomial. A tal efecto, como la varianza es desconocida, se parte del supuesto de máxima varianza en el cual p=0.5.

Una vez culminado el trabajo de campo el tamaño de muestra resulta de 77 casos, en una población de 771 individuos. El nivel de confianza utilizado fue del 95%, y proporciona un error muestral del orden del 10%. De haber trabajado con el mismo nivel de confianza, pero el error e= 0,05 el tamaño muestral “n” resultaría de 257 casos.

##### 6.1.1.2 Las variables

En el proceso de diseñar el modelo de trabajo se consideraron tres ideas muy ligadas entre sí que son la disponibilidad a financiar la modernización tecnológica en riego,

qué beneficios visualizan los productores en la modernización, y su predisposición a realizar inversiones. Para cada uno de ellos se definieron indicadores observables que permitan inferir su disponibilidad a financiar dicha modernización, y vincularlo con el umbral de precio (precio de reserva). Estos aspectos dieron lugar a la definición de los indicadores de cada uno de los constructos.

Una vez completo el relevamiento de los datos se evaluó la relevancia relativa de las preguntas utilizadas para medir cada indicador. Por ejemplo, en la construcción del modelo SEM, fueron omitidos aquellos indicadores que al ser evaluados en las hipótesis específicas o en tratamientos estadísticos ad hoc, no eran significativos para el análisis o no eran percibidos como relevantes por el productor (ej. bajacostos, menotrabajo, edad, nivel educativo, etc)

Finalmente, las variables consideradas a efectos de la investigación, se exhiben en la siguiente tabla, conjuntamente con la notación simbólica correspondiente. Las mismas se clasificaron como variables latentes o no observables y variables observables o indicadores. Estos últimos, fueron recategorizados como variables dicotómicas.

Variable latente	Variables observables	Notación	Descriptor	Medida
Invierte modernización para resolver la escasez $\xi_1$ (F2)	InvertirRiegoBin	$X_1$	Disponibilidad a invertir para resolver los problemas de escasez	Dicotómica
	ImporAguaDico	$X_2$	Importancia del agua para la producción	Dicotómica
	ConocerConsumoBIN	$X_3$	Importancia sobre el conocimiento del consumo del agua	Dicotómica
Visualiza Beneficios por la modernización $\xi_2$ (F3)	Moder Ahorra Agua	$X_4$	Visualización de que la modernización permite ahorrar agua	Dicotómica
	AumentaRend	$X_5$	Visualización de que la modernización permite aumentar el rendimiento	Dicotómica
	AumentaIngresos	$X_6$	Visualización de que la modernización permite aumentar los ingresos	Dicotómica
Disponibilidad a financiar para resolver los problemas de escasez $\eta$ (F4)	Conoce Intervalles	$Y_1$	El productor es consiente sobre la situación proyectada de escasez ante el desarrollo del Canal Intervalles	Dicotómica
	FinanciaCuadruple	$Y_2$	Disponibilidad a financiar	Dicotómica

Tabla 5-1: Variables del modelo SEM

## 6.1.2 Métodos estadísticos

### 6.1.2.1 Prueba para proporciones

La prueba para proporciones o prueba binomial es una prueba estadística no paramétrica, que permite verificar hasta qué punto las frecuencias observadas en una variable dicotómica se ajustan a una proporción dada. Esta prueba se utiliza para probar las hipótesis 1, 2e, 3, 4a, 4b, y 5a.

### 6.1.2.2 Prueba de Ji cuadrado ( $\chi^2$ )

Esta prueba es utilizada para analizar la relación de dependencia o independencia entre dos variables cualitativas nominales. La herramienta para resumir los datos a testear es la tabla de contingencia, tabla de doble entrada, donde en cada casilla figura el número de casos o individuos que poseen características comunes a las categorías correspondientes de cada variable nominal, o sea las frecuencias conjuntas.

Para identificar relaciones de dependencia entre variables cualitativas se utiliza un contraste estadístico, que en este caso es el basado en el estadístico (ji-cuadrado), cuyo cálculo permite afirmar con un nivel de confianza estadístico determinado, si los niveles de una variable cualitativa nominal influyen en los niveles de la otra variable nominal analizada, mediante la siguiente expresión:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^c \frac{(f_{oij} - f_{eij})^2}{f_{eij}}$$

se distribuye como una Ji-cuadrado con  $(r-1)(c-1)$  grados de libertad

Dónde:

$f_e$ : frecuencias esperadas

$f_o$  : frecuencias observadas

r: número de filas de la tabla de contingencia

c: número de columnas de la tabla de contingencia

En el caso de que no sea posible utilizar Ji Cuadrado se emplea el test exacto de Fisher (Droesbeke et al., 2005), es un test de independencia exacto para tablas 2x2, que no utiliza aproximaciones asintóticas pero sí la relación exacta de la estadística del test. Permite analizar si dos variables dicotómicas están asociadas cuando la muestra a estudiar es demasiado pequeña y no se cumplen las condiciones necesarias para que la aplicación del test  $\chi^2$  sea adecuada.

Esta metodología o prueba se describe a efectos de probar las hipótesis 2a, 2b, 2c, 2d, 2f, 4c, y 5b.

### 6.1.2.3 Sistema de Ecuaciones Estructurales (SEM)

En general un Modelo de Ecuaciones Estructurales (Structural Equations Models SEM) se define a partir de dos submodelos Foguet & Gallart (2000) el modelo de medida y el modelo estructural propiamente dicho.

El modelo de medida tiene tantas ecuaciones como variables observables se hayan definido, en este caso 8 ecuaciones. Ecuaciones que se acostumbra agrupar en dos conjuntos, uno para las variables exógenas y otro para las variables endógenas, los cuales en forma matricial se expresan del siguiente modo:

*Modelo de medida para las variables exógenas*

$$\mathcal{X} = \Lambda_{\mathcal{X}} \xi + \delta \quad (1)$$

Donde  $\mathcal{X}$  es el vector que contiene las variables aleatorias observables;  $\Lambda_{\mathcal{X}}$  una matriz que contiene las saturaciones de las variables observables en las variables latentes

independientes;  $\xi$  un vector que contiene las variables latentes independientes (exógenas); y el vector  $\delta$  que contiene las variables aleatorias correspondientes a los errores de medida.

Explicitando las ecuaciones, resulta el siguiente sistema:

$$\begin{aligned}
 X_1 &= \lambda_{11} \xi_1 + \delta_1 \\
 X_2 &= \lambda_{21} \xi_1 + \delta_2 \\
 X_3 &= \lambda_{31} \xi_1 + \delta_3 \\
 X_4 &= \lambda_{41} \xi_2 + \delta_4 \\
 X_5 &= \lambda_{51} \xi_2 + \delta_5 \\
 X_6 &= \lambda_{61} \xi_2 + \delta_6
 \end{aligned} \tag{2}$$

*Modelo de medida para las variables endógenas*

$$y = \Lambda_y \eta + \varepsilon \tag{3}$$

Donde  $y$  es un vector que contiene las variables aleatorias observables;  $\Lambda_y$  es una matriz que contiene las saturaciones de las variables observables en las variables latentes dependientes;  $\eta$  es un vector que contiene las variables latentes dependientes (endógenas); y el vector  $\varepsilon$  que contiene las variables aleatorias correspondientes a los errores de medida.

Expresión que da origen al sistema siguiente:

$$Y_1 = \lambda_{11} \eta_1 + \varepsilon_1 \tag{4}$$

$$Y_2 = \lambda_{21} \eta_1 + \varepsilon_2$$

En cuanto *al Modelo Estructural* propiamente dicho que vincula a las variables latentes, en notación matricial puede expresarse del siguiente modo:

$$\eta = \Gamma \xi + \zeta \tag{5}$$

Donde  $\eta$  es el vector que contiene las variables latentes endógenas;  $\xi$  el vector de variables latentes exógenas;  $\Gamma$  la matriz de coeficientes de regresión de las variables exógenas sobre las variables endógenas; y  $\zeta$  el vector de errores de regresión que resultan de predecir las variables endógenas a partir de las exógenas. Se asume que las variables latentes contenidas en  $\eta$  y  $\xi$  no están correlacionadas y cualquier relación entre ellas debe estar contenida en los pesos de regresión correspondientes.

Ecuación que adopta la forma explícita

$$\eta = \gamma_{11} \xi_1 + \gamma_{12} \xi_2 + \zeta \tag{6}$$



El método de ecuaciones estructurales ha venido ganando importancia en el campo de las ciencias sociales debido a su capacidad para “confirmar” relaciones causales sobre variables latentes y para evaluar la consistencia de las hipótesis planteadas a la luz de la teoría adoptada. Por ello, en este estudio se empleó este modo con el objetivo de confirmar conjuntamente las relaciones causales propuestas en las hipótesis, además de cuantificar la intensidad de las mismas.

Por otra parte, esta metodología ha sido utilizada por ejemplo para evaluar la percepción y actitudes de los agricultores (Mims et al., 2005), la voluntad de pagar, actitudes y valores fundamentales en el contexto cognitivo de las preferencias del público por la diversidad de los paisajes agrícolas (Sauer & Fischer, 2010), la estimación de la percepción sobre la escasez de agua (Tang et al., 2013), la disponibilidad a pagar y la elasticidad precio de la demanda por la conservación de humedales (Kaffashi et al., 2015), entre otras.

## 6.2. Contraste de hipótesis

### 6.2.1 Introducción

Al encuadrarse las hipótesis en el marco conceptual planteado previamente donde se hace referencia a los niveles planteados por Williamson (2000), se señaló que existe (1) un primer nivel donde se incluyen normas, cultura y hábitos fruto de la evolución social; (2) el segundo nivel donde se sitúan las decisiones tomadas colectivamente y por el Estado; (3) el tercero donde se analiza la estructura de gobernanza; y (4) el cuarto nivel en el que se estudia la formación de precios en los mercados de recursos. Se pondrán a prueba las hipótesis para evidenciar el encadenamiento lógico entre los niveles 4 y 3. En este sentido, aquellos atributos que contribuyen a determinar el umbral de precio a pagar por el productor para financiar la modernización, y que aportan al objetivo de ahorro de agua (nivel 4). A su vez, se contrastan hipótesis para analizar aspectos de la gobernanza (nivel 3) e integrarlos con el resto de los niveles que se esquematizan en la siguiente ilustración.

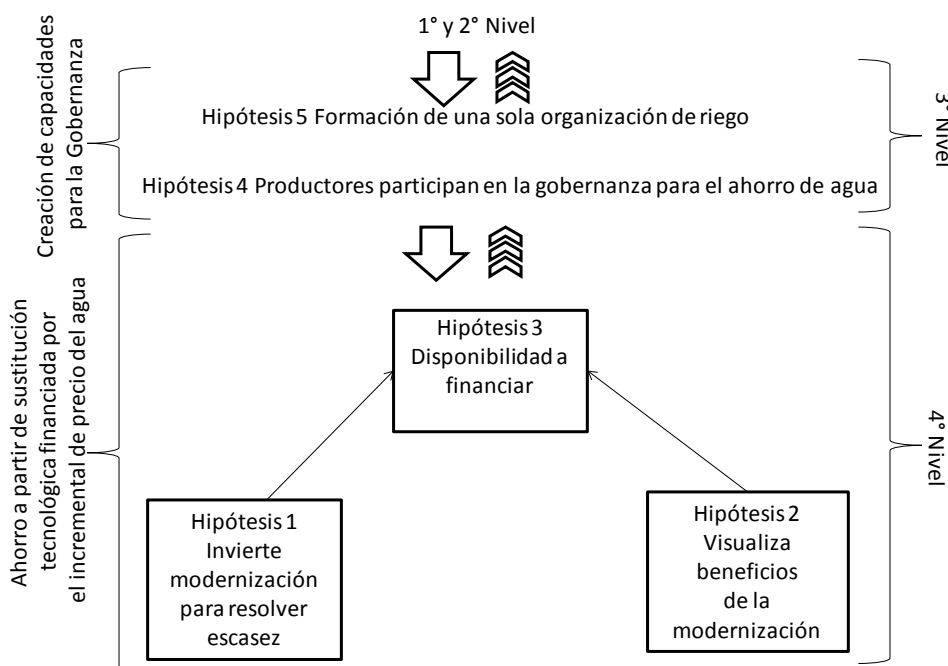


Ilustración 5-1: Diagrama conceptual del encadenamiento lógico de hipótesis. Elaboración propia

## 6.2.2 Hipótesis 1

H1: Los productores consideran importante invertir en riego para resolver los problemas de escasez.

Se realizó una prueba estadística no paramétrica, prueba para proporciones bilateral para el contraste de la hipótesis en dos pasos<sup>3</sup>.

### 6.2.2.1 Contraste de hipótesis 1

El contraste de la hipótesis se planteó en

H1a<sub>0</sub>: No hay consenso entre los productores sobre si habrá escasez de agua una vez construido el Canal Intervalles

Variable HabraAguaDico	Proporción Observada	Significancia Exacta (bilateral) p-value
No	0,95	0,000
Si	0,05	
<b>Total</b>	<b>1,00</b>	

\* nivel de significación del 0,01

Tabla 5-2: Prueba de hipótesis variable HabraAguaDico

Se rechaza la hipótesis nula con un  $\alpha=0.01$  y p-value= 0,000 por lo que los productores consideran que habrá escasez de agua una vez construido el canal Intervalles.

El contraste de la hipótesis se planteó:

H1b<sub>0</sub>: No hay consenso entre los productores sobre la importancia de invertir en modernización de riego para resolver los problemas de escasez de agua.

---

<sup>3</sup> En primera instancia se plantea la pregunta para sondear si el productor reconoce el problema de escasez de agua una vez construido el canal. Dicha información fue relevado en la pregunta 2. Luego se le pregunta en qué considera importante invertir para resolver los problemas de escasez y particularmente sobre la modernización del riego en su chacra. Pregunta 16.

Variable InvierteRiegoBin	Proporción Observada	Significancia Exacta (bilateral) p-value
No	0,23	0,000
Si	0,77	
<b>Total</b>	<b>1,00</b>	
* nivel de significación del 0,01		

Tabla 5-3: Prueba de hipótesis variable InvierteRiegoBin

Se rechaza la hipótesis nula con un  $\alpha=0.01$  y  $p\text{-value}= 0,000$  por lo que los productores consideran importante (en proporción 3 a 1) invertir en riego para resolver los problemas de escasez.

#### 6.2.2.2 Consideraciones sobre la hipótesis 1

Se puede concluir que los productores están informados en relación a las consecuencias de la realización del Canal Intervalles, en cuanto a que si se cumpliera con la incorporación de las superficies proyectadas se generaría una situación de escasez relativa de agua, mientras que por otro lado se observa que dichos productores consideran importante invertir en modernización de riego para resolver los problemas de escasez de agua además de considerar otras alternativas de inversión.

#### 6.2.3 Hipótesis 2

H2: Los productores toman las decisiones de modernización de los sistemas de riego si visualizan una mejora productiva o económica en sus sistemas de producción.

Esta hipótesis se contrastó a partir de las siguientes fases<sup>4</sup>.

##### 6.2.3.1 Contraste de hipótesis 2a: Aumento de rendimientos

Sobre la relación entre inversión en riego y aumento de rendimientos se planteó la siguiente hipótesis:

---

<sup>4</sup> Para contrastar esta hipótesis se sondeó la relación entre la variable sobre la importancia de invertir en riego para resolver los problemas de escasez (Pregunta 16.3) y la variable sobre cuáles serían las razones por las que modernizarían su sistema de riego hacia un sistema tecnificado (Preguntas 15.1 al 15.6).

H2a<sub>0</sub>: No hay relación entre ambas variables, por lo que no se considera relevante el aumento de rendimientos para la inversión en riego.

Variables		InvertirRiegoBin		Total
		No	Si	
AumentaRend	No	21,4%	5,4%	<b>26,8%</b>
	Si	1,8%	71,4%	<b>73,2%</b>
	<b>Total</b>	<b>23,2%</b>	<b>76,8%</b>	<b>100,0%</b>

Tabla 5-4: Tabla de contingencia para las variables AumentaRend e InvertirRiegoBin

Según el estadístico exacto de Fisher se rechaza la hipótesis nula con un p-value=0.000 (bilateral). De ello se desprende que sí hay relación entre ambas variables y los productores consideran el aumento de rendimiento como un aspecto importante a la hora de invertir en riego para resolver los problemas de escasez.

#### 6.2.3.2 Contraste de hipótesis 2b: Aumento de ingresos

Sobre la relación entre inversión en riego y aumento de ingresos la siguiente hipótesis:

H2b<sub>0</sub>: No hay relación entre ambas variables, por lo que no se considera relevante el aumento de ingresos para la inversión en riego.

Se realizó una tabla de contingencias para evaluar la hipótesis y se obtuvo el siguiente resultado:

Variables		InvertirRiegoBin		Total
		No	Si	
AumentaIngresos	No	19,2%	9,6%	<b>28,8%</b>
	Si	5,8%	65,4%	<b>71,2%</b>
	<b>Total</b>	<b>25,0%</b>	<b>75,0%</b>	<b>100,0%</b>

Tabla 5-5: Tabla de contingencia para las variables AumentaRend e InvertirRiegoBin

Según el estadístico exacto de Fisher se rechaza la hipótesis nula con un p-value=0.000 (bilateral). De ello se desprende que sí hay relación entre ambas variables, y el productor considera relevante el aumento de ingresos para la inversión en riego.

#### 6.2.3.3 Contraste de hipótesis 2c: Ahorro de costos

Sobre la relación entre inversión en riego y ahorrar costos se planteo la siguiente hipótesis:

H2c<sub>0</sub>: No hay relación entre ambas variables, por lo que no se visualizan como relevante el ahorro de costos para la inversión en riego.

Variables		InvertirRiegoBin		Total
		No	Si	
BajaCostos	No	3,6%	23,7%	27,3%
	Si	20,0%	52,7%	72,7%
	Total	23,6%	76,4%	100,0%

Tabla 5-6: Tabla de contingencia para las variables BajaCostos e InvetirRiegoBin

Según el estadístico exacto de Fisher se acepta la hipótesis nula con un  $p\text{-value}=0.477$  (bilateral). De ello se desprende que no hay relación entre ambas variables, y los productores no visualizan que invertir en riego esté asociado con el ahorro de costos, o sea que no es estadísticamente significativa la percepción que tienen los productores sobre el impacto de la inversión en riego sobre el ahorro de costos.

#### 6.2.3.4 Contraste de hipótesis 2d: Ahorro en el consumo de agua

Sobre la relación entre inversión en riego y el ahorro en el consumo de agua se planteó la siguiente hipótesis:

H2d<sub>0</sub>: No hay relación entre ambas variables por lo que no se considera relevante el ahorro en el consumo de agua para la inversión en riego.

Variables		InvertirRiegoBin		Total
		No	Si	
AhorraAgua	No	23,2%	3,6%	26,8%
	Si	0,0%	73,2%	73,2%
	Total	23,2%	76,8%	100,0%

Tabla 5-7: Tabla de contingencia para las variables AhorraAgua e InvertirRiegoBin

Según el estadístico exacto de Fisher se rechaza la hipótesis nula con un  $p\text{-value}=0.000$  (bilateral). De ello se desprende que sí hay relación entre ambas variables y el productor considera relevante el ahorro en el consumo de agua para la inversión en riego.

#### 6.2.3.5 Contraste de hipótesis 2e: Modernización impacta sobre el ahorro de agua

H2e<sub>0</sub>: No hay consenso entre los productores sobre el impacto de la modernización de los sistemas de riego en el ahorro del consumo de agua

Variable	Proporción Observada	Significancia Exacta (bilateral) p-value
AhorraAgua		
No	0,77	0,000
Si	0,23	
Total	1,00	
* nivel de significación del 0,01		

Tabla 5-8: Prueba de Hipótesis variable AhorraAgua

Se rechaza la hipótesis nula con un  $\alpha=0.01$  y  $p\text{-value}= 0,000$  por lo que los productores consideran que la modernización de los sistemas de riego permite ahorrar agua.

#### 6.2.3.6 Contraste de hipótesis 2f: Ahorro del trabajo

Por ahorro de trabajo se hace referencia a la disminución de jornales de trabajo debido a la sustitución entre tecnologías de riego de gravedad por riego tecnificado. Para ello se planteó la siguiente hipótesis sobre la relación entre inversión en riego tecnificado y el ahorro de trabajo del productor:

H2f<sub>0</sub>: No hay relación entre ambas variables por lo que no se considera relevante el ahorro en el trabajo derivado de la adopción de la tecnología para la inversión en riego.

Variables		InvertirRiegoBin		Total
		No	Si	
MenosTrabajo	No	10,6%	21,3%	<b>31,9%</b>
	Si	14,9%	53,2%	<b>68,1%</b>
	Total	<b>25,5%</b>	<b>74,5%</b>	<b>100,0%</b>

Tabla 5-9: Tabla de contingencia para las variables MenosTrabajo e InvertirRiegoBin

Según el  $\chi^2 = 0.705$  con  $gl=1$  y  $p\text{-value}=0.401$  se acepta la hipótesis nula. Coincide con el estadístico exacto de Fisher con un  $p\text{-value}=0.481$  (bilateral). De ello se desprende que no hay relación entre ambas variables, y los productores no consideran al ahorro de trabajo derivado de la adopción de la tecnología como un aspecto importante a la hora de invertir en riego para resolver los problemas de escasez.

#### 6.2.3.7 Consideraciones sobre la hipótesis 2

H2: Los productores toman las decisiones de modernización de los sistemas de riego si visualizan una mejora productiva o económica en sus sistemas de producción.

Se puede aceptar que los productores estarían dispuestos a tomar la decisión de modernizar sus sistemas de riego si visualizan una mejora productiva o económica en sus sistemas de producción asociadas al aumento de rendimiento, de ingresos y el ahorro de agua.

#### 6.2.4 Hipótesis 3

H3: Los productores aceptan un incremental del precio en el rango inelástico de la curva de demanda para financiar los problemas de escasez.

Para contrastar la presente hipótesis se transformaron las variables<sup>5</sup> y se propuso la siguiente premisa:

H3<sub>0</sub>: No hay consenso entre los productores sobre el financiamiento de inversiones a partir de un incremental de precio para resolver los problemas de escasez.

Los resultados se presentan a continuación.

<b>Variable FinanciaDoble</b>	<b>Proporción Observada</b>	<b>Significancia Exacta (bilateral) p-value</b>
No Financia	0,18	0,000
Si Financia	0,82	
<b>Total</b>	<b>1,00</b>	
* nivel de significación del 0,01		

Tabla 5-10: Prueba de Hipótesis variable FinanciaDoble

---

<sup>5</sup> Se transformaron las variables paga doble (variable 8, pregunta 8 del cuestionario), paga triple (variable 9, pregunta 9 del cuestionario) y paga cuádruple (variable 10, pregunta 10 del cuestionario) resumiendo las respuestas en cada pregunta sobre si la inversión la realizan los productores o terceros (Invierte el productor + Delegaría la inversión a otros), lo que indica que independientemente de si la inversión se realiza dentro de la chacra o si es delegada al consorcio o al Estado para hacer mejoras en la infraestructura pública de riego con el excedente, existe predisposición a invertir. De esta forma se construyeron las nuevas variables que se presentan como la disponibilidad a financiar a partir de un incremental de precio para resolver los problemas de escasez, ya que en ambos casos se sugiere la disponibilidad a financiar las inversiones -ya sea intra o extra chacra- con el excedente recaudado La opción alternativa es “hacer otra cosa”, que significa rehuir a pagar un incremental de precio del agua mayor, asignando el suelo a otra actividad debido al aumento del precio.

Variable FinanciaTriple	Proporción Observada	Significancia Exacta (bilateral) p-value
No Financia	0,26	0,000
Si Financia	0,74	
<b>Total</b>	<b>1,00</b>	
* nivel de significación del 0,01		

Tabla 5-11: Prueba de Hipótesis variable FinanciaTriple

Variable FinanciaCuadruple	Proporción Observada	Significancia Exacta (bilateral) p-value
No Financia	0,27	0,000
Si Financia	0,73	
<b>Total</b>	<b>1,00</b>	
* nivel de significación del 0,01		

Tabla 5-12: Prueba de Hipótesis variable FinanciaCuadruple

Para las tres variables se rechaza la hipótesis nula con un  $\alpha=0.01$  y  $p\text{-value}=0,000$  y se acepta que hay consenso en financiar con el incremental de precio, las inversiones intra o extrachacra para resolver los problemas de escasez.

A efectos de reducir el número de variables en análisis posteriores, se somete a las tres variables del análisis previo a la prueba Q de Cochran. (Prueba estadística para verificar si los tres tratamientos tienen efectos idénticos).

Resumen de prueba de hipótesis			
	Hipótesis nula	Test	Sig. Decisión
1	Las distribuciones de FinanciaDoble, FinanciaTriple and FinanciaCuadruple son las mismas.	Prueba Q de Cochran de muestras relacionadas	,127 Retener la hipótesis nula.

Se muestran las significancias asintóticas. El nivel de significancia es ,05.

Tabla 5-13: Prueba Q de Cochran para las tres variables FinanciaDoble, Triple y Cuadruple

Se observó que las tres variables (FinanciaDoble, FinanciaTriple y FinanciaCuadruple) tienen idénticas respuestas, por lo que se asume un monto de hasta cuatro veces sobre la tarifa actualmente pagada (solamente un 4% de los productores estaría dispuesto a pagar 5 veces o más, relevado en la pregunta 11). Este es el monto total abonado por el productor independientemente de su percepción dispar por el concepto pagado, evaluado en la pregunta 5 del formulario de la encuesta.

#### 6.2.4.1 Consideraciones sobre la hipótesis 3

Se puede aceptar que los productores estarían dispuestos a financiar las inversiones a partir de un incremental de hasta cuatro veces más que la tarifa actual, sean éstas intra o extra chacra, para resolver los problemas de escasez. En el cálculo teórico del precio-equivalente (o sea la cuota parte de la tarifa que corresponde al canon), se observa que la elasticidad-precio de la demanda en ese punto es de  $-0.004$ , por lo que se encuentra holgadamente en el tramo inelástico de la curva de demanda, como ya fue señalado previamente.



Esta hipótesis no debe considerarse fuera del contexto del problema general planteado en el estudio. Para ello, las preguntas que dan origen a los resultados de esta hipótesis no fueron planteadas en forma directa con el objeto de revelar las preferencias por parte del productor minimizando la tentación de falsear sus preferencias.

#### 6.2.5 Hipótesis 4

H4: Los productores consideran prioritario participar en la gobernanza para el ahorro del agua y conocer el consumo de agua para controlar con transparencia el funcionamiento del sistema.

##### 6.2.5.1 Hipótesis 4a

En primera instancia se indaga sobre quiénes son los que deberían tener la responsabilidad en la gobernanza para el ahorro del agua. Para ello se transforma la pregunta 14 en una variable dicotómica y se realiza una prueba para proporciones.

H4a<sub>0</sub>: No hay consenso sobre quién recae la responsabilidad en la gobernanza para el ahorro del agua.

Variable ResponsaBIN	Proporción Observada	Significancia Exacta (bilateral)p-value
Los Productores No	0,47	0,649
Los Productores Si	0,53	
<b>Total</b>	<b>1,00</b>	
* nivel de significación del 0,01		

Tabla 5-14: Prueba de Hipótesis variable ResponsaBIN

Se acepta la hipótesis nula ya que no hay consenso sobre quienes deben ser los responsables de la gobernanza para el ahorro del agua.

##### 6.2.5.2 Hipótesis 4b

En segunda instancia se plantea la importancia de conocer o no el consumo de agua en su chacra.

H4b<sub>0</sub>: No hay consenso sobre la importancia de conocer cuánto consume de agua en su chacra.

Variable ConocerConsumoBIN	Proporción Observada	Significancia Exacta (bilateral) p-value
Importante	0,97	0,000
No Importante	0,03	
<b>Total</b>	<b>1,00</b>	
* nivel de significación del 0,01		

Tabla 5-15: Prueba de Hipótesis variable ConocerConsumoBIN<sup>6</sup>

Se rechaza la hipótesis nula con un  $\alpha=0.01$  y  $p\text{-value}=0,000$ , por lo que se considera importante conocer el consumo en su chacra<sup>7</sup>.

#### 6.2.5.3 Hipótesis 4c

Por último se plantea evaluar la relación entre ambas variables (responsabilidad de gobernanza y conocimiento del consumo de agua) por lo que se plantea la siguiente hipótesis y se realiza una tabla de contingencia.

H4c<sub>0</sub>: Las variables no están relacionadas.

Variables		ConocerConsumoBIN		Total
		No	Si	
ResponsabilidadBIN	No	0,0%	53,2%	<b>53,2%</b>
	Si	2,6%	44,2%	<b>46,8%</b>
	Total	<b>2,6%</b>	<b>97,4%</b>	<b>100,0%</b>

Tabla 5-16: Tabla de contingencia entre las variables ResponsabilidadBIN y ConocerConsumoBIN

Según el estadístico exacto de Fisher se acepta la hipótesis nula con un  $p\text{-value}=0.215$  (bilateral). De ello se desprende que las variables no están relacionadas. Este resultado evidencia cierta independencia en relación al conocimiento del consumo individual y

<sup>6</sup> Se transforma la pregunta N° 13 en una variable dicotómica y se realiza una prueba para proporciones.

<sup>7</sup> De todas formas, analizando la pregunta N° 12, se concluye además que hay 15 productores que estimaron groseramente un consumo dentro de parámetros razonables, mientras que el resto no lo hicieron o no lo sabían, por lo que sólo el 15/77 (19,4%) conocen el consumo de agua de su chacra.

la importancia de ello para la gobernanza del sistema en general, lo que revelaría cierta falta de toma de conciencia en relación a ello.

#### 6.2.5.4 Consideraciones sobre la hipótesis 4

H4: Los productores consideran prioritario participar en la gobernanza para el ahorro del agua y conocer el consumo de agua para controlar con transparencia el funcionamiento del sistema.

Se puede concluir que los productores consideran relevante conocer el consumo, pero en realidad no lo conocen (relevado en la variable 12), y que por ende no relacionan su consumo individual con la importancia que tiene ello para el manejo del agua en todo el sistema, ni con su participación para gestionarla en su conjunto.

#### 6.2.6 Hipótesis 5

H5: Los productores están de acuerdo en la conformación de una sola organización para la gestión de todo el sistema una vez construido el Canal Intervalles.

##### 6.2.6.1 Hipótesis 5a

H5a: Los productores están de acuerdo en la conformación de una sola organización para la gestión de todo el sistema una vez construido el Canal Intervalles.

Para la contrastación de esta hipótesis se realizó una prueba para proporciones sobre la pregunta 3 y se obtuvieron los siguientes resultados.

Variable	Proporción	Significancia Exacta
UnaSolaOrgBIN	Observada	(bilateral) p-value
Si	0,78	0,000
No	0,22	
<b>Total</b>	<b>1,00</b>	
* nivel de significación del 0,01		

Tabla 5-17: Prueba de Hipótesis variable UnaSolaOrgBIN

Se rechaza la hipótesis nula con un  $\alpha=0.01$  y  $p\text{-value}= 0,000$ . por lo que los productores estarían de acuerdo en conformar una sola organización para el manejo del sistema.

##### 6.2.6.2 Hipótesis 5b

Debido a que existe mayor cantidad de productores en el Valle de Perico que en el Valle de San Pedro, se realizó una prueba de contingencia para ver si las respuestas estaban relacionadas con una región en particular, y se obtuvieron los siguientes resultados.

H5b<sub>0</sub>: No hay relación entre la ubicación del productor y su preferencia en relación a la cantidad de organizaciones para manejar el sistema.

Variables		Zona		Total
		Perico	San Pedro	
UnaSolaOrgBIN	Si	63,6%	14,3%	<b>77,9%</b>
	No	18,2%	3,9%	<b>22,1%</b>
	<b>Total</b>	<b>81,8%</b>	<b>18,2%</b>	<b>100,0%</b>

Tabla 5-18: Tabla de contingencia para las variables UnaSolaOrgBIN y Zona

Según el estadístico exacto de Fisher se acepta la hipótesis nula con un  $p\text{-value}=1$  (bilateral). De ello se desprende que no hay relación entre la ubicación, y la preferencia del productor en relación a la cantidad de organizaciones para manejar el sistema.

### 6.2.6.3 Consideraciones sobre la hipótesis 5

Los resultados obtenidos permiten confirmar que los productores estarían de acuerdo en conformar una sola organización para el manejo del sistema, y además que la opinión sobre la conveniencia de una única organización no depende de la zona donde esté ubicado el productor, lo que resulta auspicioso ya que a priori no evidencia un conflicto entre los dos valles o sectores en competencia.

### 6.2.6.4 Confirmación estadística a partir del Modelo de Ecuaciones Estructurales.

#### 6.2.6.4.1 El Modelo Gráfico

Como fue planteado previamente se desarrolla el Modelo de Ecuaciones Estructurales, elaborado a partir de las variables y relaciones descriptas previamente, graficadas en el siguiente diagrama.

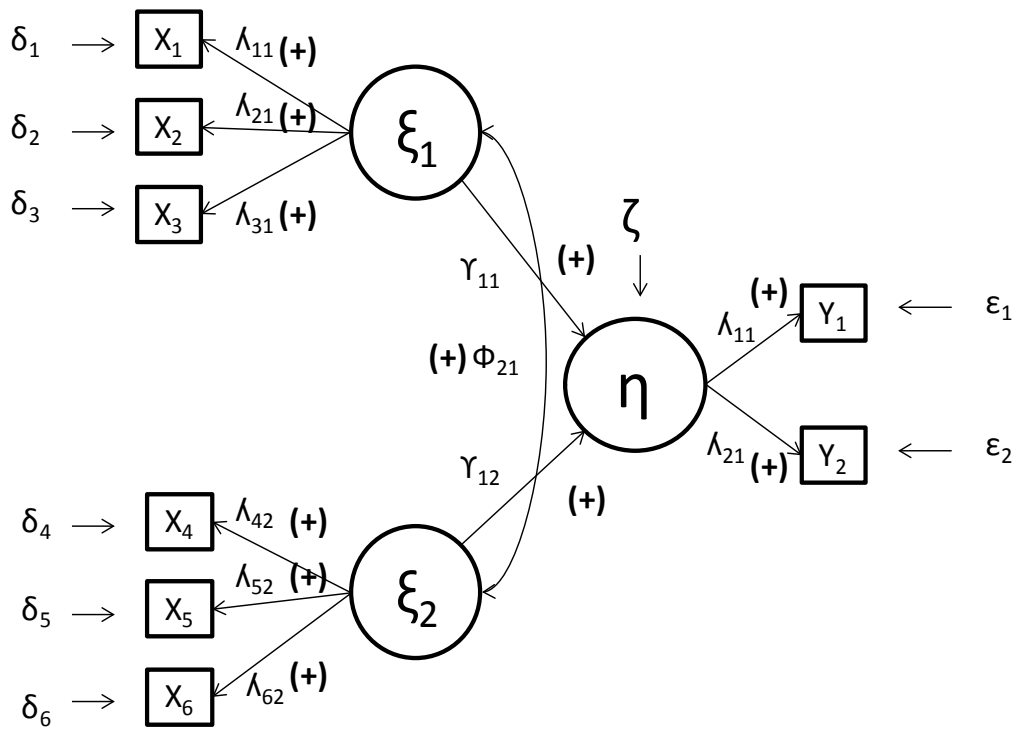


Ilustración 5-2: Path Diagrama del modelo de Ecuaciones Estructurales.

Nombre de la variables observables	Nombre de las variables latentes
InvertirRiegoBin ( $X_1$ )	Invierte en modernización para resolver la escasez $\xi_1$ (F2)
ImporAguaDico ( $X_2$ )	
ConocerConsumoBIN ( $X_3$ )	
Moder Ahorra Agua ( $X_4$ )	Visualiza Beneficios por la modernización $\xi_2$ (F3)
AumentaRend ( $X_5$ )	
AumentaIngresos ( $X_6$ )	
Conoce Intervalles ( $Y_1$ )	Disponibilidad a financiar para resolver los problemas de escasez $\eta$ (F4)
FinanciaCuadruple ( $Y_2$ )	

Tabla 5-19: Descripción de las variables del modelo SEM

#### 6.2.6.4.2 Sobre los supuestos y la estimación

Los procedimientos estándar de modelización se inician con la fase de especificación en la que se formulan de manera conjunta los submodelos de medida y el estructural. Luego se aborda el problema de identificación en el que se evalúa la correspondencia entre la cantidad de información contenida en la matriz de varianzas y covarianzas muestral y el número de parámetros a estimar. De acuerdo con este análisis, el modelo puede ser identificado, subidentificado o sobreidentificado. La fase de estimación de los parámetros se lleva a cabo bajo la restricción del modelo teórico y la matriz de datos. En general, para su estimación la mayoría de los modelos matemáticos requieren el cumplimiento de determinados supuestos, en este caso SEM comparte los supuestos de: normalidad multivariante, observaciones independientes, muestra aleatoria de los encuestados y linealidad de todas las relaciones.

Entre los métodos más usuales del proceso de estimación se resalta el de Máxima Verosimilitud, cuando el supuesto de normalidad no es cuestionable, o mediante métodos de distribución asintóticamente libre o Bayesianos, cuando no se garantiza la condición de normalidad o se introducen variables categóricas. Este segundo método de estimación es el adoptado en el presente estudio, dado que la información a analizar es de naturaleza cualitativa. El software utilizado es el AMOS y SPSS IBM Versión 19, 2010. Desde el punto de vista bayesiano, los verdaderos parámetros del modelo son desconocidos y por lo tanto son “considerados como aleatorios”, de forma que se les asigna una distribución conjunta de probabilidades. La distribución de los parámetros antes de que los datos sean conocidos se la llama distribución a priori. Una vez, que los datos son observados, la evidencia provista por los mismos es combinada con la distribución a priori por el teorema de Bayes según Gelman et al. (2013). El resultado es una distribución actualizada para los parámetros, llamada distribución a posteriori, la cual refleja una combinación de las creencias a priori y la evidencia empírica.

Para la estimación de los parámetros del modelo se utilizó la estimación bayesiana empleando simulación mediante Cadenas de Markov Montecarlo (MCMC), (Andrew Gelman et al. 2013), y el algoritmo implementado por el software utilizado, es el algoritmo Metropolis (Andrew Gelman et al. 2013). Cabe aclarar que desde el punto de vista bayesiano, los verdaderos parámetros del modelo son desconocidos y por lo

tanto “considerados como aleatorios”, y se les asigna una distribución conjunta de probabilidades. La distribución de los parámetros antes de que los datos sean conocidos se la llama distribución a priori. Una vez, que los datos son observados, la evidencia provista por los datos es combinada con la distribución a priori, por el teorema de Bayes. El resultado es una distribución actualizada para los parámetros, llamada a distribución a posteriori, la cual refleja una combinación de creencias a priori y una evidencia empírica. Es así como el valor declarado en la columna media no es la media a posteriori exacta, pero es una estimación obtenida como promedio entre las muestras aleatorias producidas por el procedimiento MCMC. Otros estadísticos proporcionados y evaluados al momento de considerar la convergencia del modelo son: el error estándar (SE) estimado, que indica hasta qué punto la media estimada a posteriori por medio de Monte-Carlo puede diferir de la verdadera media (a posteriori).

La distancia probable entre la media a posteriori y el verdadero parámetro desconocido se mide mediante la llamada desviación estándar estimada de la distribución a posteriori (SD), y cumple un rol análogo al error estándar en la estimación por máxima verosimilitud. Otros indicadores adicionales son la convergencia estadística (CS), el valor mediana de cada parámetro, los límites inferior y superior del 50% de la distribución de cada parámetro, -además de asimetría y kurtosis-, el valor mínimo y el valor máximo de cada parámetro. Los límites superior e inferior 50%, son los extremos de un conjunto bayesiano creíble del 50%, calculados por defecto por AMOS. Generalmente se acostumbra a utilizar un nivel de confianza del 95%, tal como se hace aquí.

#### 6.2.6.4.3 Evaluación de la convergencia

Como en todo proceso de simulación, una cuestión importante a evaluar es la convergencia. La convergencia de un algoritmo MCMC es muy diferente de la convergencia de un método no aleatorio como el de máxima verosimilitud. Para el diagnóstico de convergencia dentro de los proporcionados por AMOS, se utilizó el estadístico CS (criterio de convergencia), medida sugerida por Gelman et al. (2013). Se considera convergencia perfecta a  $CS=1.000$ . Asimismo como el valor por defecto es muy exigente ( $CS=1.002$ ), para la mayoría de los análisis los valores de 1,10 o menor son suficientes para asegurar o confirmar la convergencia de los parámetros (A. Gelman et al. 2004).

#### 6.2.6.4.4 Resultados del modelo

Luego de ser empleado el algoritmo proporcionado por el software Amos v.19, y descrito en el apartado 5.1.2.3. y considerando la convergencia del modelo como así también el cumplimiento de las condiciones descritas en el párrafo correspondiente, se obtuvieron los resultados presentados en la siguiente tabla.

	Mean	S.E.	S.D.	C.S.	Median	50% Lower bound	50% Upper bound	Skewness	Kurtosis	Min	Max
<b>Regression weights</b>											
F4<-F3	0,01226	0,04061	0,23859	1,01438	0,00214	-0,16009	0,20211	0,02694	-0,4909	-0,64572	0,78695
FinanciaCuadruple<-F4	0,01971	0,04644	0,58223	1,00318	-0,00216	-0,28569	0,27432	0,46671	1,76317	-2,92007	2,68757
F4<-F2	0,00211	0,04471	0,44442	1,00505	0,01267	-0,25283	0,25714	-0,31511	1,88653	-2,90561	2,21437
InvertirRiegoBin<-F2	1,43421	0,07819	0,5677	1,00944	1,34327	1,01572	1,77537	0,741	0,44954	0,19512	4,39106
AumentalIngresos<-F3	1,57207	0,16922	0,77924	1,02331	1,3246	1,06084	1,78793	1,40126	1,3339	0,39316	4,04001
ConocerConsumoBIN<-F2	0,23582	0,02725	0,41125	1,00219	0,19842	-0,02962	0,45924	0,61212	1,41069	-1,54541	3,11196
AhorraAgua<-F3	0,76836	0,05296	0,25999	1,02054	0,78798	0,55655	0,95939	-0,17289	-0,81478	0,14004	1,36465
<b>Intercepts</b>											
AhorraAgua	0,51874	0,02571	0,16084	1,0127	0,51221	0,39509	0,63206	0,27249	-0,20372	0,0621	1,16559
FinanciaCuadruple	0,68383	0,04047	0,25191	1,01282	0,68509	0,51309	0,84634	0,30907	0,44569	0,02489	1,73444
InvertirRiegoBin	0,52382	0,03133	0,20333	1,0118	0,49877	0,36589	0,66388	0,50024	-0,22026	-0,00181	1,4575
AumentalIngresos	1,21207	0,07623	0,43355	1,01534	1,15344	0,89121	1,48844	0,43776	-0,33513	0,07918	2,61829
ImporAguaDico	1,19924	0,06362	0,32964	1,01845	1,21368	0,93842	1,43237	0,0183	-0,72861	0,3504	2,11739
ConocerConsumoBIN	1,20222	0,05065	0,2656	1,01802	1,17371	0,9999	1,38576	0,3699	-0,28375	0,52591	2,18361
AumentaRend	0,74587	0,0263	0,22551	1,00678	0,72971	0,58107	0,88952	0,3553	-0,15901	0,1156	1,5037
P1	-0,28226	0,03009	0,17196	1,0152	-0,24805	-0,41007	-0,15588	-0,42069	-0,4608	-0,84003	0,14857
<b>Covariances</b>											
F2<->F3	0,52642	0,05402	0,26235	1,02098	0,47701	0,33189	0,64818	1,06645	0,89354	0,0691	1,35845
<b>Variances</b>											
F3	1,29989	0,09513	0,57993	1,01336	1,2647	0,84555	1,67487	0,5287	0,01146	0,10747	3,80922
F2	0,04578	0,01062	0,05215	1,02053	0,03734	0,00889	0,06609	1,12945	1,09703	-0,04181	0,21911
e9	0,29872	0,04338	0,53052	1,00334	0,22052	-0,01419	0,5736	0,51475	0,99164	-1,8855	2,71056
e4	0,11737	0,02221	0,09941	1,02465	0,14935	0,02729	0,20732	-0,30318	-1,37507	-0,1019	0,28478
e8	1,3923	0,14233	0,67695	1,02186	1,49668	0,83987	1,83603	0,00792	-0,61424	0,00289	3,15893
e1	0,61497	0,06123	0,34825	1,01534	0,54215	0,34448	0,84532	0,59636	-0,43001	0,03338	1,8545
e6	1,35217	0,12138	0,56334	1,02295	1,31661	0,93541	1,85445	-0,21657	-0,91596	0,01892	2,63606
e2	1,23356	0,11357	0,51929	1,02364	1,35059	0,75037	1,67032	-0,07025	-1,23226	0,12832	2,38916
e3	0,42276	0,03328	0,1686	1,0193	0,40433	0,28991	0,54769	0,33274	-0,62481	0,06606	0,92913
e5	0,38274	0,04147	0,22642	1,01663	0,36519	0,19938	0,5375	0,39737	-0,43367	-0,18857	1,19142
e7	0,68169	0,06517	0,56927	1,00653	0,69882	0,30137	1,08601	-0,13536	0,21684	-1,7961	2,92839

Tabla 5-20: Resultados del Modelo SEM Bayesiano

Los signos de las relaciones causales propuestas en el modelo son correctos y coinciden con las hipótesis planteadas.

Para el constructo “Inversión en modernización para resolver los problemas de escasez”, Invertir en riego binario es el indicador de mayor peso pues aporta un 1,434 ( $\lambda_{11}=1,434$ ), mientras que Aumentar los Ingresos ( $\lambda_{62}=1,572$ ) es la mayor motivación para productores en “Visualiza beneficios para la modernización”.

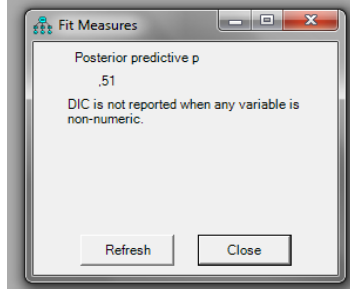
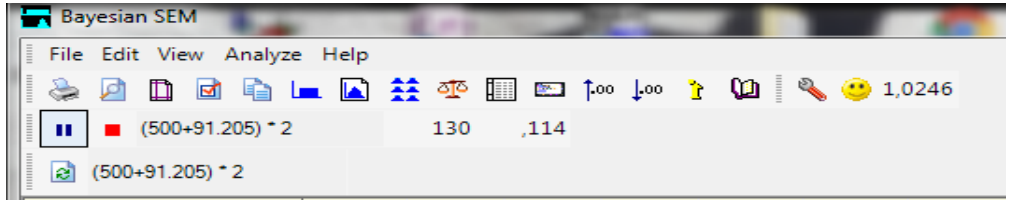
Si se observa la “Disponibilidad a financiar para resolver los problemas de escasez”, se desprende que la visualización de beneficios por la modernización ( $\gamma_{12}=0,0122$ ) impacta con un coeficiente aproximadamente 6 veces mayor que Invertir en modernización para resolver los problemas de escasez ( $\gamma_{11}=0,00221$ ).

En relación a “Disponibilidad a financiar para resolver los problemas de escasez”, el financiamiento cuádruple tiene un peso de ( $\lambda_{21}=0,0197$ ).

En cuanto a la bondad de ajuste del modelo estimado mediante MCMC, Amos proporciona algunos indicadores a saber:

El símbolo que presenta el software con una “cara sonriente” en amarillo al final de la primera fila de botones en la ilustración Tabla 5-21: Resultados del Modelo SEM. Amos V.19 con un valor de 1,0246, denota una convergencia aceptable como fue mencionado en la descripción de la metodología.

Del mismo modo, otro indicador de buen ajuste es el Posterior predictive p-value, cuyos umbrales varían entre 0 y 1 según Lee & Song (2003), señalando que un valor de 0.5 denota un modelo correcto. En el modelo presente posterior predictive es de 0.51 como se observa en la Tabla 5-21: Resultados del Modelo SEM. Amos V.19.



	Mean	S.E.	S.D.	C.S.	Median	50% Lower bound	50% Upper bound	Skewness	Kurtosis	Min	Max	Name
<b>F4&lt;-F3</b>	0.01225	0.04061	0.23859	1.01430	0.00204	-0.35009	0.37211	0.02694	-0.49290	-0.64573	0.76295	
FinanciaCuadruple<-F4	0.01971	0.04844	0.58223	1.00318	-0.00216	-0.28569	0.27432	0.46671	1.76317	-2.82007	2.68757	
F1<-F2	0.00211	0.04471	0.44442	1.00605	0.01267	-0.25283	0.28714	-0.31511	1.88653	-2.90561	2.21437	
InvertirRiesgoBin<-F2	1.49421	0.07819	0.56770	1.00944	1.34327	1.01572	1.77537	0.74100	0.44954	0.19512	4.39106	
AumentarIngresos<-F2	1.57207	0.16822	0.77824	1.02331	1.32460	1.06084	1.78793	1.40126	1.33390	0.39316	4.04001	
ConocerConsumoBIN<-F2	0.23882	0.02725	0.41129	1.00219	0.19642	-0.02962	0.49924	0.61212	1.41069	-1.54541	3.11196	
AhorraAgua<-F3	0.76036	0.05296	0.25099	1.02054	0.78790	0.55635	0.99303	-0.17289	-0.81478	0.14004	1.36465	
<b>Intercepts</b>												
AhorraAgua	0.51874	0.02571	0.16084	1.01270	0.51221	0.39509	0.63206	0.27249	-0.20372	0.06210	1.16509	
FinanciaCuadruple	0.68383	0.04047	0.25191	1.01282	0.68509	0.51309	0.84634	0.30907	0.44569	0.02489	1.73444	
InvertirRiesgoBin	0.52382	0.03133	0.20233	1.01180	0.49877	0.36589	0.66388	0.50024	-0.22026	-0.00181	1.45750	
AumentarIngresos	1.21207	0.07623	0.43355	1.01534	1.19344	0.89121	1.48844	0.43776	-0.33513	0.07918	2.61829	
ImporAguaDico	1.19924	0.06362	0.32964	1.01845	1.21368	0.93842	1.43237	0.01830	-0.72861	0.35040	2.11739	
ConocerConsumoBIN	1.20222	0.05065	0.26560	1.01802	1.17371	0.99990	1.38576	0.36890	-0.28375	0.52591	2.18361	
AumentarIend	0.74507	0.02630	0.22561	1.00678	0.72971	0.58107	0.88952	0.35530	-0.15901	0.11560	1.50370	
F1	-0.20226	0.03009	0.17196	1.01520	-0.24805	-0.41007	-0.15588	-0.42059	-0.46080	-0.84003	0.14857	
<b>Covariances</b>												
F2<->F3	0.52842	0.05402	0.26235	1.02098	0.47701	0.33189	0.64818	1.06645	0.89354	0.06910	1.35845	

Tabla 5-21: Resultados del Modelo SEM. Amos V.19

Gráficamente también se puede evaluar el ajuste del modelo mediante la convergencia entre las distribuciones a priori y a posteriori de los parámetros estimados. A modo de ejemplo se presentan los siguientes gráficos que corresponden a priori y a posteriori de las variables Financia Cuádruple - F4 y F2 - F4.



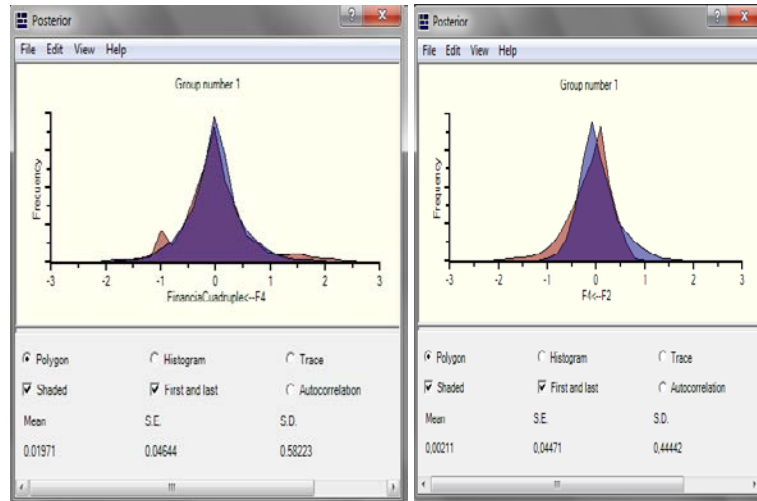


Gráfico 5-1: Gráficos de convergencia de las variables a modo de ejemplo

El modelo resuelto con los valores se presenta en la siguiente ilustración

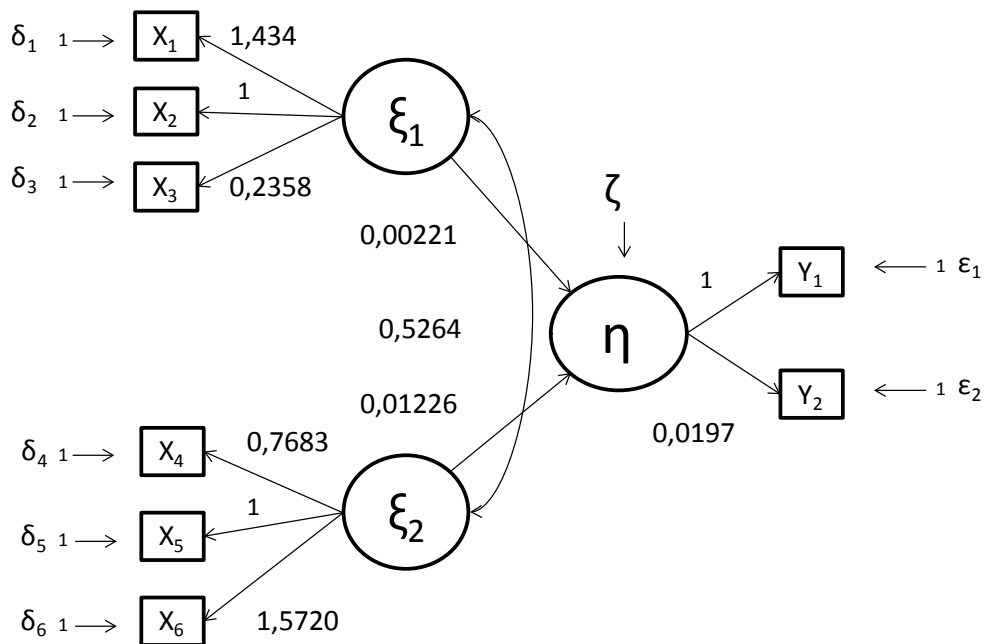


Ilustración 5-3: Path diagrama resuelto.

Finalmente la ecuación de regresión estimada que representa las relaciones causales entre los constructos del modelo estructural es la siguiente:

$$\eta = \gamma_{11} \xi_1 + \gamma_{12} \xi_2 + \zeta \quad (6)$$

$$F4 = 0,00211 F2 + 0,01226 F3$$

La ecuación que expresa que la “Disponibilidad a financiar para resolver los problemas de escasez” (F4) está explicada en 0,00211 por “Invierte en modernización para resolver la escasez” (F2) y en 0,01226 por “Visualiza Beneficios por la modernización” (F3).

## 6.2.7 Hipótesis general

### 6.2.7.1 Encadenamiento lógico de las hipótesis.

H0: El precio del agua de riego es un instrumento que contribuye al financiamiento de la modernización en tecnología de riego, lo que permite liberar agua regulada por una presa en un marco de una gestión integral.

Para comprobar esta hipótesis se propone un encadenamiento lógico entre las hipótesis individuales tomando como esquema de integración el marco conceptual planteado en la Ilustración 5-1: Diagrama conceptual del encadenamiento lógico de hipótesis. Elaboración propia

La hipótesis 1 permite afirmar que los productores reconocen que existe un problema de escasez y que la modernización de los sistemas de riego es un instrumento importante para resolverlo. La hipótesis 2 verifica que los productores toman decisiones de modernización de sus sistemas de riego si visualizan una mejora productiva o económica en sus sistemas de producción asociadas al aumento de rendimiento, de ingresos y el ahorro de agua. La hipótesis 3 permite concluir que los productores estarían dispuestos a financiar las inversiones para resolver los problemas de escasez a partir de un incremental del precio del agua por lo que se puede inferir que el precio del agua, es un instrumento que contribuye al financiamiento de la modernización en tecnología de riego. Por otra parte, a partir del análisis estadístico sobre las variables financia doble, triple y cuádruple se puede asumir que las tres respuestas no son estadísticamente diferentes, razón por la cual se utilizó la disponibilidad a pagar hasta 4 veces más de la tarifa actual como valor de referencia, sin abandonar el tramo inelástico de la curva inversa de demanda. Este valor fue obtenido sobre el total del monto abonado por el productor, evaluado en la pregunta 5 del cuestionario.

El encadenamiento entre las hipótesis señalado previamente fue confirmado en el modelo de Ecuaciones Estructurales resultando que la “Visualización de Beneficios por la Modernización” es el constructo de mayor impacto al momento de determinar la “Disponibilidad a financiar para resolver los problemas de escasez”, con una tarifa 4 veces mayor a la actualmente pagada.

También fue señalado que la tarifa no debe impactar negativamente en el resultado financiero del productor de forma tal que los beneficios percibidos por la modernización tengan su correlato en sus cuentas. Para confirmarlo se realizó el análisis financiero de los modelos incluyendo la inversión en sustitución tecnológica (Tabla 4-11: Rentabilidad financiera en tabaco por la reconversión en los sistemas de riego y la Tabla 4-12: Rentabilidad financiera en caña por la reconversión de los sistemas de riego), donde se observa que la TIR (Tasa Interna de Retorno) con sustitución tecnológica, que implican la inversión en tecnologías ahorradoras y los valores de la tarifa incrementados oscila entre un 20% y 104% para los distintos modelos de producción tabacaleros, mientras que en caso de que los productores cañeros modifiquen sus sistemas de riego por surco incorporando riego por caudal discontinuo o por goteo se obtiene una TIR que oscila entre 15% y 117%. Este análisis realizado a priori sin que los resultados formasen parte de la entrevista (no se informó de ellos a los productores), podrían estar intuitivamente correlacionados con cierta experiencia del productor señalada al mencionar las razones por las cuales invertiría en riego (hipótesis 2).

Por otra parte, en el punto 4.3.4 del análisis realizado se observa que la reconversión tecnológica permite liberar agua, debido al diferencial de eficiencias teóricas entre el riego por goteo y el riego gravitacional, lo que permitiría cubrir la cantidad de la demanda estimada. Se analizan 2 escenarios dado el aumento del área irrigada debido a la construcción del canal y los niveles de reconversión lograda en cada valle. El primero no cubre la totalidad de la demanda proyectada ya que se considera sólo la reconversión del área cedente, lo que deja un déficit de 74,3 Hm<sup>3</sup>. El segundo escenario reconvierte tecnológicamente ambos valles y supone una eficiencia global de 80% para todo el sistema, logrando eliminar el déficit. Como fue mencionado, las alternativas de solución requieren medidas complementarias para alcanzar dicha eficiencia global, por ejemplo la mejora de eficiencia de conducción de los canales secundarios. De esta forma se lograría minimizar la posibilidad de conflictos por la competencia por el agua, como también sincronizar la expansión del área nueva a irrigar. En cuanto al tiempo necesario para lograr la reconversión, si se considera exclusivamente el financiamiento dado por el incremental de precio entonces tendrá un máximo dado por la cantidad de hectáreas a reconvertir de 12 años.

Por último, la hipótesis 5 permite inferir que los productores visualizan como necesario conformar una sola organización para todo el sistema una vez construido el Canal Intervalles. De todas formas no está claro que visualicen su propio rol o participación en la planificación y gestión del agua (hipótesis 4a), considerado este un aspecto clave para el logro de los objetivos (el escenario 2 implica una sola organización en la gestión del sistema para el logro del déficit 0). En este aspecto se observa que se debería implementar un fortalecimiento de la capacidad de gobernanza organizacional e institucional para una adecuada gestión del proceso y el manejo del recurso.

## 7. Capítulo 6: Discusión y conclusiones.

### 7.1. Discusión

La pregunta de investigación que dio origen al presente estudio fue: ¿Puede el precio del agua, en el marco de una gestión integral, contribuir a financiar la sustitución tecnológica para modernizar los sistemas de riego en un área regulada por una presa y equilibrar la oferta con la demanda de agua en un contexto de escasez del recurso?

La bibliografía especializada, examinada en este documento, tiende a coincidir en cuanto a que *el precio del agua* puede ser un instrumento que permita ahorrar y aumentar la productividad del agua mediante la promoción de: (i) el cuidado, la gestión para la conservación del agua, (ii) la inducción y el financiamiento de las inversiones en tecnologías que permitan el ahorro de agua, y (iii) la reasignación de agua para los cultivos más valiosos y / o en otros usos (Berkoff, J and Molle, 2007).

En este trabajo fueron puestas a prueba y verificadas las hipótesis que permiten demostrar la contribución del precio del agua a los objetivos planteados en el presente estudio (ítem 1.1.2.), y de forma contundente al punto (ii) planteado en el párrafo anterior. De todas formas, se señaló que para ello se deben cumplir otras condiciones que surgen tanto de los resultados obtenidos, de las entrevistas, de las reuniones realizadas y de las lecciones emergentes de la bibliografía consultada, que permiten enmarcar este abordaje en el contexto general del estudio, desarrollado en la provincia de Jujuy en el Sistema del Dique las Maderas, tal como fue presentado en el Capítulo 3.

Fueron realizados los cálculos para la estimación de la demanda de agua de los cultivos en toda el área servida actualmente por la presa (Anexo I, ítem 7.2.) para cotejarlo con la oferta disponible (Anexo I, ítem 7.5.) y así estimar el balance para el agua de riego en el Valle de Perico (Anexo I, ítem 7.6.). Asimismo se calculó la demanda de agua para las 15.000 hectáreas incrementales en el Valle de San Pedro con el fin de estimar el escenario de déficit proyectado (ítem 3.5.2.) si entrara en funcionamiento el Canal Intervalles a las eficiencias intra y extrafinca señaladas. Luego se determinaron los déficits para los distintos escenarios de eficiencias globales en ambos valles (Ilustración 4-1: Estimaciones del déficit debido a los distintos niveles de eficiencia global), y la cantidad de agua que podría liberarse por la sustitución en tecnología de riego intrafinca en el valle cedente (Tabla 4-5: Demanda cubierta por la reconversión tecnológica intrafinca. Valle de Perico.). Estos cálculos demuestran que existe una situación de escasez proyectada si se deriva agua a través del Canal Intervalles para incrementar las 15.000 hectáreas en el Valle de San Pedro, a las eficiencias globales calculadas. Este escenario de escasez es claramente percibido por los productores y se demostró que existe consenso sobre la importancia de la modernización de riego para resolver los problemas de escasez (ítem 5.2.2.1.).

Por ello, se procedió a determinar el precio máximo del agua en (AR\$/m<sup>3</sup>) desde el punto de vista teórico, que permitiría financiar la sustitución en tecnología de riego para liberar agua y contribuir a resolver el escenario de escasez a partir de la creación de un fondo (ítem 4.3.5.), para luego cotejarlo con la disponibilidad a pagar del productor. Este precio-equivalente conforma una cuota parte de la tarifa del agua que paga el productor y que se corresponde con el canon (Tabla 4-6: Detalle de los montos pagados por los productores por la provisión de agua.). El diferencial de precio actualmente pagado con el máximo teórico estimado, permitirá construir el fondo para financiar la reconversión. En la práctica y para este estudio, el productor sólo percibe la tarifa que paga (carga en AR\$/hectárea) sin distinguir los conceptos que paga por ella (pregunta 5). Por ello es importante distinguir entre precio-equivalente (AR\$/m<sup>3</sup>)

para el cálculo teórico siguiendo la metodología de Amir & Fisher (1999), y la tarifa pagada por el productor (AR\$/hectárea). Cuando se infiere que el productor acepta a financiar las inversiones con un precio diferencial de hasta cuatro veces mayor que el actualmente pagado (hipótesis 3, ítem 5.2.4.1.) se hace referencia al monto total de la tarifa en AR\$/hectárea, que luego se descompone en el análisis a un precio-equivalente que permite estimar un valor y una cantidad consumida en la curva inversa de demanda, y con el saldo incremental de la cuota parte, conformar un fondo para la reconversión en tecnología de riego (Tabla 4-7: Recaudación estimada a partir del aumento de la tarifa en AR\$), sin variar el resto de los componentes de la tarifa.

El valor de la elasticidad-precio de la demanda es normalmente negativo, ya que la cantidad demandada cae cuando aumenta el precio. Las estimaciones de la elasticidad-precio de la demanda de agua en un estudio en países de la OCDE varían considerablemente (OECD, 1999). “El rango de precios para el cual se mide la elasticidad es probablemente el factor más importante que lo determina: cuanto mayor es el nivel de precios, mayor es la elasticidad, o por el contrario, cuanto menor es el precio inicial, menor será la respuesta de los agricultores a un incremento de los precios” (FAO, 2004). A bajos precios la demanda de agua es inelástica, y comienza a ser elástica superado determinado nivel de precios (Fraiture & Perry, 2007). Para inducir una reducción de la demanda, se requieren considerables aumentos de precios, y esos precios son políticamente difíciles de hacer cumplir (Perry, 2001). Para medir la eficacia y la viabilidad de fijación de precios como una herramienta de gestión de la demanda es crucial investigar el umbral de precios (Berkoff, J and Molle, 2007). Es por ello que en el presente estudio se determinó el precio-equivalente en el corto plazo para financiar la sustitución tecnológica y reconvertir el área servida en un horizonte de tiempo definido. Fue comprobado empíricamente que los productores están dispuestos a pagar dicho umbral de precio en la parte inelástica de la curva de demanda, en el marco de determinados condicionantes. La búsqueda del umbral no se orientó a dar con aquel precio que permita alcanzar la elasticidad que tenga efecto sobre el ahorro, sino con aquél que permita construir un fondo para financiar la sustitución tecnológica.

En el modelo de optimización desarrollado se concluyó que el incremental de precio del agua teórico calculado no generaría cambios en las proporciones del uso del suelo actual (Tabla 4-3: Resultados de la optimización para diferentes precios del agua). De todas formas, como se señala en el abordaje metodológico adoptado, podría también utilizarse como instrumento de política para la asignación de uso del suelo. Asimismo, y como resultado de la encuesta (pregunta 24), el 81% de los productores manifestaron que no cambiarían la actividad que realizaban bajo riego, por lo que se comprueba que no existe voluntad de reasignar el agua hacia cultivos más valiosos en el corto plazo. Esto es debido a la gran especialización en el cultivo de tabaco y caña. También se demostró que la tarifa no impacta negativamente en el resultado financiero del productor de forma tal que los beneficios percibidos por éstos en relación a la modernización son congruentes con su percepción (ítem 4.3.6.). En definitiva, el análisis de precios realizado permitió estimar un precio máximo teórico, verificado empíricamente, que contribuiría a financiar la reconversión en tecnología de riego sin reducir sustancialmente los beneficios del productor.

En cuanto a la adopción de la tecnología, como fue señalado por Bono (1996), parece más conveniente hablar de una pluralidad de factores y procesos que dependen de las características particulares del ámbito donde se trabaje, por lo que no es posible señalar un factor determinante en términos genéricos al momento de adoptar una tecnología. Como factores comunes relevados en el marco teórico en las distintas experiencias, se pueden resaltar los incentivos financieros y/o la disponibilidad de financiamiento, el precio del agua y el costo de la tecnología como variables del

mercado, y factores educativos, redes de información y aspectos institucionales como elementos relevantes a la hora de adoptar una tecnología. Estos aspectos sobre la toma de decisión en relación a la modernización de los sistemas de riego fueron contrastados en la hipótesis 2 (ítem 5.2.3), donde se verifica la importancia de la visualización de beneficios (rendimientos e ingresos) y el ahorro de agua al momento de tomar una decisión sobre modernización. Esto fue integrado posteriormente en el modelo de ecuaciones estructurales.

En relación a la utilización de esta metodología, y como fue previamente señalado, el método de ecuaciones estructurales ha venido ganando importancia en el campo de las ciencias sociales debido a su capacidad para “confirmar” relaciones causales sobre variables latentes y para evaluar la consistencia de las hipótesis planteadas a la luz de la teoría adoptada. Por ello, para integrar todo el análisis previo y determinar *la disponibilidad a pagar para financiar la sustitución tecnológica* se seleccionó esta metodología, asumiéndola como adecuada para este tipo de estudios (Mims et al., 2005), ya que complementa las controversias y evidencias señaladas en la utilización de la metodología de valoración contingente (Carson et al., 2001), donde bajo esta última metodología, los agricultores tratan de evitar a dar a conocer los verdaderos valores por temor a las consecuencias. De esta forma, se infirió la disponibilidad a financiar a partir de una variable latente, obteniendo un resultado no sesgado al obviar la pregunta en forma directa en el formulario de la encuesta y evitar una respuesta posiblemente condicionada en caso de haber sido planteada en forma literal al usuario.

El desafío para el logro del objetivo de ahorro de agua sostenido en el tiempo depende de un adecuado diseño de la estructura organizacional que permita incorporar a la mayoría de los productores en dicho esquema. En el análisis de la Nueva Economía Institucional, los individuos actúan con información incompleta y modelos subjetivamente deducidos, en un marco de racionalidad limitada donde se supone que el individuo no dispone de toda la información, y aunque la tuviera, su capacidad cognitiva limitada le impediría asimilarla, (Caballero, 2002). Por ello, y citando a North (1990), el modelo racional es considerado deficiente por dos cuestiones: una, la motivación del individuo no es ni siempre ni solamente maximizar el beneficio; y dos los individuos procesan subjetivamente el mundo con información incompleta, por lo que hay que distinguir la percepción y la realidad. Desde esta perspectiva se deriva que para conceptualizar al individuo debe considerársele en un contexto social e institucional determinado en el que va a desarrollar su modelo mental subjetivo. Un individuo en sociedad va a depender de otros individuos en un marco de interacción social (Caballero, 2002). Por ello, y debido a que el ahorro de agua se obtiene por sustitución tecnológica en forma agregada para toda el área servida por la presa, es necesario que la mayoría de los productores perciban el beneficio de dicha tecnología, y estén dispuestos a financiar la sustitución. Esta compleja interacción requiere del análisis de las capacidades organizacionales e institucionales para estimar las posibilidades de éxito en el terreno. En este estudio sólo fueron integradas las hipótesis 4 y 5 bajo este enfoque conceptual, donde se sondeó la disposición de los productores a participar en la gobernanza del sistema y su voluntad de integrar ambos valles y conformar una sola organización para el área total servida por la presa, como se detalla en el esquema de la Ilustración 5-1: Diagrama conceptual del encadenamiento lógico de hipótesis. Elaboración propia No se profundizó sobre la capacidad institucional y organizacional de las áreas de gobierno responsables ni de las organizaciones con competencia en la temática, pero de todas formas debe señalarse que este aspecto es imprescindible bajo el enfoque adoptado. Asimismo, se señaló que el análisis institucional debe ser específico al contexto, valorando cada situación desde el punto de vista ecológico, como así también social. De los cuatro niveles de análisis señalados por Williamson (2000), en este estudio sólo se abordó de

manera más exhaustiva el último nivel, pero integrándolo conceptualmente con el resto, ya que se considera esencial su abordaje para garantizar los objetivos previamente señalados.

El presente estudio sólo contribuye a los objetivos planteados si se encuadra en una planificación integral a nivel de toda la cuenca, y ayuda a tomar decisiones de intervención e inversión sobre los recursos hídricos, más aún si esto involucra cuestiones de reasignación. Para ello es necesario disponer de información que permita representar la situación actual, modelar la situación futura y evaluar los posibles impactos. La decisión de política en relación a la inversión pública provocó tensión al compartir un recurso y ampliar la superficie de irrigación. Como se citó previamente, (Allan, 1999): *“En consecuencia, la eficiencia en la asignación se visualiza de forma muy diferente por los profesionales del agua en comparación con los involucrados en las decisiones de políticas económicas. La reasignación del agua es un acto profundamente político”*. También fue señalado que la gestión de cuencas sostenible exige mayores niveles de integración entre grupos de científicos naturales y sociales, usuarios y administradores de la tierra y del agua, planificadores y responsables políticos de todas las escalas espaciales (Macleod et al., 2007). Los arreglos institucionales para los sectores de la agricultura y el agua son complejos y multidimensionales, por lo que para una integración efectiva se requiere el desarrollo de un nuevo enfoque de colaboración para la gobernabilidad que esté diseñado para los distintos niveles y sus interacciones, en contextos complejos y de incertidumbre, con interdependencia entre intereses diversos. Por ello este enfoque propicia la gobernanza colaborativa entre los responsables políticos y los investigadores dado el entorno de complejidad e incertidumbre, y los retos políticos y científicos asociados al integrar la gestión del agua y la agricultura (Fish et al., 2010). El agua es un bien público (o recurso común) típicamente escaso, y la ciencia puede contribuir a su conservación y asignación eficiente, mientras que los arreglos institucionales y las políticas de consenso en los distintos niveles señalados por Williamson (2000) también pueden ayudar a su asignación equitativa.

En este sentido, y dada la situación de escasez relativa generada a partir de la construcción del Canal Intervalles, se pone de manifiesto el conflicto de intereses entre los productores de ambos valles por el uso del recurso. Esta “cesión” de agua que se liberaría dada la sustitución tecnológica propuesta en el presente estudio, se podría interpretar como inequitativa para los productores del valle cedente. De todas formas, como fue señalado en el ítem 3.4.2, los regantes están obligados a emplear las aguas con eficiencia y economía en el lugar y con el objeto para el que le han sido otorgadas (art. 27 Ley 4.090). Además, la infraestructura originalmente desarrollada para irrigar el Valle de Perico, deriva caudales aguas arriba que naturalmente escurrirían al Valle de San Pedro. Por ello, un abordaje a escala de cuenca es esencial para encuadrar la problemática, ya que la presente investigación sólo la aborda parcialmente, aunque demuestra que se generan beneficios para los productores de ambos valles, y que estos son percibidos por ellos. Un estudio integral de toda la cuenca permitiría brindar información sobre las necesidades de infraestructura adicional y los beneficios que esta generaría. Esto, sumado al trabajo de comunicación y participación de todos los actores involucrados, contribuiría a la armonización de intereses contrapuestos a partir de la construcción del canal.

## 7.2. Conclusión y limitaciones del estudio

El estudio permite concluir que el precio del agua es un instrumento válido para el financiamiento de la sustitución tecnológica de riego, cuando los productores perciben los beneficios de dicha sustitución en un contexto de escasez relativa del recurso. Esto a su vez, podría contribuir a los objetivos de ahorro de agua o su reasignación, si se

enmarca en un esquema organizacional e institucional que se oriente hacia tal fin en el marco de una planificación integral.

Los resultados de la presente investigación son orientativos para futuros estudios. La propuesta metodológica debe tener una dinámica anual en cuanto al cálculo de los indicadores, precios y cantidades de agua derivada y consumida que permita un ajuste periódico e indicativo en apoyo a los tomadores de decisión. El precio del agua calculado no es un precio de eficiencia transado en un mercado, sino que es un valor del agua derivado de un modelo de optimización del agricultor (Dinar & Letey, 1991), por lo que su valor es indicativo a los fines de la política de asignación.

Asimismo, es necesario profundizar en el estudio de un diseño organizacional para una gestión en el manejo del recurso hídrico de forma integral y participativa que permita garantizar el logro de los objetivos, acompañado con apoyo para el fortalecimiento de las organizaciones e instituciones a lo largo del proceso, para lo cual será necesario capitalizar otras experiencias en el marco de una gestión adaptativa (Elsevier, 2010).

El estudio no profundiza en el análisis de los derechos de propiedad relacionado a los derechos de los regantes, particularmente el de los actuales regantes eventuales y el de los regantes nuevos del valle a irrigar, descrito en el punto 3.4.2 Aspectos legales y organizacionales. De todas formas esto se considera un aspecto central en el estudio, por lo que se requiere profundizar y analizar cuantitativamente la superficie de los distintos tipos de regantes en el área de estudio y evaluar su impacto en el contexto del marco legal que rige estos aspectos en la provincia. Regularizar el tema de los derechos de propiedad de toda el área servida por la presa permitirá estimar de forma precisa la demanda total de agua.

A partir de los resultados de las entrevistas mantenidas con los referentes de las organizaciones de productores, se puede dimensionar el grado de complejidad que implica lograr la reasignación del agua entre los diferentes valles servidos por la presa, si no se realiza un estudio integral que permita cuantificar la disponibilidad espacial y temporal del recurso en toda la cuenca y las inversiones necesarias para garantizar un aprovechamiento equitativo del mismo. Esto es debido a que la situación de escasez relativa provocada no se enmarca en la fase de una economía madura del agua como fue señalado en el punto 2.2.2, sino que el productor percibe que podrían existir alternativas de inversión desde el lado de la oferta considerando la cuenca en su conjunto. De hecho en la solución planteada, la zona cedente aporta 62,7 Hm<sup>3</sup> a la solución por reconversión tecnológica, por lo que el otro factor que incrementará la eficiencia global del sistema está centrado en soluciones del lado de la oferta si se mantienen las expectativas del incremental de superficie a irrigar. Asimismo la zona receptora debe disponer en su totalidad de riego tecnificado para las 15.000 hectáreas incrementales, y la infraestructura de conducción que contribuya a lograr el 80% de eficiencia global del sistema.

Por último, las alternativas de intervención de proyectos públicos elegibles deberían, como condición necesaria aunque no suficiente, garantizar los objetivos de eficiencia económica, social/institucional y ambiental, acompañando las decisiones sobre los aspectos de equidad a los objetivos de la política, materializados en un plan integral de largo plazo elaborado por consenso y apoyado en el conocimiento científico.



## 8. ANEXO 1: BALANCE HÍDRICO.

### 8.1. Introducción

En el presente anexo se presentan los cálculos y resultados del Balance Hídrico del sistema del Dique Las Maderas y el Valle de Perico. Por un lado se obtiene la oferta hídrica promedio anual actualmente erogada por la presa hacia el Valle de Perico, y por el otro se estima la demanda de agua, dados los usos del suelo a partir de los cultivos relevados. Esta información permitió estimar el nivel de ajuste entre la oferta y demanda actual y la proyectada una vez construida el canal Intervalles. La información fue sintetizada a partir del trabajo “Plan de Gestión del sistema de riego del canal Intervalles y obras complementarias” BID (2012), desarrollada en parte por el autor del presente trabajo de investigación y tomada de las fuentes citadas en estos anexos.

### 8.2. Estimación de la demanda de agua

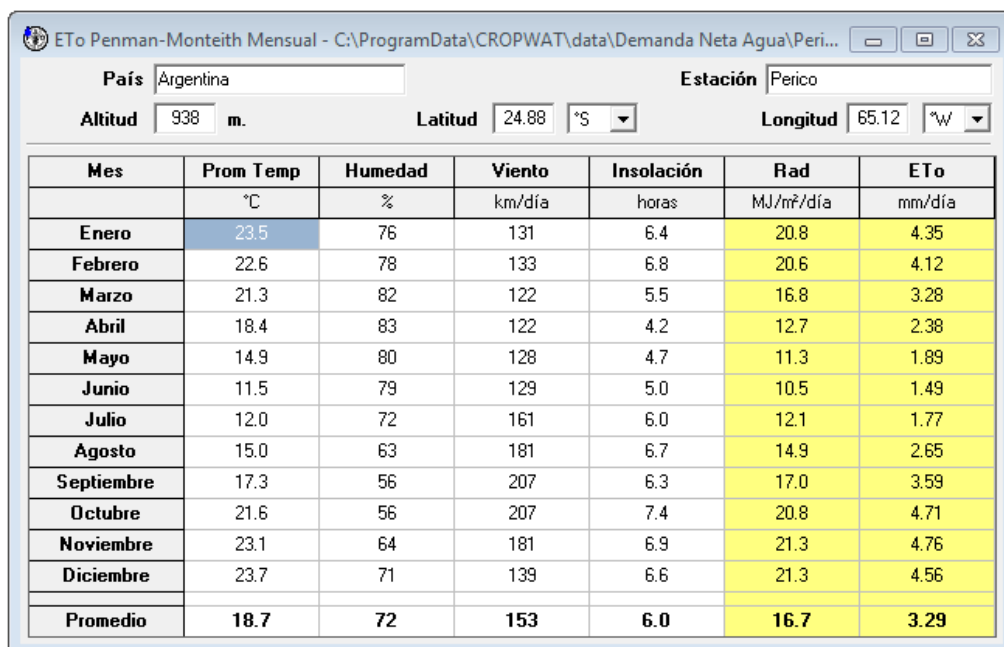
#### 8.2.1 Metodología y estimación.

Para estimar la demanda de agua, se utilizó un software desarrollado por la División de Desarrollo de Tierras y Aguas (AGL) de la Organización para la Alimentación y la Agricultura de las Naciones Unidas (FAO) denominado Cropwat 8.0. El creador de la versión original es el Dr. Martín Smith del Servicio de Manejo y Desarrollo de Recursos Hídricos de la AGL. Este software permite estimar los requerimientos de agua de los cultivos.

#### 8.2.2 Datos Agroclimáticos.

Los datos agroclimáticos utilizados en el modelo, fueron obtenidos de la estación agrometeorológica ubicada en el Valle de Pericos.

Datos Utilizados de la estación meteorológica: Perico.



The screenshot shows the 'ET Penman-Monteith Mensual' software interface. The title bar indicates the file path: 'C:\ProgramData\CROPWAT\data\Demanda Neta Agua\Peri...'. The interface includes input fields for 'País' (Argentina), 'Estación' (Perico), 'Altitud' (938 m), 'Latitud' (24.88 °S), and 'Longitud' (65.12 °W). Below these fields is a table with the following data:

Mes	Prom Temp °C	Humedad %	Viento km/día	Insolación horas	Rad MJ/m <sup>2</sup> /día	ETo mm/día
Enero	23.5	76	131	6.4	20.8	4.35
Febrero	22.6	78	133	6.8	20.6	4.12
Marzo	21.3	82	122	5.5	16.8	3.28
Abril	18.4	83	122	4.2	12.7	2.38
Mayo	14.9	80	128	4.7	11.3	1.89
Junio	11.5	79	129	5.0	10.5	1.49
Julio	12.0	72	161	6.0	12.1	1.77
Agosto	15.0	63	181	6.7	14.9	2.65
Septiembre	17.3	56	207	6.3	17.0	3.59
Octubre	21.6	56	207	7.4	20.8	4.71
Noviembre	23.1	64	181	6.9	21.3	4.76
Diciembre	23.7	71	139	6.6	21.3	4.56
Promedio	18.7	72	153	6.0	16.7	3.29

Tabla 7-1: Datos Agroclimáticos Estación Perico

Descripción	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
Media	147	137	106	34	6	3	2	3	4	23	49	97
Mediana	142	109	98	27	5	0	0	0	1	15	41	91
Desvío Estándar	66	98	65	33	8	5	3	7	7	23	35	52
Mínimo	16	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10
Máximo	357	533	278	157	38	32	16	45	32	103	142	284
Coefficiente de Variación	44,9	71,53	61,32	97,06	133,33	166,67	150	233,33	175	100	71,43	53,61

Tabla 7-2: Precipitaciones Medias empleadas (INTA EEA Salta Bianchi A. R, 1992)

En cuanto a los tipos de suelos en el Valle de Pericos se utilizaron los estudios antecedentes CFI (1980). A continuación se presenta la distribución de los suelos en el área en estudio. Los mismos fueron mapeados en un sistema de información geográfica a nivel de subgrupo y se presentan en la siguiente ilustración.

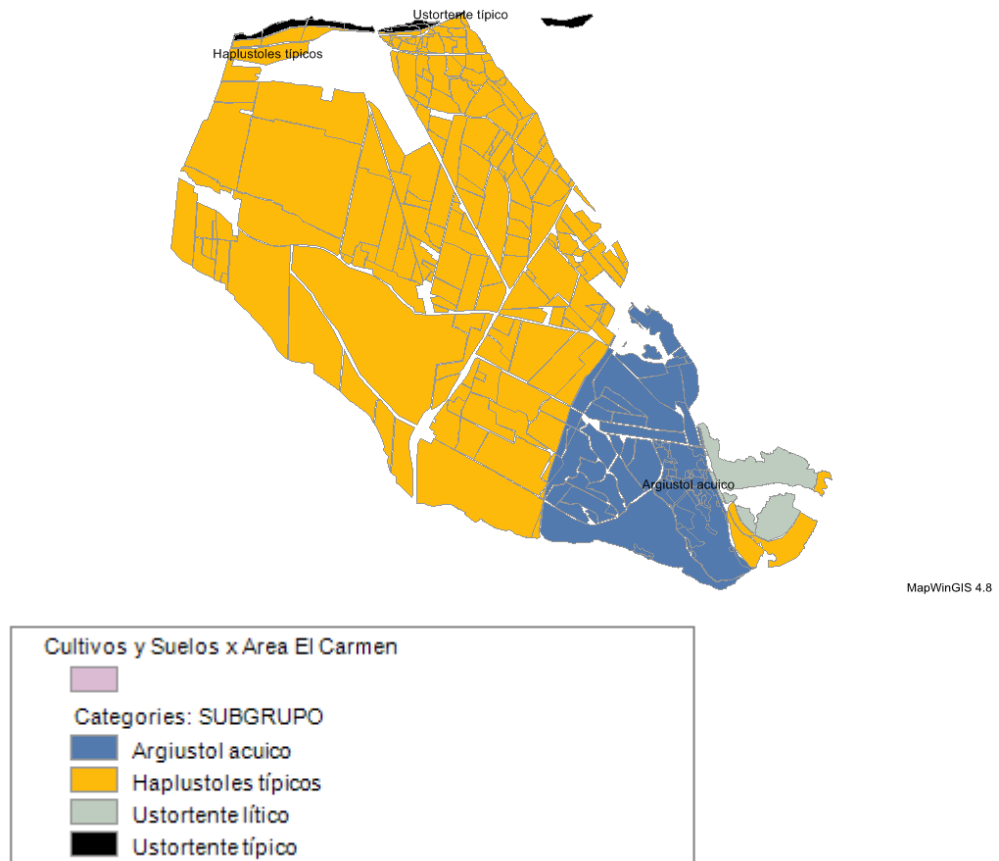


Ilustración 7-1: Mapas de suelos

Para la prueba de los datos requeridos por el software referente a los suelos, se asumieron valores referenciales para cada uno con el objeto de estimar la demanda de agua de cada cultivo.

Suelo - C:\ProgramData\CROPWAT\data\Demanda Neta Agua\Suelos\Haplustol Tipico.S...

Nombre del suelo: Haplustol Típico

Datos generales de suelo:

Humedad de suelo disponible total (CC-PMP)	150.0	mm/metro
Tasa máxima de infiltración de la precipitación	40	mm/día
Profundidad radicular máxima	70	centímetros
Agotamiento inicial de hum. de suelo (como % de ADT)	70	%
Humedad de suelo inicialmente disponible	45.0	mm/metro

Ilustración 7-2: Datos de suelo requeridos por el Software Cropwat.

8.2.3 Uso de suelo.

Se determinó el uso del suelo a partir del reconocimiento sobre las últimas imágenes Google para la zona de proyecto, e inspección visual a partir del relevamiento a campo. Dicho relevamiento luego fue procesado en el Sistema de Información Geográfica, con el objeto de contar con la información necesaria para la estimación del uso del suelo en el Valle. A continuación se presenta el geoprocesamiento realizado.

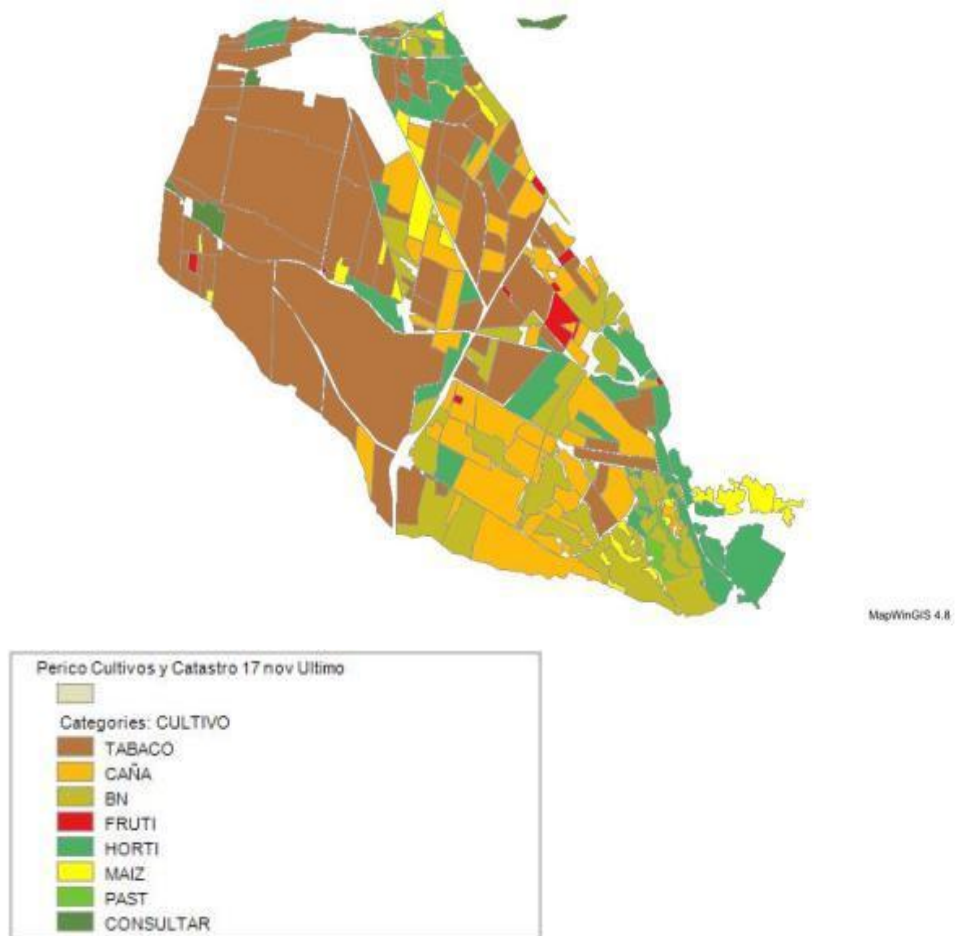


Ilustración 7-3: Uso del Suelo

De la combinación entre el mapa de usos de suelo y el mapa tipos de suelo, se obtuvieron las áreas por tipo de suelo y cultivo. Se observa que fue considerada toda el área, incluyendo el área de Manantiales, actualmente no servida por el consorcio de riego del Valle de Pericos, pero sugerida como área de expansión en el estudio antecedente.

Tipo de Suelo	TABACO	CAÑA	HORTICULTURA	FRUTICULTURA	MAIZ	PASTURA	BN	SIN IDENTIFICAR
Argiustol acuíco	663,3	1.764,6	869,2	6,7	181,5	205,8	2.490,9	
Haplustoles típico	16.815,8	4.135,1	2.484,9	318,3	638,7		2.445,5	209,3
Ustortente lítico			548,7		335,7		11,0	
Ustortente típico	113,2		109,9		4,2		27,8	73,6
<b>Total general</b>	<b>17.592,2</b>	<b>5.899,8</b>	<b>4.012,7</b>	<b>325,0</b>	<b>1.160,1</b>	<b>205,8</b>	<b>4.975,2</b>	<b>282,9</b>

Tabla 7-3: Uso de la tierra en función del tipo de suelo en hectáreas

Se observa que para los dos cultivos predominantes en la zona, caña y tabaco, los mismos se presentan mayoritariamente sobre suelos Haplustoles típicos en un 70% para la caña y un 96% para el tabaco.

Del total de los cultivos irrigados se observa que el 63.2% corresponde a tabaco, el 21.2% a caña de azúcar, el 14.4% a horticultura y el 1.2% a Fruticultura.

Para el desarrollo de esta tarea se contó con la colaboración del Mg. Pablo Zamora y la Agrim. Magdalena Perez.

#### 8.2.4 Cultivos evaluados.

Para la determinación de la demanda total de agua en el Valle, se asume el uso del suelo en función de la distribución de cultivos como se presentó en el ítem anterior. Se modelaron los cultivos de tabaco y caña de azúcar, y se asumieron como cultivos hortícolas base el choclo y el tomate. Toda la información de base fue obtenida a partir de informantes calificados y/o de fuentes oficiales y provistas por el equipo de trabajo. A continuación se presentan los datos asumidos para el desarrollo del modelo. Para el desarrollo de esta tarea se contó con la colaboración del Ing. Mario Gonzalez Diez y del Ing. Juan A. Barbarich.

##### 8.2.4.1 Tabaco

Para el caso del tabaco se asume un ciclo de 150 días de cultivo, con la distribución de valores de Kc como se presenta en la siguiente ilustración.

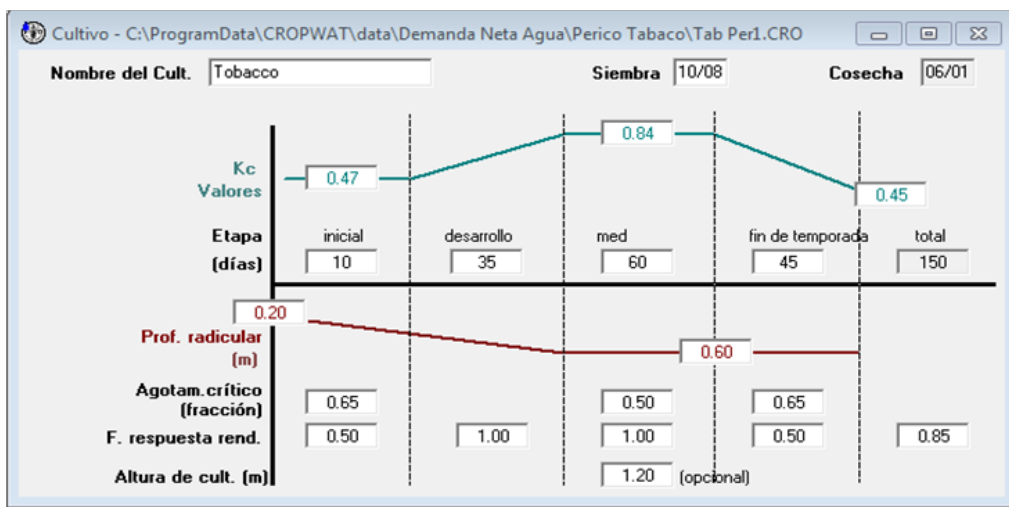


Ilustración 7-4: Datos de Cultivo de tabaco

De acuerdo al enfoque del coeficiente del cultivo, la evapotranspiración del cultivo  $ET_c$  se calcula como el producto de la evapotranspiración del cultivo de referencia,  $ET_o$  y el coeficiente del cultivo  $K_c$ :

$$ET_c = K_c ET_o$$

donde:

- $ET_c$  evapotranspiración del cultivo [mm d-1],
- $K_c$  coeficiente del cultivo [adimensional],
- $ET_o$  evapotranspiración del cultivo de referencia [mm d-1].

Para el caso del Tabaco se asumió una distribución de implantación del cultivo de la forma siguiente, en función de lo relevado con informantes calificados.

Distribucion	Fechas de siembra	% de ocupación
1era	10-ago	70%
2da	20-sep	20%
3era	01-oct	10%

Tabla 7-4: Distribución de fechas de trasplante de tabaco

#### 8.2.4.2 Caña de Azúcar

Para el caso de la caña de azúcar se asumió un ciclo de 360 días con una distribución de Kc por etapa como se presenta en la ilustración siguiente.

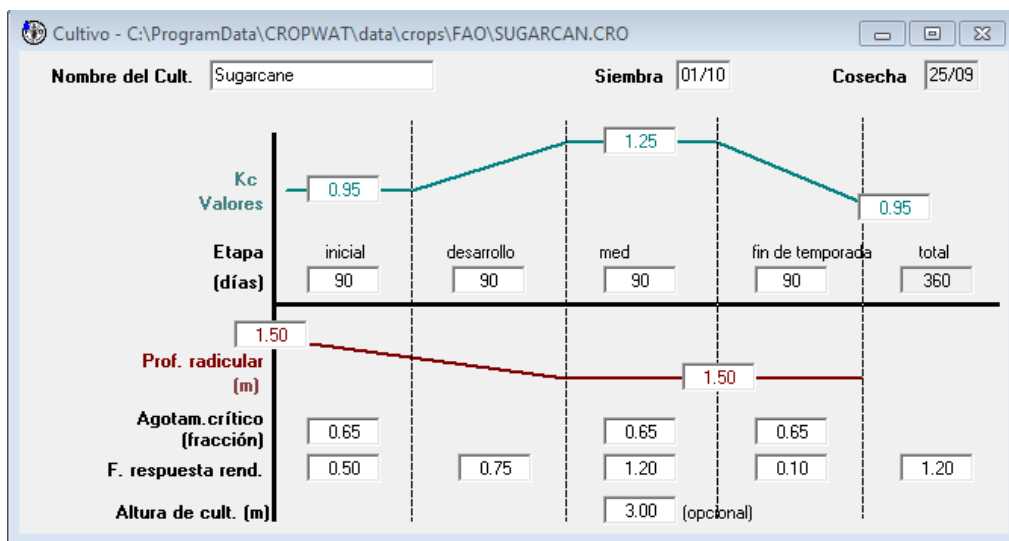


Ilustración 7-5: Dato de cultivos de caña de azúcar

La distribución de las fechas de inicio del cultivo se obtuvo a partir de la experiencia de informantes calificados, y se presentan en la siguiente tabla:

Mes de plantación	Porcentaje de superficie
Junio	15%
Julio	18%
Agosto	22%
Septiembre	23%
Octubre	22%
Total	100%

Tabla 7-5: Distribución de fecha de inicio del cultivo de caña de azúcar

#### 8.2.4.3 Horticultura.

Para horticultura se modeló un cultivo para el primer semestre del año, tomando tomate como base, y uno para el segundo semestre, con base choclo.

### 8.3. Resultados de la modelación para estimar la demanda de agua.

#### 8.3.1 Calculo de las demandas de agua. Introducción

A continuación se estimaron las demandas netas de agua de los cultivos relevantes, por lo que en esta instancia, no se tomó en cuenta la eficiencia de aplicación del riego a nivel de chacra. En todo el valle, el sistema de riego más difundido es el riego por gravedad, ocupando casi la totalidad del área. De todas formas se observa un incipiente desarrollo de algunas pocas hectáreas con riego por goteo para caña y en menor medida para tabaco, como así también para algunas actividades como vivero y hortícola.

#### 8.3.2 Tabaco

Como resultado de la modelación de la demanda de agua para el tabaco se asumieron las condiciones de demanda de agua neta para las fechas de trasplante del cultivo señaladas anteriormente. Como demanda neta en el presente anexo, se hace referencia al requerimiento de agua del cultivo sin tener en cuenta la eficiencia de conducción ni aplicación de toda la infraestructura de riego que permita dotar de agua al cultivo. A continuación se presentan los resultados para cada una.

Tabaco: 10 de agosto							
Mes	Decada	Etapa	Kc coef	ETc mm/día	ETc mm/dec	Prec, efec mm/dec	Req,Riego mm/dec
Ago		1 Inic	0,47	1,11	1,1	0,1	1,1
Ago		2 Des	0,47	1,25	12,5	1	11,5
Ago		3 Des	0,51	1,52	16,7	1,1	15,6
Sep		1 Des	0,58	1,89	18,9	0,7	18,2
Sep		2 Des	0,64	2,28	22,8	0,5	22,3
Sep		3 Med	0,68	2,69	26,9	2,8	24,1
Oct		1 Med	0,68	3	30	5,2	24,8
Oct		2 Med	0,68	3,28	32,8	7,2	25,6
Oct		3 Med	0,68	3,27	35,9	9,8	26,1
Nov		1 Med	0,68	3,23	32,3	12,1	20,2
Nov		2 Med	0,68	3,24	32,4	14,5	18
Nov		3 Fin	0,65	3,05	30,5	18,7	11,7
Dic		1 Fin	0,56	2,59	25,9	23,4	2,5
Dic		2 Fin	0,47	2,14	21,4	27,6	0
Dic		3 Fin	0,37	1,68	18,4	30,9	0
Ene		1 Fin	0,3	1,31	7,8	21,1	0
<b>Total</b>					<b>366,3</b>	<b>176,7</b>	<b>221,6</b>

Tabla 7-6: Demanda de Tabaco. Agosto

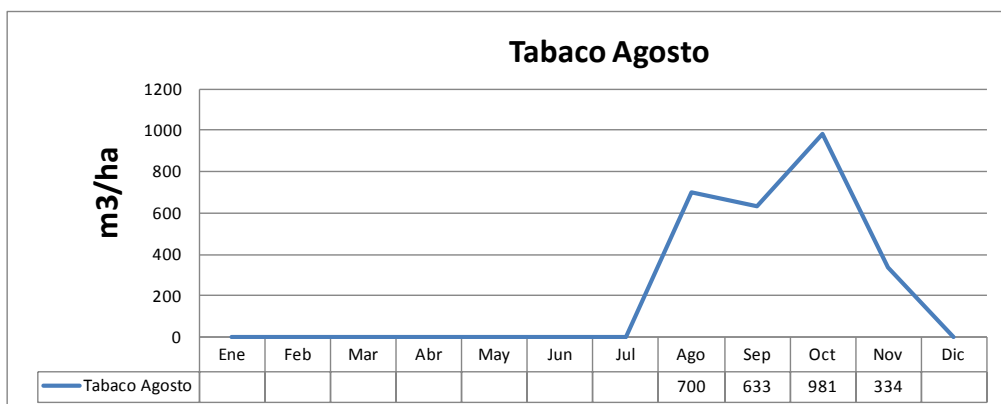


Gráfico 7-1: Curva de Demanda Neta de Agua de Tabaco. Agosto

Tabaco: 20 septiembre							
Mes	Decada	Etapa	Kc coef	ETc mm/día	ETc mm/dec	Prec, efec mm/dec	Req,Riego mm/dec
Sep		2 Inic	0,47	1,69	1,7	0,1	1,7
Sep		3 Des	0,47	1,86	18,6	2,8	15,8
Oct		1 Des	0,51	2,23	22,3	5,2	17,1
Oct		2 Des	0,56	2,71	27,1	7,2	19,9
Oct		3 Des	0,62	2,98	32,8	9,8	23
Nov		1 Med	0,67	3,16	31,6	12,1	19,5
Nov		2 Med	0,67	3,18	31,8	14,5	17,3
Nov		3 Med	0,67	3,13	31,3	18,7	12,6
Dic		1 Med	0,67	3,09	30,9	23,4	7,5
Dic		2 Med	0,67	3,05	30,5	27,6	2,9
Dic		3 Med	0,67	3	33	30,9	2,1
Ene		1 Fin	0,64	2,81	28,1	35,2	0
Ene		2 Fin	0,55	2,38	23,8	39,1	0
Ene		3 Fin	0,45	1,94	21,4	38	0
Feb		1 Fin	0,36	1,52	15,2	36,7	0
Feb		2 Fin	0,29	1,2	7,2	21,8	0
<b>Total</b>					<b>387,3</b>	<b>323,1</b>	<b>139,4</b>

Tabla 7-7: Demanda de Tabaco Septiembre

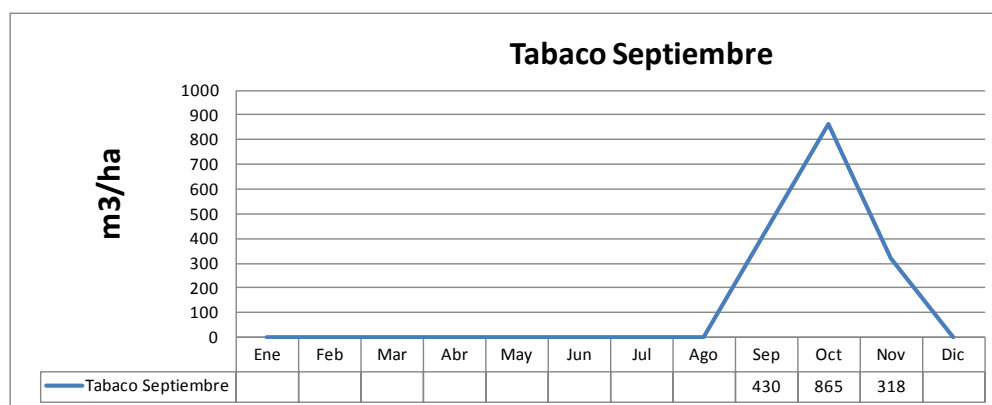


Gráfico 7-2: Curva de Demanda Neta de Agua de Tabaco. Septiembre

Tabaco: 1 de octubre							
Mes	Decada	Etapa	Kc coef	ETc mm/día	ETc mm/dec	Prec, efec mm/dec	Req,Riego mm/dec
Oct		1 Inic	0,47	2,07	20,7	5,2	15,5
Oct		2 Des	0,5	2,41	24,1	7,2	16,9
Oct		3 Des	0,56	2,68	29,5	9,8	19,6
Nov		1 Des	0,62	2,93	29,3	12,1	17,2
Nov		2 Med	0,66	3,15	31,5	14,5	17
Nov		3 Med	0,66	3,12	31,2	18,7	12,4
Dic		1 Med	0,66	3,07	30,7	23,4	7,4
Dic		2 Med	0,66	3,03	30,3	27,6	2,7
Dic		3 Med	0,66	2,98	32,8	30,9	1,9
Ene		1 Med	0,66	2,94	29,4	35,2	0
Ene		2 Fin	0,64	2,78	27,8	39,1	0
Ene		3 Fin	0,55	2,35	25,9	38	0
Feb		1 Fin	0,46	1,92	19,2	36,7	0
Feb		2 Fin	0,37	1,52	15,2	36,3	0
Feb		3 Fin	0,29	1,13	7,9	29,7	0
<b>Total</b>					<b>385,5</b>	<b>364,4</b>	<b>110,6</b>

Tabla 7-8: Demanda de Tabaco Octubre

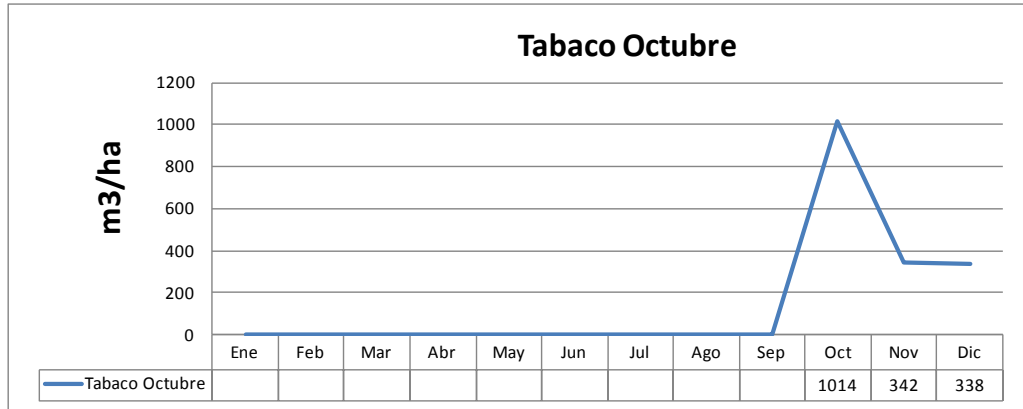


Gráfico 7-3: Curva de Demanda Neta de Agua de Tabaco. Octubre

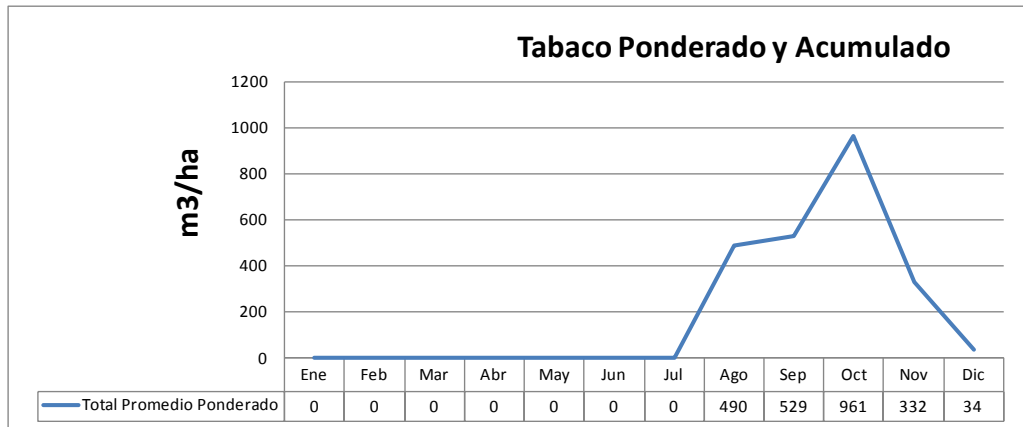


Gráfico 7-4: Curva de Demanda Neta de Agua de Tabaco. Total Promedio Ponderado

Total Tabaco	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
Tabaco 1 10 de Agosto 70%	0	0	0	0	0	0	0	700	633	981	334	0	2.648,0
Tabaco 2 20 de Septiembre 20%	0	0	0	0	0	0	0	0	430	865	318	0	1.613,0
Tabaco 3 1 de Octubre 10%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1014	342	338	1.694,0
<b>Total Ponderado Humedo</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>490</b>	<b>529</b>	<b>961</b>	<b>332</b>	<b>34</b>	<b>2.345,6</b>

Tabla 7-9: Resumen de la demanda neta de tabaco

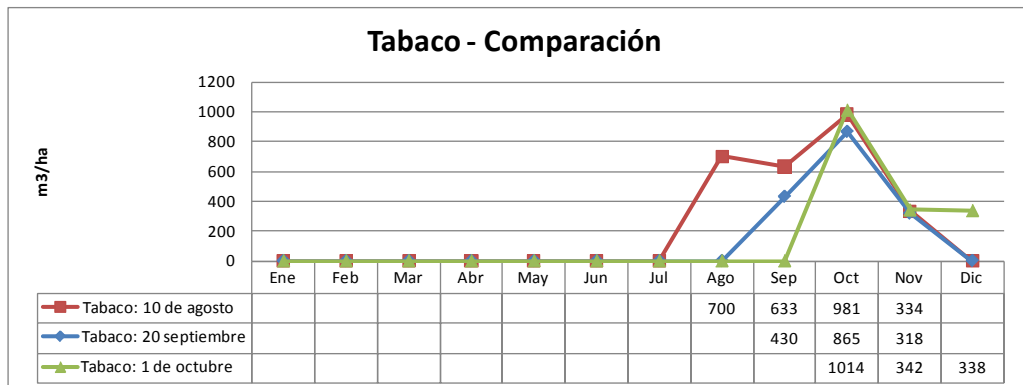


Gráfico 7-5: Curva de Demanda Neta de Agua de Tabaco. Comparación.



8.3.3

Caña de Azúcar

De igual forma se modeló la demanda neta de agua para el cultivo de caña para las fechas de inicio del cultivo y los supuestos señalados anteriormente.

A continuación se presentan los resultados

Mes	Decada	Etapa	Kc coef	ETc mm/día	ETc mm/dec	Prec, efec mm/dec	Req,Riego mm/dec
Jun		1 Inic	0.95	1.54	15.4	1.3	14.1
Jun		2 Inic	0.95	1.41	14.1	0.9	13.2
Jun		3 Inic	0.95	1.5	15	0.9	14.2
Jul		1 Inic	0.95	1.59	15.9	0.7	15.2
Jul		2 Inic	0.95	1.68	16.8	0.6	16.2
Jul		3 Inic	0.95	1.96	21.5	0.7	20.8
Ago		1 Inic	0.95	2.24	22.4	0.9	21.5
Ago		2 Inic	0.95	2.51	25.1	1	24.1
Ago		3 Des	0.95	2.81	30.9	1.1	29.8
Sep		1 Des	0.96	3.13	31.3	0.7	30.6
Sep		2 Des	0.96	3.45	34.5	0.5	34
Sep		3 Des	0.97	3.84	38.4	2.8	35.6
Oct		1 Des	0.98	4.3	43	5.2	37.7
Oct		2 Des	0.98	4.73	47.3	7.2	40.1
Oct		3 Des	0.99	4.75	52.2	9.8	42.4
Nov		1 Des	1	4.73	47.3	12.1	35.2
Nov		2 Des	1	4.78	47.8	14.5	33.4
Nov		3 Med	1.01	4.75	47.5	18.7	28.7
Dic		1 Med	1.01	4.69	46.9	23.4	23.5
Dic		2 Med	1.01	4.62	46.2	27.6	18.7
Dic		3 Med	1.01	4.55	50	30.9	19.2
Ene		1 Med	1.01	4.48	44.8	35.2	9.6
Ene		2 Med	1.01	4.4	44	39.1	4.9
Ene		3 Med	1.01	4.33	47.6	38	9.6
Feb		1 Med	1.01	4.25	42.5	36.7	5.9
Feb		2 Med	1.01	4.18	41.8	36.3	5.5
Feb		3 Fin	1.01	3.88	31.1	34	0
Mar		1 Fin	0.98	3.5	35	32.6	2.4
Mar		2 Fin	0.95	3.11	31.1	31	0.1
Mar		3 Fin	0.91	2.72	29.9	24.3	5.7
Abr		1 Fin	0.88	2.35	23.5	16	7.5
Abr		2 Fin	0.84	2.01	20.1	9.4	10.7
Abr		3 Fin	0.81	1.79	17.9	6.9	11
May		1 Fin	0.78	1.59	15.9	4.2	11.7
May		2 Fin	0.74	1.4	14	0.9	13.1
May		3 Fin	0.72	1.25	7.5	0.5	7.1
				<b>114.8</b>	<b>1156.2</b>	<b>506.6</b>	<b>653</b>

Tabla 7-10: Caña de Azúcar. Junio

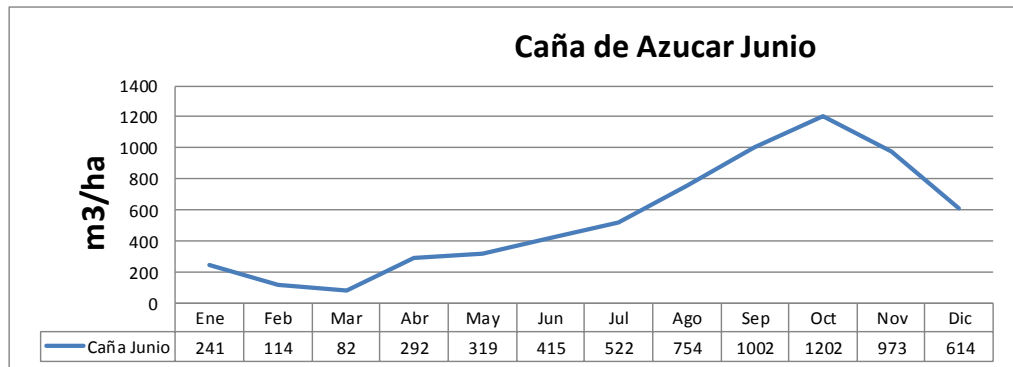


Gráfico 7-6: Curva de Demanda Neta de Agua de Azúcar. Junio

Mes	Decada	Etapa	Kc coef	ETc mm/día	ETc mm/dec	Prec. efec mm/dec	Req.Riego mm/dec
Jul		1 Inic	0,95	1,59	15,9	0,7	15,2
Jul		2 Inic	0,95	1,68	16,8	0,6	16,2
Jul		3 Inic	0,95	1,96	21,5	0,7	20,8
Ago		1 Inic	0,95	2,24	22,4	0,9	21,5
Ago		2 Inic	0,95	2,51	25,1	1	24,1
Ago		3 Inic	0,95	2,81	30,9	1,1	29,8
Sep		1 Inic	0,95	3,11	31,1	0,7	30,4
Sep		2 Inic	0,95	3,41	34,1	0,5	33,6
Sep		3 Des	0,95	3,76	37,6	2,8	34,8
Oct		1 Des	0,95	4,2	42	5,2	36,8
Oct		2 Des	0,96	4,62	46,2	7,2	39
Oct		3 Des	0,97	4,64	51,1	9,8	41,2
Nov		1 Des	0,98	4,63	46,3	12,1	34,2
Nov		2 Des	0,98	4,68	46,8	14,5	32,3
Nov		3 Des	0,99	4,64	46,4	18,7	27,7
Dic		1 Des	1	4,61	46,1	23,4	22,7
Dic		2 Des	1	4,57	45,7	27,6	18,2
Dic		3 Med	1,01	4,53	49,8	30,9	19
Ene		1 Med	1,01	4,46	44,6	35,2	9,4
Ene		2 Med	1,01	4,39	43,9	39,1	4,8
Ene		3 Med	1,01	4,32	47,5	38	9,5
Feb		1 Med	1,01	4,24	42,4	36,7	5,7
Feb		2 Med	1,01	4,17	41,7	36,3	5,4
Feb		3 Med	1,01	3,88	31	34	0
Mar		1 Med	1,01	3,59	35,9	32,6	3,4
Mar		2 Med	1,01	3,31	33,1	31	2,1
Mar		3 Fin	1,01	3	33	24,3	8,7
Abr		1 Fin	0,98	2,62	26,2	16	10,1
Abr		2 Fin	0,94	2,24	22,4	9,4	13,1
Abr		3 Fin	0,91	2,02	20,2	6,9	13,3
May		1 Fin	0,88	1,8	18	4,2	13,8
May		2 Fin	0,84	1,59	15,9	0,9	15
May		3 Fin	0,81	1,42	15,6	1	14,6
Jun		1 Fin	0,77	1,25	12,5	1,3	11,2
Jun		2 Fin	0,74	1,1	11	0,9	10,1
Jun		3 Fin	0,72	1,13	5,7	0,4	5,2
<b>Total</b>					<b>1156,4</b>	<b>506,6</b>	<b>652,9</b>

Tabla 7-11: Caña de Azúcar. Julio

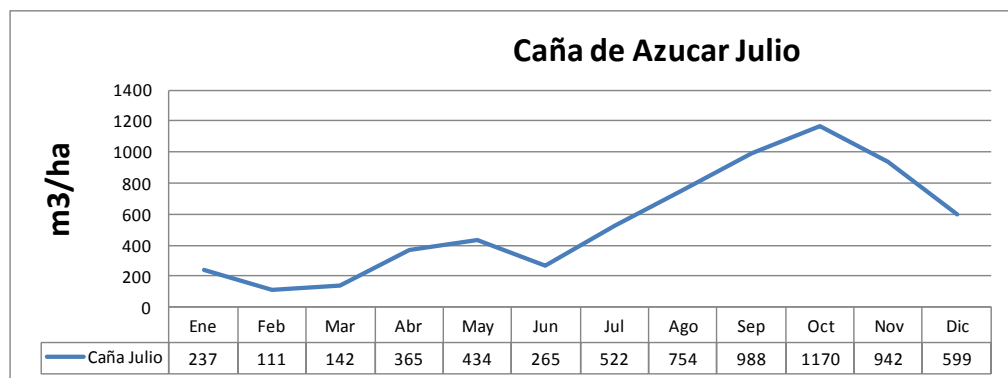


Gráfico 7-7: Curva de Demanda Neta de Agua de Julio.

Mes	Decada	Etapa	Kc coef	ETc mm/día	ETc mm/dec	Prec. efec mm/dec	Req.Riego mm/dec
Ago		1 Inic	0,95	2,24	22,4	0,9	21,5
Ago		2 Inic	0,95	2,51	25,1	1	24,1
Ago		3 Inic	0,95	2,81	30,9	1,1	29,8
Sep		1 Inic	0,95	3,11	31,1	0,7	30,4
Sep		2 Inic	0,95	3,41	34,1	0,5	33,6
Sep		3 Inic	0,95	3,76	37,6	2,8	34,8
Oct		1 Inic	0,95	4,18	41,8	5,2	36,6
Oct		2 Inic	0,95	4,57	45,7	7,2	38,5
Oct		3 Des	0,95	4,55	50,1	9,8	40,3
Nov		1 Des	0,95	4,53	45,3	12,1	33,2
Nov		2 Des	0,96	4,58	45,8	14,5	31,3
Nov		3 Des	0,97	4,54	45,4	18,7	26,7
Dic		1 Des	0,97	4,51	45,1	23,4	21,7
Dic		2 Des	0,98	4,48	44,8	27,6	17,2
Dic		3 Des	0,99	4,44	48,8	30,9	17,9
Ene		1 Des	0,99	4,39	43,9	35,2	8,8
Ene		2 Des	1	4,35	43,5	39,1	4,4
Ene		3 Med	1,01	4,3	47,3	38	9,4
Feb		1 Med	1,01	4,23	42,3	36,7	5,7
Feb		2 Med	1,01	4,16	41,6	36,3	5,3
Feb		3 Med	1,01	3,87	31	34	0
Mar		1 Med	1,01	3,59	35,9	32,6	3,3
Mar		2 Med	1,01	3,3	33	31	2
Mar		3 Med	1,01	3	33	24,3	8,7
Abr		1 Med	1,01	2,7	27	16	11
Abr		2 Med	1,01	2,4	24	9,4	14,6
Abr		3 Fin	1,01	2,23	22,3	6,9	15,4
May		1 Fin	0,98	2,01	20,1	4,2	15,9
May		2 Fin	0,95	1,79	17,9	0,9	16,9
May		3 Fin	0,91	1,6	17,6	1	16,7
Jun		1 Fin	0,88	1,42	14,2	1,3	12,9
Jun		2 Fin	0,85	1,26	12,6	0,9	11,6
Jun		3 Fin	0,81	1,29	12,9	0,9	12
Jul		1 Fin	0,78	1,31	13,1	0,7	12,3
Jul		2 Fin	0,75	1,32	13,2	0,6	12,6
Jul		3 Fin	0,72	1,49	8,9	0,4	8,6
<b>Total</b>				<b>114,23</b>	<b>1149,3</b>	<b>506,8</b>	<b>645,7</b>

Tabla 7-12: Caña de Azúcar. Agosto

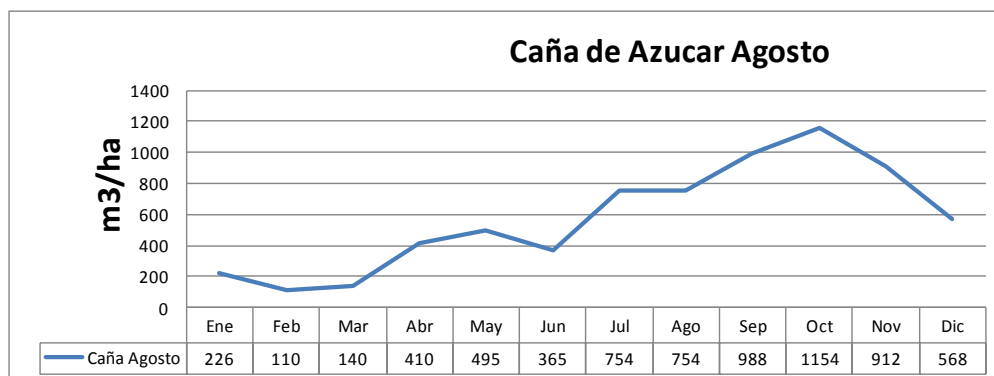


Gráfico 7-8: Curva de Demanda Neta de Agua de Agosto.

Mes	Decada	Etapa	Kc coef	ETc mm/día	ETc mm/dec	Prec. efec mm/dec	Req.Riego mm/dec
Sep		1 Inic	0,95	3,11	31,1	0,7	30,4
Sep		2 Inic	0,95	3,41	34,1	0,5	33,6
Sep		3 Inic	0,95	3,76	37,6	2,8	34,8
Oct		1 Inic	0,95	4,18	41,8	5,2	36,6
Oct		2 Inic	0,95	4,57	45,7	7,2	38,5
Oct		3 Inic	0,95	4,55	50,1	9,8	40,3
Nov		1 Inic	0,95	4,51	45,1	12,1	33
Nov		2 Inic	0,95	4,52	45,2	14,5	30,8
Nov		3 Des	0,95	4,46	44,6	18,7	25,9
Dic		1 Des	0,95	4,42	44,2	23,4	20,8
Dic		2 Des	0,96	4,38	43,8	27,6	16,3
Dic		3 Des	0,97	4,34	47,8	30,9	16,9
Ene		1 Des	0,97	4,3	43	35,2	7,9
Ene		2 Des	0,98	4,26	42,6	39,1	3,5
Ene		3 Des	0,99	4,22	46,4	38	8,4
Feb		1 Des	0,99	4,17	41,7	36,7	5,1
Feb		2 Des	1	4,12	41,2	36,3	5
Feb		3 Med	1,01	3,86	30,9	34	0
Mar		1 Med	1,01	3,59	35,9	32,6	3,3
Mar		2 Med	1,01	3,3	33	31	2
Mar		3 Med	1,01	3	33	24,3	8,7
Abr		1 Med	1,01	2,7	27	16	10,9
Abr		2 Med	1,01	2,39	23,9	9,4	14,6
Abr		3 Med	1,01	2,23	22,3	6,9	15,4
May		1 Med	1,01	2,06	20,6	4,2	16,4
May		2 Med	1,01	1,9	19	0,9	18,1
May		3 Fin	1,01	1,76	19,4	1	18,4
Jun		1 Fin	0,98	1,59	15,9	1,3	14,6
Jun		2 Fin	0,95	1,41	14,1	0,9	13,2
Jun		3 Fin	0,92	1,45	14,5	0,9	13,6
Jul		1 Fin	0,89	1,48	14,8	0,7	14,1
Jul		2 Fin	0,85	1,51	15,1	0,6	14,5
Jul		3 Fin	0,82	1,69	18,6	0,7	17,9
Ago		1 Fin	0,79	1,85	18,5	0,9	17,6
Ago		2 Fin	0,76	2	20	1	19
Ago		3 Fin	0,73	2,16	13	0,6	12,4
<b>Total</b>				<b>113,21</b>	<b>1135,5</b>	<b>506,6</b>	<b>632,5</b>

Tabla 7-13: Caña de Azúcar Septiembre

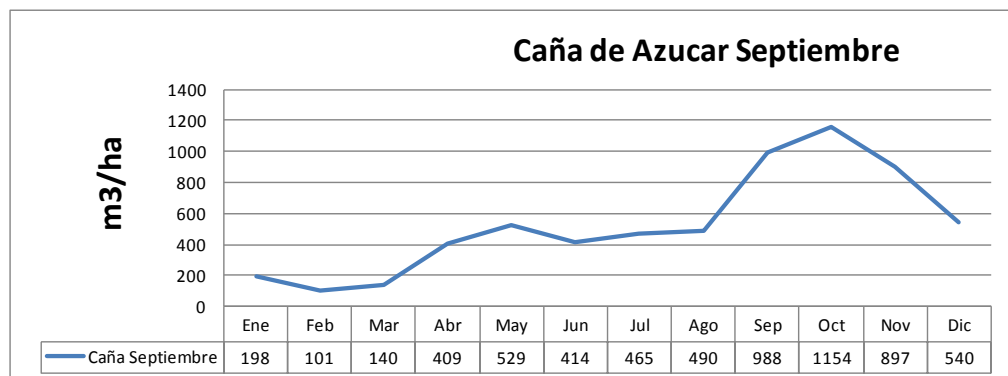


Gráfico 7-9: Curva de Demanda Neta de Agua de Septiembre.

Mes	Decada	Etapa	Kc coef	ETc mm/día	ETc mm/dec	Prec. efec mm/dec	Req.Riego mm/dec
Oct		1 Inic	0,95	4,18	41,8	5,2	36,6
Oct		2 Inic	0,95	4,57	45,7	7,2	38,5
Oct		3 Inic	0,95	4,55	50,1	9,8	40,3
Nov		1 Inic	0,95	4,51	45,1	12,1	33
Nov		2 Inic	0,95	4,52	45,2	14,5	30,8
Nov		3 Inic	0,95	4,46	44,6	18,7	25,9
Dic		1 Inic	0,95	4,4	44	23,4	20,6
Dic		2 Inic	0,95	4,33	43,3	27,6	15,8
Dic		3 Des	0,95	4,27	46,9	30,9	16,1
Ene		1 Des	0,95	4,22	42,2	35,2	7
Ene		2 Des	0,96	4,18	41,8	39,1	2,7
Ene		3 Des	0,97	4,14	45,5	38	7,5
Feb		1 Des	0,97	4,09	40,9	36,7	4,3
Feb		2 Des	0,98	4,05	40,5	36,3	4,2
Feb		3 Des	0,99	3,79	30,3	34	0
Mar		1 Des	0,99	3,54	35,4	32,6	2,8
Mar		2 Des	1	3,28	32,8	31	1,7
Mar		3 Med	1,01	3	32,9	24,3	8,7
Abr		1 Med	1,01	2,7	27	16	11
Abr		2 Med	1,01	2,4	24	9,4	14,6
Abr		3 Med	1,01	2,23	22,3	6,9	15,4
May		1 Med	1,01	2,07	20,7	4,2	16,5
May		2 Med	1,01	1,9	19	0,9	18,1
May		3 Med	1,01	1,77	19,4	1	18,5
Jun		1 Med	1,01	1,63	16,3	1,3	15
Jun		2 Med	1,01	1,5	15	0,9	14
Jun		3 Fin	1,01	1,59	15,9	0,9	15,1
Jul		1 Fin	0,98	1,65	16,5	0,7	15,7
Jul		2 Fin	0,95	1,68	16,8	0,6	16,2
Jul		3 Fin	0,92	1,9	20,9	0,7	20,1
Ago		1 Fin	0,89	2,09	20,9	0,9	20
Ago		2 Fin	0,86	2,27	22,7	1	21,7
Ago		3 Fin	0,82	2,44	26,9	1,1	25,8
Sep		1 Fin	0,79	2,6	26	0,7	25,3
Sep		2 Fin	0,76	2,74	27,4	0,5	26,8
Sep		3 Fin	0,74	2,93	14,6	1,4	13,2
<b>Total</b>					<b>1121,3</b>	<b>505,7</b>	<b>619,5</b>

Tabla 7-14: Caña de azúcar. Octubre

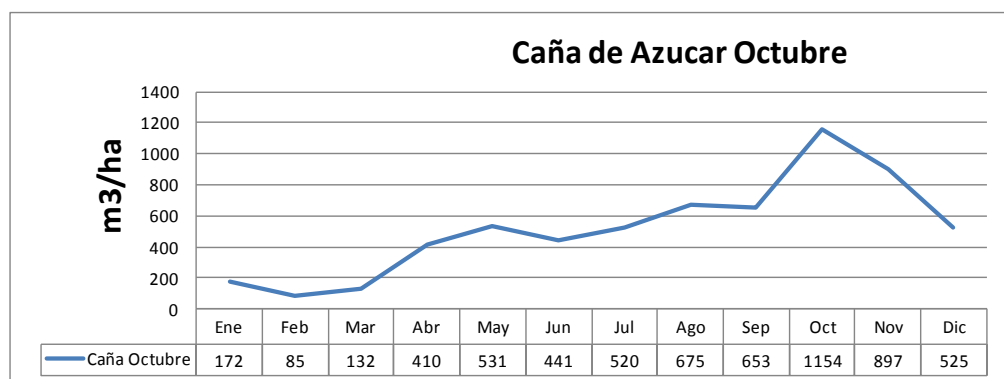


Gráfico 7-10: Curva de Demanda Neta de Agua de Octubre.

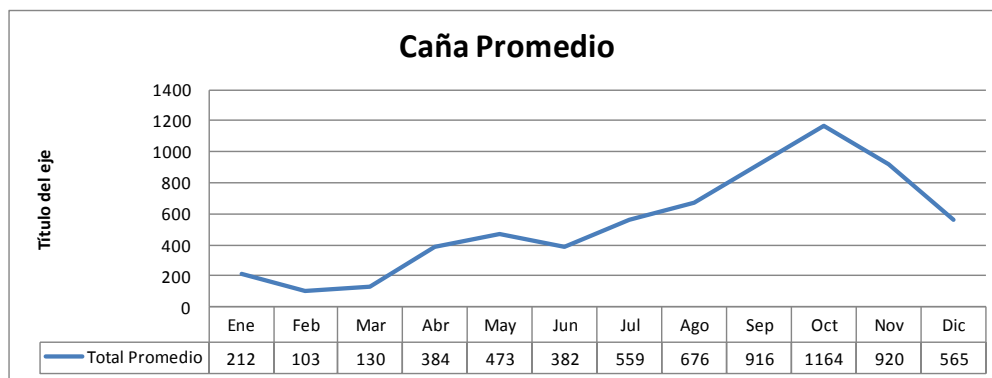


Gráfico 7-11: Caña de Azúcar. Promedio

Comparando la demanda neta del cultivo para las distintas fechas de inicio (sin suponer la eficiencia de riego) se obtiene los siguientes gráficos comparativos.

Total Caña de Azucar	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
Caña de Azucar Junio	241	114	82	292	319	415	522	754	1002	1202	973	614	6.530,0
Caña de Azucar Julio	237	111	142	365	434	265	522	754	988	1170	942	599	6.529,0
Caña de Azucar Agosto	226	110	140	410	495	365	754	754	988	1154	912	568	6.876,0
Caña de Azucar Septiembre	198	101	140	409	529	414	465	490	988	1154	897	540	6.325,0
Caña de Azucar Octubre	172	85	132	410	531	441	520	675	653	1154	897	525	6.195,0
Total Promedio	212	103	130	384	473	382	559	676	916	1164	920	565	6.455,5

Tabla 7-15: Tabla promedio demanda neta caña de azúcar

En el gráfico que se presenta a continuación se puede observar la comparación de la demanda neta de agua para cada uno de los meses de inicio del cultivo.

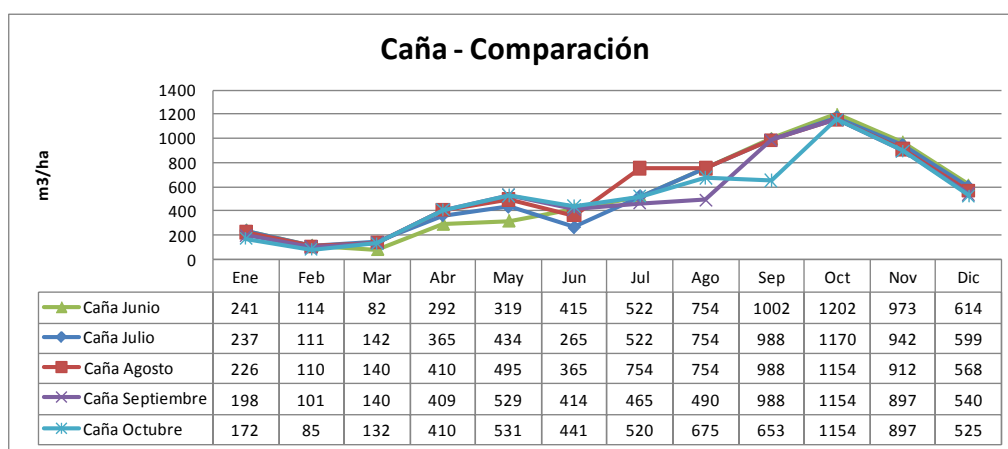


Gráfico 7-12: Demanda Neta Caña de Azúcar. Comparación.

### 8.3.4 Horticultura

#### 8.3.4.1 Tomate

Se analizó un cultivo hortícola de invierno y otro de primavera, ambos a campo como proxy para estimar la demanda de agua de la horticultura.

Para el caso del tomate se obtuvieron los siguientes resultados.

Mes	Decada	Etapa	Kc coef	ETc mm/día	ETc mm/dec	Prec, efec mm/dec	Req,Riego mm/dec
Mar		1 Inic	0,6	2,14	21,4	32,6	0
Mar		2 Inic	0,6	1,97	19,7	31	0
Mar		3 Des	0,6	1,79	19,7	24,3	0
Abr		1 Des	0,67	1,78	17,8	16	1,8
Abr		2 Des	0,77	1,82	18,2	9,4	8,8
Abr		3 Des	0,87	1,92	19,2	6,9	12,3
May		1 Med	0,97	1,98	19,8	4,2	15,6
May		2 Med	1	1,89	18,9	0,9	18
May		3 Med	1	1,76	19,3	1	18,4
Jun		1 Med	1	1,62	16,2	1,3	14,9
Jun		2 Med	1	1,49	14,9	0,9	13,9
Jun		3 Fin	0,97	1,53	15,3	0,9	14,5
Jul		1 Fin	0,86	1,44	14,4	0,7	13,6
Jul		2 Fin	0,74	1,32	13,2	0,6	12,6
Jul		3 Fin	0,67	1,38	4,1	0,2	3,8
<b>Total</b>					<b>252,10</b>	<b>130,90</b>	<b>148,20</b>

Tabla 7-16: Demanda del Cultivo de tomate

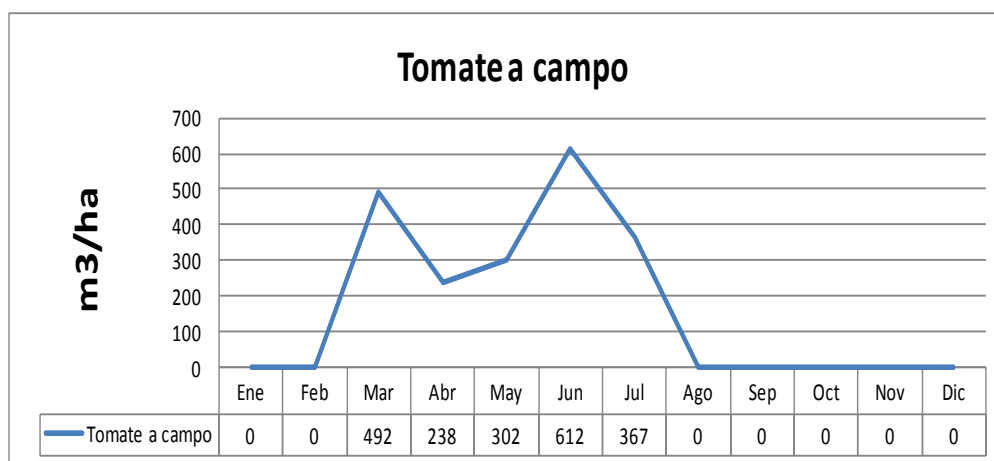


Gráfico 7-13: Curva de demanda neta de agua del cultivo de Tomate

#### 8.3.4.2 Choclo

Para el caso del choclo a campo se supuso una fecha de siembra para el 15 de septiembre y se obtuvieron los siguientes resultados.

Fecha	Día	Etapa	Lam.Br. mm	Caudal l/s/ha
15-sep		1 Ini	33	3,82
29-sep		15 Ini	23,8	0,2
15-oct		31 Des	32,4	0,23
28-oct		44 Des	37,4	0,33
08-nov		55 Des	41,3	0,43
20-nov		67 Med	41,3	0,4
06-dic		83 Med	41,4	0,3
17-ene	Fin	Fin		
<b>Total</b>			<b>250,6</b>	

Tabla 7-17: Estimación de la demanda de agua del cultivo de Choclo

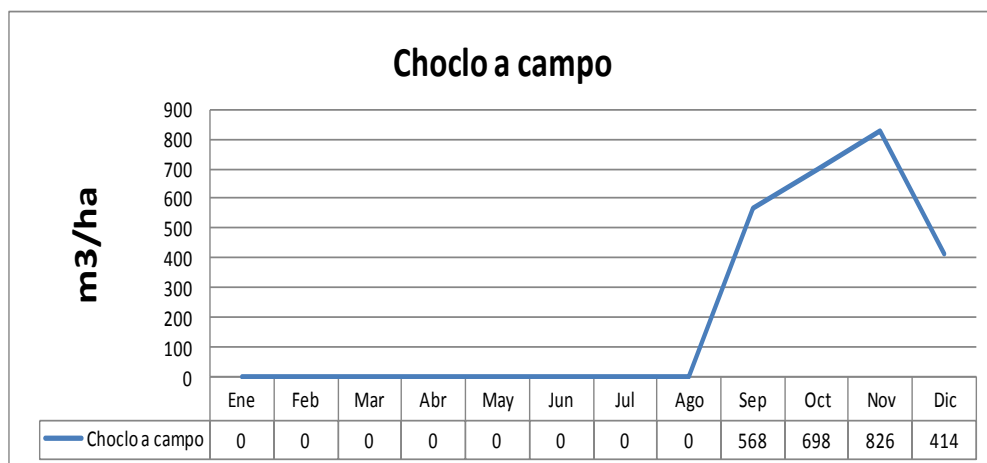


Gráfico 7-14: Curva de demanda neta de agua del cultivo de Choclo

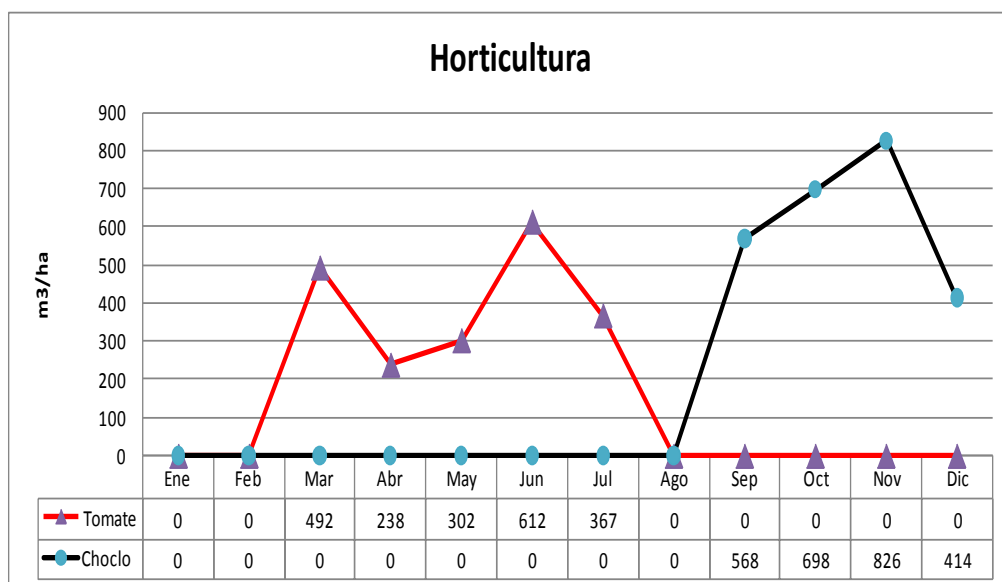


Gráfico 7-15: Curva de demanda de agua de Horticultura

Para el caso de la horticultura en el balance hídrico se utilizan estos dos cultivos como proxy multiplicados por las hectáreas relevadas, y como valor de stock anual de agua se calcula como un promedio ponderado por la superficie que totalizan 2.122 m<sup>3</sup>/ha año de demanda neta anual.

#### 8.4. Consideraciones sobre la demanda de agua

Los valores modelados fueron chequeados con informantes calificados, e información similar elaborada por instituciones de la región. Los resultados obtenidos son orientativos para condiciones promedio y permitieron evaluar el balance de agua en el área de estudio como así también la curva inversa de demanda de agua.



## 8.5. Estimación de la oferta de agua

La fuente de información sobre la oferta de agua fue obtenida del trabajo “Plan de Gestión del sistema de riego del canal Intervalles y obras complementarias” (BID 2012), a partir del cual se obtuvo gran parte de la información recopilada para el desarrollo del presente trabajo.

## 8.6. Balance de Agua de Riego para el Valle de Pericos.

### 8.6.1 Introducción

A partir de la información calculada sobre la demanda neta de los cultivos, se estimó la demanda neta agregada de los cultivos con el objeto de hacer un balance entre la oferta de agua registrada que fue entregada en el periodo 2006/2010, y la demanda agregada de los cultivos que se realizan en el valle, calculada a partir de la modelación en base a la información sobre la demanda unitaria de cada cultivo y el uso del suelo estimado.

### 8.6.2 Balance de Agua de Riego

Para la obtención del balance, se determinó la demanda bruta de agua para cada cultivo en m<sup>3</sup>/ha, y se multiplico por la superficie destinada a dicho cultivo en el Valle de Perico, incluido la zona de Manantiales. Se realizó la transformación a Hm<sup>3</sup>/ha y posteriormente se cotejó con la oferta hídrica a partir de la información suministrada por el Ing. Jose M. Cornejo (BID 2012), a partir de la información recabada en la región de los registros de caudales medios y volúmenes medios mensuales entre los años 2006/2010. A continuación se presentan los resultados.

	Tabaco	Caña	Hort. (Tomate)	Hort. (Choclo)	Total D	Total O	Balance
Meses	Hm3	Hm3	Hm3	Hm3	Hm3	Hm3	Hm3
Ene	-	2,66	-	-	2,66	16,20	13,54
Feb	-	1,28	-	-	1,28	10,90	9,62
Mar	-	1,16	-	-	1,16	9,60	8,44
Abr	-	3,86	1,54	-	5,40	10,90	5,50
May	-	4,51	3,50	-	8,01	15,70	7,69
Jun	-	4,93	2,91	-	7,84	15,50	7,66
Jul	-	6,02	2,02	-	8,04	16,40	8,36
Ago	17,24	8,18	-	-	25,42	19,00	-6,42
Sep	18,62	11,38	-	1,11	31,10	23,90	-7,20
Oct	33,82	14,01	-	1,36	49,19	27,60	-21,59
Nov	11,67	11,21	-	1,61	24,49	26,50	2,01
Dic	1,19	6,97	-	0,81	8,96	19,30	10,34
Total	82,53	76,17	9,97	4,88	173,55	211,50	37,95

Tabla 7-18: Balance de Agua para el Valle de Pericos

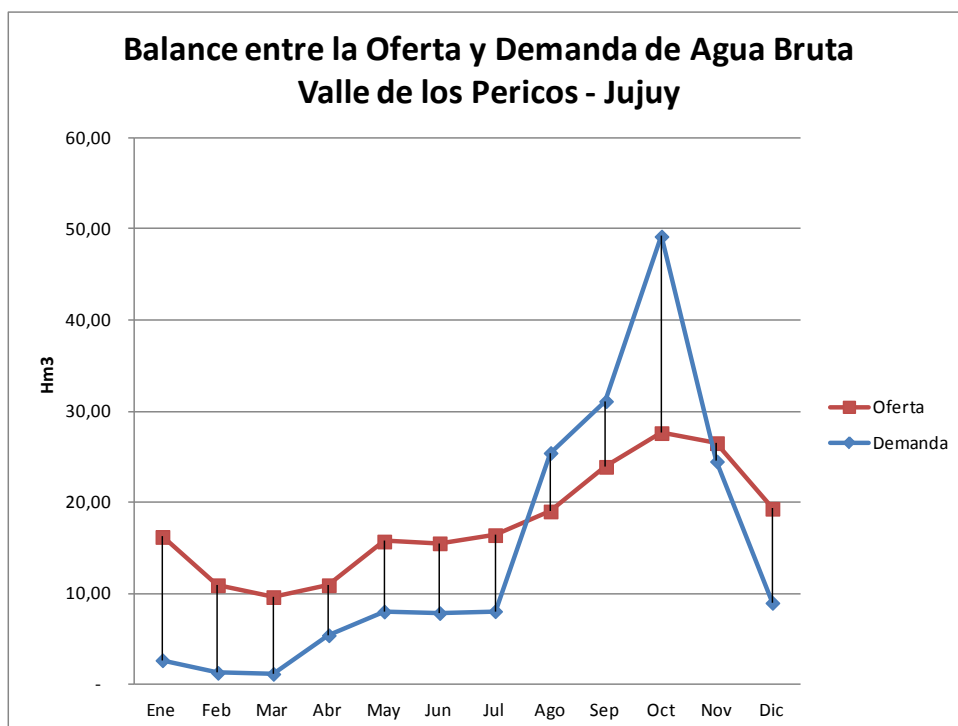


Gráfico 7-16: Balance a partir de estimación de Demanda Bruta

Se observa un déficit marcado en el mes de octubre, y luego un déficit moderado en mayo, agosto y septiembre.

Si se realiza un balance anual se observa que hay un excedente de alrededor de 38 Hm<sup>3</sup> por año. Este excedente se debería, según se pudo recabar en las reuniones mantenidas, a la falta de seguridad de la presa lo que impediría un manejo adecuado por imposibilidad de un mayor almacenaje de agua.

También es importante destacar que existe una central hidroeléctrica, por lo que dicha distribución de caudales se estima que también está regulada por la estrategia de generación de energía hidroeléctrica.

### 8.6.3 Consideraciones desde el punto de vista de la reasignación física y temporal del recurso.

Como fue señalado anteriormente, las variables “controlables” que determinan el uso agropecuario del agua en el área de proyecto están dadas por:

- ✓ Las pautas que definen la distribución de caudales erogados por el sistema regulado a lo largo del año,
- ✓ los tipos de sistemas de producción que definen la asignación del uso del suelo para los distintos cultivos y consecuentemente la demanda de agua,
- ✓ las eficiencias de conducción y aplicación de los sistemas de irrigación,
- ✓ las variables físicas y económicas claves que determinan el resultado de los modelos productivos,
- ✓ la gestión organizacional e institucional del sistema, particularmente en el presente informe, lo referente al consorcio de riego.

Como primera consideración es importante señalar que, como medida prioritaria de manejo, se deberá definir la forma de erogación del sistema de agua regulada que permita cubrir los períodos de mayor demanda de agua por parte de los cultivos, contemplando e incorporando el incremental de superficie que surgirá una vez construido el canal Intervalles. Para ello se deberá priorizar los usos establecidos en la

legislación, sin resignar las pautas de manejo que permitan cumplir con los objetivos para el cual fue concebido el sistema. Asimismo se deberían estudiar las restricciones de operación del sistema y las fluctuaciones climáticas para cubrir dicha demanda.

Por otra parte, para equilibrar el modelo teórico entre la demanda proyectada con la oferta disponible de 230 Hm<sup>3</sup>, implica llevar el sistema a una eficiencia global del 80% en ambos valles. Los valores calculados se presentan a continuación:

<b>Eficiencia Global</b>		<b>80%</b>			
<b>Valle Pericos</b>					
	Hectáreas actuales	Demanda Bruta de Riego m3/ha año	Demanda bruta total Hm3/año	Oferta anual Hm3/año	Saldo anual
Caña de azucar	5.900	8.087	47,71	230	
Tabaco	17.592	2.938	51,68		
Horticultura (tomate)	3.365	1.857	6,25		
Horticultura (choclo)	973	3.140	3,05		
<b>Total</b>	<b>27.830</b>		<b>108,70</b>		<b>121,30</b>
<b>Valle San Pedro</b>					
	Hectáreas proyectadas	Demanda Bruta de Riego m3/ha año	Demanda bruta total Hm3/año		
Canal Intervalles					
Caña de Azucar para San Pedro	<b>15.000</b>	8.087	121,30	121,30	
<b>Saldo Anual Ambos Valles en Hm3</b>					<b>-0</b>

Tabla 7-19: Cálculo de la oferta y demanda proyectada. Elaboración propia

En la tabla se observa que para lograr cubrir las 15.000 hectáreas incrementales (Valle de San Pedro) se debe considerar los mismos niveles de eficiencia que la zona cedente, independientemente de formar parte del financiamiento otorgado por el fondo calculado a tal fin.

## **9. ANEXO 2: DETERMINACIÓN DEL VALOR ECONOMICO DEL AGUA.**

### **9.1. Introducción**

Para determinar el valor económico del agua se adoptó el modelo metodológico planteado por (Amir and Fisher 1999), tal como fue detallado en el marco metodológico del trabajo de investigación. En dicho trabajo se plantea un modelo de producción agrícola donde se asignan diferentes cantidades y calidades de agua bajo un modelo de optimización lineal. La solución de este modelo provee una óptima asignación de las cantidades de agua para los cultivos que maximiza el margen bruto total de la región en estudio bajo distintos precios del agua.

Para desarrollar el presente modelo fue necesario calcular los distintos márgenes brutos de las actividades que se desarrollan en el valle, como también determinar el consumo de agua demandado por cada cultivo, lo cual ya fue descrito anteriormente. La información fue sintetizada a partir del trabajo “Plan de Gestión del sistema de riego del canal Intervalles y obras complementarias” (BID 2012), desarrollada en parte por el autor del presente trabajo de investigación y tomada de las fuentes citadas en estos anexos.

### **9.2. Márgenes brutos de los cultivos**

A partir de los datos y modelos de márgenes brutos provistos por el experto agrónomo, se presentan los márgenes brutos medios de las principales actividades que se desarrollan bajo riego en el área de estudio con el objeto de estimar el precio del agua. De igual forma se obtuvo el margen bruto de una actividad de secano como referencia.

Como fue señalado anteriormente, el tabaco es la actividad que mayor cobertura tiene en el Valle de Pericos, seguida por la caña de azúcar y la horticultura. Para este último cultivo se asumió el choclo como actividad de referencia, aunque también se desarrollan otras actividades hortícolas. Todos los márgenes brutos están expresados en pesos corrientes (AR\$) a octubre del 2011. Para el desarrollo de esta tarea se contó con la colaboración del Ing. Mario Gonzalez Diez.

#### **9.2.1 Margen Bruto de Tabaco.**

Para el margen bruto del tabaco se asumió un modelo tecnológico tipo el cual se presenta a continuación.

Etapas de Almacigo

A	Costos Almacigos	Unidad	Unidad/ha	\$/unidad	\$/ha	Subtotales	%
	A.1. Preparacion de suelo						
	Cincelar	Labor	0,1	350	35		
	Rastrear	Labor	0,2	150	30	65	
	A.2. Construccion y Manejo						
	Marcar y Preparar Cajones	hs	1	65	65		
	Aplicación de Vapam y Riego con tanque	hs	4	65	260	325	
	A.3. Mano de Obra						
	Tareas Generales de manejo y conduccion	Jornal	10	160	1600	1600	
	A.4. Insumos						
	Semilla de Tabajo Virginia	gr	6	8,52	51,12		
	Mantillo	bolsa	32	9	288		
	Metam Sodio (Vapam)	Litros	7,5	11,19	83,925		
	Furadan 35 (Carbofuran 35)	cc	120	0,102	12,24		
	Almacigol (Sulf. Neut. Oxi 98 PS)	gr	24	0,46	11,04		
	Mancozeb	kg	0,2	29,82	5,964		
	13-9-26	kg	6	4	24		
	Apron 35 (Metalaxi)	kg	0,018	362,1	6,5178		
	Plastico 50 micrones	m	90	1,2	108		
	Detergente 30%	lts	2	0,8	1,6	592,4068	
<b>Total A</b>	<b>Total Almacigo</b>				<b>2.582,41</b>	<b>2.582,41</b>	<b>8,9%</b>

Tabla 8-1: Margen Bruto de Tabaco – Etapa Almacigo

Etapa de Plantación y Cultivo.

B	Plantacion y Cultivo	Unidad	Unidad/ha	\$/unidad	\$/ha	Subtotales	%
	B.1. Preparacion del suelo						
	Arar	Labor	1	430	430		
	Cincelar	Labor	2	430	860		
	Rastrear	Labor	3	300	900		
	Marcar acequias	Labor	2	90	180		
	Rayar y surcar	Labor	1	200	200		
	Cultivar/ tapar con abono	Labor	1	200	200		
	Cultivar y aporcar	Labor	3	200	600	3370	
	B.2. Control de Plagas y Enfermedades						
	Pulverización	Jornal	3	160	480	480	
	B.3. Fletes Internos						
	Acarreo de Plantas	hs	2,5	65	162,5		
	Acarreo de Insumos	hs	2	65	130	292,5	
	B.4. Mano de Obra						
	Sacar plantas, acarreo y transplante manu	Jornal	8	160	1280		
	Riego	Jornal	12	160	1920		
	Fertilizacion	Jornal	3,5	160	560		
	Aplicación de Agroquimicos	Jornal	3	160	480		
	Azadoneo o Cultivo	Jornal	10	160	1600		
	Desflore y Desbrote	Jornal	6	160	960	6800	
	B.5. Insumos						
	Abono	kg	800	4	3200		
	Confidor (Imidacloprid)	lt	0,75	788,1	591,075		
	Doser (Clorpirifos C)	lt	1,8	93,72	168,696		
	Abamectina	lt	0,3	53,75	16,125		
	Orthene(Acefato)	kg	1,2	68,16	81,792		
	Dual Gold(Herbicida)	lt	1	55	55		
	Cebo Toxico	kg	24	1	24		
	Alcohol graso	galon	1,2	93,72	112,464		
	Prime Plus (Flumetralin)	litros	3,6	132,06	475,416	4724,568	
<b>Total B</b>	<b>Total Plantacion y Cultivo</b>				<b>15667,068</b>	<b>15667,068</b>	<b>53,8%</b>

Tabla 8-2: Margen Bruto de Tabaco – Etapa de Plantación y cultivo

Etapa de Cosecha y Curado y Total Costos.

C	Cosecha y Curado	Unidad	Unidad/ha	\$/unidad	\$/ha	Subtotales	%
	C.1. Fletes						
	Transporte de hoja	Hora	15	65	975		
	Transporte a acopio	global	1	500	500	1475	
	C.2. Mano de Obra						
	Cosecha por peine	Peine	432	6	2592		
	Estuero	Jornal	12	160	1920		
	Carga/descarga/estiba/acomodar peine	Peine	432	3	1296		
	Clasificado y Enfardado	Kg	2300	0,95	2185		
	Cargar y pesar	Jornal	1	160	160	8153	
	C.3. Insumos						
	Gas	m3	2520	0,28	705,6		
	Electricidad	Kw	1600	0,34	544	1249,6	
<b>Total C</b>	<b>Total Cosecha y Curado</b>				<b>10877,6</b>	<b>10877,6</b>	<b>37,3%</b>
	<b>Total Costos A+B+C</b>				<b>29.127,1</b>		

Tabla 8-3: Margen Bruto de Tabaco – Etapa de Cosecha y Curado

### Ingresos y Margen Bruto AR\$/ha

Ingresos	Kilos Tabaco	\$/ Kilo prom				
Por acopio	2300	9,06	20.838,00			
Por FET			15.640,00			
<b>Total</b>			<b>36.478,00</b>			
<b>Margen Bruto \$/ha</b>			<b>7.350,9</b>			

Tabla 8-4: Margen Bruto del Tabaco

### 9.2.2 Margen Bruto de Caña de Azúcar

Al ser la caña de azúcar un cultivo plurianual, su correcta evaluación debería realizarse a través de una evaluación de inversiones, pero dada la necesidad de compararlo con el resto de los cultivos anuales que se desarrollan en el valle, se prorratan los gastos al año y se estimó un margen bruto anual de caña. Se supone que el cultivo se desarrolla de 5 a 7 años.

Etapa de Implantación.

<b>A</b>	<b>Costos Implantacion</b>	<b>Unidad</b>	<b>Unidad/ha</b>	<b>\$/unidad</b>	<b>\$/ha</b>	<b>Subtotales</b>
	A.1. Preparacion del suelo					
	Subsolado	Uta	1,3	198,9	258,57	
	Cinzel	Uta	1	198,9	198,9	
	Rastra Pesada	Uta	0,85	198,9	169,065	
	Rastra Livana	Uta	0,75	198,9	149,175	775,71
	A.2. Sistematizacion - Mano de obra topografia					
	Capataz	Jornal	0,5	118,3	59,15	
	Ayudante	Jornal	0,5	97,24	48,62	107,77
	A.3. Sistematizacion - Mecanizacion					
	Rayado	UTA	0,7	198,9	139,23	
	Surcado	UTA	0,7	198,9	139,23	
	Calles	UTA	0,5	198,9	99,45	377,91
	A.4. Plantacion - Mano de Obra					
	Supervision	Jornales	0,1	118,3	11,83	
	Corte Sem.	Jornales	4	97,24	388,96	
	Plantacion	Jornales	5,2	97,24	505,648	906,438
	A.5. Plantacion - Mecanizacion					
	Tapado	Uta	0,7	198,9	139,23	
	Retapado	Uta	0,7	198,9	139,23	
	Flete		10	20	200	478,46
	A.6. Plantacion - Caña Semilla					
	Caña semilla	Ton/ha	10	300	3000	3000
	A.7. Otros costos post implantacion					
	Riego Asiento	Jornales	1	97,24	97,24	
	Riego Mantenimiento	Jornales	6,64	97,24	645,6736	
	Mecanizacion Pulverizacion (2)	Uta	0,35	198,9	69,615	
	Mecanizacion Cultivo	Uta	0,5	198,9	99,45	
	Agroquimicos H Preemergente				500	
	Agroquimicos H Postemergente				500	
	Fertilizacion Urea	Tn/ha	0,25	3000	750	2.661,98
<b>Total A</b>	<b>Total Costo de Implantacion</b>				<b>8.308,27</b>	<b>1.186,90</b>

Tabla 8-5: Margen Bruto de Caña de Azúcar - Etapa de Implantación

El costo de implantación se divide por el promedio de la vida útil del cultivo (se asume 7 años), y por lo tanto ese es el valor imputado en el margen bruto anual.

Manejo del cultivo post implantación.

<b>B</b>	<b>Manejo del Cultivo Post Implantacion</b>	<b>Unidad</b>	<b>Unidad/ha</b>	<b>\$/unidad</b>	<b>\$/ha</b>	<b>Subtotales</b>
	B.1. Riego					
	Riego mantenimiento (4)	Jornales	6	97,24	583,44	583,4
	B.2. Mecanizacion					
	Preparacion del Riego	Uta	0,8	198,9	159,12	
	Pulverizacion (2)	Uta	0,35	198,9	69,615	
	Cultivo	Uta	0,5	198,9	99,45	328,2
	B.3. Agroquimicos					
	Herbicidas postemergente	\$/ha			500	
	Fertilizacion con Urea	tn/ha	0,25	3000	750	1250
<b>Total B</b>	<b>Total Manejo del Cultivo Post Implantacion</b>				<b>2.161,63</b>	

Tabla 8-6: Margen Bruto de Caña de Azúcar - Etapa de Post Implantación.

Cosecha y total de costos

C	Cosecha	Unidad	Unidad/ha	\$/unidad	\$/ha	Subtotales
	C. 1 Labor Cosecha	\$/tn	75	30	2250	
	C.2. Acoplado	\$/tn	75	3	225	2475
	C.3. Flete	\$/tn	75	14	1050	1050
<b>Total C</b>	<b>Total Cosecha</b>				<b>3.525,00</b>	
	<b>Total Costos A+B+C</b>				<b>6.873,52</b>	

Ingresos	Unidad	Unidad/ha	\$/unidad	\$/ha
Rendimientos	Tn/ha	75		
Precio Azucar	Tn	3400		
Rendimiento Fabril	%	10%		
Participacion en Maquila	%	57%		
Rendimiento Neto Azucar	tn	4,28		
<b>Ingreso Bruto</b>				<b>14.535,00</b>
<b>Margen Bruto \$/ha</b>				<b>7.661,5</b>

Tabla 8-7: Margen Bruto de la Caña de Azúcar

### 9.2.3 Margen Bruto de Maíz para Choclo.

Con el objeto de simular un cultivo hortícola se tomo como referencia el maíz para choclo bajo riego, con fecha de siembra el 15 de septiembre. A continuación se presenta el Margen Bruto medio de referencia para los cálculos.

#### Etapa presiembra

ETAPAS - INSUMOS	UNIDAD MEDIDA	VECES	CONSUMO POR HA.	PRECIO UNITARIO	PRECIO POR HA
<b>COSTO DIRECTO</b>					
<b>1)PRESIEMBRA</b>					
RASTRA DE DISCOS	UTA	1,00	0,80	198,90	159,12
CINCEL	UTA	1,00	1,00	198,90	198,90
HERBICIDA ROUND UP	LTS.	1,00	3,00	15,00	45,00
APLIC. TERRESTRE HERBICIDA	UTA	1,00	0,18	198,90	34,81
<b>SUBTOTAL</b>					<b>437,83</b>

#### Etapa de siembra

<b>2)SIEMBRA</b>					
SEMILLA	KGS.	1,00	20,00	10,00	200,00
SEMEVIN CURASEMILLAS	LTS.	1,00	0,20	120,00	24,00
MAQ. SIEMBRA + FERTIL	UTA	1,00	0,90	198,90	179,01
ATRAZINA	LTS.	1,00	1,50	30,00	45,00
INSECTICIDA (LAMDACIALOTRINA)	LTS.	1,00	0,12	31,50	3,78
APLIC. TERRESTRE HERBICIDA + I	UTA	1,00	0,18	198,90	34,81
FERTILIZANTE DAP	KGS.	1,00	50,00	3,50	175,00
<b>SUBTOTAL</b>					<b>661,60</b>



Etapa de Cultivo y Cosecha. Total de Costos

3) CULTIVO					
HERBICIDA 2,4 D	LTS.	1,00	1,00	21,50	21,50
INSECT Lamdacialotrina	LTS.	1,00	0,12	31,50	3,78
APLIC INSEC + HERBICIDA	UTA	1,00	0,18	198,90	34,81
UREA	KGS	1,00	100,00	2,70	270,00
APLIC. FERTIL VOLEO	UTA	1,00	0,40	198,90	79,56
<b>SUBTOTAL</b>					<b>409,65</b>
4) COSECHA					
COSECHA DE CHOCLOS	JOR/HA	1,00	35,00	97,24	3.403,40
MOV. BOLSAS-ACARREO	BOLSAS	1,00	120,00	0,70	84,00
<b>SUBTOTAL</b>					<b>3.487,40</b>
<b>TOTAL COSTOS DIRECTOS</b>					<b>4.996,47</b>

Ingresos y Margen Bruto por Ha.

INGRESOS	\$
PRODUCCION - CHOCLOS/HA	20.000
PRECIO DE VENTA - \$/CHOCLO	0,70
TOTAL DE INGRESOS - \$/HA	14.000
TOTAL DE EGRESOS - \$/HA	4.996
<b>MARGEN BRUTO - \$/HA</b>	<b>9.004</b>

Tabla 8-8: Margen Bruto del Choclo

9.2.4 Margen Bruto de Maíz de cosecha en secano

Con el objeto de evaluar un cultivo en secano, el cual sería la opción de referencia sobre la que, a partir de determinado precio del m<sup>3</sup> de agua, los productores no estarían dispuestos a pagar por el agua y se volcarían a las actividades de secano.

Para ello se calculó el margen bruto de maíz de cosecha que se presenta a continuación.

Etapa presiembra

ETAPAS - INSUMOS	UNIDAD MEDIDA	VECES	CONSUMO POR HA.	PRECIO UNITARIO	PRECIO POR HA
<b>COSTO DIRECTO</b>					
<b>1) PRESIEMBRA</b>					
RASTRA DE DISCOS	UTA	1,00	0,80	198,90	159,12
CINCEL	UTA	1,00	1,00	198,90	198,90
HERBICIDA ROUND UP	LTS.	1,00	3,00	15,00	45,00
APLIC. TERRESTRE HERBICIDA	UTA	1,00	0,18	198,90	34,81
<b>SUBTOTAL</b>					<b>437,83</b>

### Etapa de Siembra

<b>2)SIEMBRA</b>						
SEMILLA		KGS.	1,00	20,00	21,00	420,00
SEMEVIN CURASEMILLAS		LTS.	1,00	0,20	120,00	24,00
MAQ. SIEMBRA + FERTIL		UTA	1,00	0,90	198,90	179,01
ATRAZINA		LTS.	1,00	1,50	30,00	45,00
INSECTICIDA (LAMDACIALOTRINA)		LTS.	1,00	0,12	31,50	3,78
APLIC. TERRESTRE HERBICIDA + I		UTA	1,00	0,18	198,90	34,81
FERTILIZANTE DAP		KGS.	1,00	50,00	3,50	175,00
<b>SUBTOTAL</b>						<b>881,60</b>

### Etapa de Cultivo y Cosecha. Total Costos

<b>3)CULTIVO</b>						
HERBICIDA 2,4 D		LTS.	1,00	1,00	21,50	21,50
INSECT Lamdacialotrino		LTS.	1,00	0,12	31,50	3,78
APLIC INSEC + HERBICIDA		UTA	1,00	0,18	198,90	34,81
UREA		KGS	1,00	100,00	2,70	270,00
APLIC. FERTIL VOLEO		UTA	1,00	0,40	198,90	79,56
<b>SUBTOTAL</b>						<b>409,65</b>
<b>4)COSECHA</b>						
TRILLA		\$/HA	1,00	1,00	300,00	300,00
BOLSAS		BOLSAS	1,00	120,00	2,00	240,00
MOV. BOLSAS-ACARREO		BOLSAS	1,00	120,00	0,70	84,00
<b>SUBTOTAL</b>						<b>624,00</b>
<b>TOTAL COSTOS DIRECTOS</b>						<b>2.353,07</b>

### Ingresos y Margen Bruto en AR\$/ha

<b>INGRESOS</b>						
PRODUCCION - KG/HA						6.000,00
PRECIO DE VENTA - \$/TON						800
TOTAL DE INGRESOS - \$/HA						4.800
<b>MARGEN BRUTO - \$/HA</b>						<b>2.446,93</b>

#### 9.2.5

#### Estimación del monto de tarifa segmentado por cultivo y tipo de sistema de riego

Estimando los consumos de agua por cultivo y las eficiencias teóricas de los sistemas de irrigación, se estimó el monto teórico de la tarifa en AR\$/ha para cada caso. A continuación se presenta el detalle de dicha estimación.

<b>Tabaco</b>				
<b>Valor total</b>	<b>Canon</b>	<b>Consortio</b>	<b>Fondo</b>	<b>Total \$/Ha</b>
Tabaco Surco	50,63	222	500	<b>773,00</b>
Tabaco Discontinuo	50,63	222	417	<b>689,00</b>
Tabaco Goteo	50,63	222	278	<b>550,00</b>
<b>Caña</b>				
<b>Valor total</b>	<b>Canon</b>	<b>Consortio</b>	<b>Fondo</b>	<b>Total \$/Ha</b>
Caña por surco	50,63	222	1.000	<b>1.272,00</b>
Caña Discontinuo	50,63	222	833	<b>1.105,00</b>
Caña Goteo	50,63	222	555	<b>828,00</b>

Tabla 8-9: Estimación de los tarifa por hectárea por cultivo y sistema de riego

## 10. ANEXO 3: FORMULARIO DE LA ENCUESTA.

Fecha: \_\_\_\_\_

Encuestador: AV CS EG FM MM \_\_\_\_\_

N° Encuesta: \_\_\_\_\_

ID: \_\_\_\_\_ Padrón: \_\_\_\_\_

### Descripción de la situación.

En el sistema de riego del Dique Las Maderas, se ha proyectado la construcción del Canal Intervalles de 10m<sup>3</sup>/seg, que tiene la función de incrementar el área irrigada hacia el Departamento de San Pedro lo que aumentará la demanda de agua para riego. Al día de hoy, si el canal estuviese construido, no se dispondría del volumen de agua para el funcionamiento del canal en su caudal de diseño (faltarían 137 Hm<sup>3</sup> aproximadamente), lo que generaría conflictos por el uso del agua entre los productores de ambos valles. Una de las medidas que posibilitaría reducir la escasez proyectada es mejorar la eficiencia global del sistema pasando del 50% al 80%, a partir de reconvertir los sistemas de riego por gravedad, a sistemas de riego tecnificado. Por ello se pretende evaluar qué cantidad de dinero adicional están dispuestos a pagar los productores por el agua para invertir y financiar la modernización de sus sistemas de riego. Este monto adicional de dinero podría ser gestionado por los propios productores y tendría por objeto financiar la compra de equipamiento de riego.

SUS RESPUESTAS SON CONFIDENCIALES Y NO IDENTIFICADAS. SÓLO SERÁN UTILIZADAS PARA FINES ACADÉMICOS PARA UNA MEJOR GESTIÓN DEL AGUA. LE AGRADECEMOS MUCHO SU PARTICIPACIÓN

#### a. Introducción

1. Está en conocimiento del proyecto del Canal Intervalles? (*Marque sólo una opción con una cruz*)

1.1. Si \_\_\_\_\_

1.2. No \_\_\_\_\_

2. Una vez construido el Canal Intervalles usted cree que: (*Marque sólo una opción con una cruz*)

2.1. Habrá agua suficiente y no existirán problemas de competencia por el agua entre los productores \_\_\_\_\_

2.2. Surgirán conflictos que deberán ser resueltos entre los propios usuarios del agua \_\_\_\_\_

2.3. Surgirán conflictos entre productores que deberá resolver el gobierno provincial \_\_\_\_\_

3. A partir de la construcción del Canal Intervalles, ¿considera que debería haber una sola organización que gestione todo el Sistema de las Maderas? (*Marque sólo una opción con una cruz*)

3.1. Si \_\_\_\_\_

3.2. No \_\_\_\_\_

3.2.1. ¿Por qué? \_\_\_\_\_

#### b. Valoración del bien.

4. ¿Ud. cree que sería importante conocer detalladamente el **consumo de agua** en todo el sistema regulado por el dique Las Maderas para su planificación, administración transparente y eficiente?

(*Marque sólo una opción con una cruz*)

4.1. Muy importante \_\_\_\_\_

4.2. Importante \_\_\_\_\_

4.3. Indiferente \_\_\_\_\_

4.4. Poco importante \_\_\_\_\_

4.5. No tiene importancia \_\_\_\_\_

5.- ¿Sabe Ud. qué conceptos paga por el agua de riego? (*Marque con una cruz; puede marcar más de una opción*)

5.1. Por la operación y mantenimiento de la infraestructura para que el agua llegue a la finca \_\_\_\_\_

5.2. Por un gravamen provincial \_\_\_\_\_

5.3. Por el agua en sí misma \_\_\_\_\_

6. ¿Cuál considera que es la forma de pagar por el uso del agua que permite asignarla más eficientemente? *(Marque sólo una opción con una cruz)*

- 6.1. Por hectárea sin tener en cuenta el consumo. \_\_\_\_\_
- 6.2. Por hectárea en función de lo que consume cada cultivo \_\_\_\_\_
- 6.3. Por hectárea en función del consumo del cultivo y del sistema de riego \_\_\_\_\_
- 6.4. Por metros cúbicos utilizados a partir de medir el volumen consumido por año \_\_\_\_\_

7.- Usted cree que en relación a sus derechos y obligaciones por el agua de riego que recibe: *(Marque sólo una opción con una cruz)*

- 7.1. Tiene pleno derecho a perpetuidad por la cantidad de agua que recibe en su finca \_\_\_\_\_
- 7.2. Tiene derechos por el uso del agua y obligación de utilizarla eficientemente \_\_\_\_\_
- 7.3. Tiene derecho a una concesión de agua que puede ser revocada por el gobierno \_\_\_\_\_

8.- ¿Si tuviese que pagar el agua por la cantidad consumida y el valor a pagar aumentara **al doble**, qué haría? *(Marque sólo una opción con una cruz)*

- 8.1. No haría ningún cambio porque igual me sería conveniente \_\_\_\_\_
- 8.2. Cambiaría a cultivos que consuman menos agua \_\_\_\_\_
- 8.3. Haría inversiones en equipo de riego para ahorrar agua \_\_\_\_\_
- 8.4. Dejaría de regar y haría producción en seco. \_\_\_\_\_
- 8.5. Solicitaría al consorcio que se hagan inversiones con el adicional cobrado. \_\_\_\_\_
- 8.6. Solicitaría al gobierno que realice inversiones para mejorar la infraestructura. \_\_\_\_\_

9.- ¿Si tuviese que pagar el agua por caudal consumido y el valor a pagar aumentara **al triple**, qué haría? *(Marque sólo una opción con una cruz)*

- 9.1. No haría ningún cambio porque igual me sería conveniente \_\_\_\_\_
- 9.2. Cambiaría a cultivos que consuman menos agua \_\_\_\_\_
- 9.3. Haría inversiones en equipo de riego para ahorrar agua \_\_\_\_\_
- 9.4. Dejaría de regar y haría producción en seco. \_\_\_\_\_
- 9.5. Solicitaría al consorcio que se hagan inversiones con el adicional cobrado. \_\_\_\_\_
- 9.6. Solicitaría al gobierno que realice inversiones para mejorar la infraestructura. \_\_\_\_\_

10.- ¿Si tuviese que pagar el agua por caudal consumido y el valor a pagar aumentara **al cuádruple**, qué haría? *(Marque sólo una opción con una cruz)*

- 10.1. No haría ningún cambio porque igual me sería conveniente \_\_\_\_\_
- 10.2. Cambiaría a cultivos que consuman menos agua \_\_\_\_\_
- 10.3. Haría inversiones en equipo de riego para ahorrar agua \_\_\_\_\_
- 10.4. Dejaría de regar y haría producción en seco. \_\_\_\_\_
- 10.5. Solicitaría al consorcio que se hagan inversiones con el adicional cobrado. \_\_\_\_\_
- 10.6. Solicitaría al gobierno que realice inversiones para mejorar la infraestructura. \_\_\_\_\_

11.- ¿Si le ofrecieran empadronar nueva superficie para regar, cuánto sería **lo máximo** que estaría dispuesto a pagar por el agua? *(Marque sólo una opción con una cruz)*

- 11.1. Lo que paga actualmente \_\_\_\_\_
- 11.2. Hasta dos veces más de lo que pago ahora \_\_\_\_\_
- 11.3. Hasta tres veces más de lo que pago ahora \_\_\_\_\_
- 11.4. Hasta cuatro veces más de lo que pago ahora \_\_\_\_\_
- 11.5. Hasta cinco veces más de lo que pago ahora \_\_\_\_\_
- 11.6. Más de cinco veces de lo que pago ahora \_\_\_\_\_

**c. Modernización de los sistemas de riego**

12.- Sabe cuánta agua consume Ud. en su finca por hectárea por año? *(Marque sólo una opción con una cruz)*

- 12.1. No más de 8.000 m<sup>3</sup>/ha año ( hasta 0.25 lts/seg ha) \_\_\_\_\_
- 12.2. 8001 a 10.000 m<sup>3</sup>/ha año o (0.25 a 0.32 lts/seg ha) \_\_\_\_\_
- 12.3. 10.001 a 12.000 m<sup>3</sup>/ha año o (0.32 a 0.38 lts/seg ha) \_\_\_\_\_
- 12.4. 12.001 a 14.000 m<sup>3</sup>/ha año o (0.38 a 0.44 lts/seg ha) \_\_\_\_\_
- 12.5. 14.001 a 16.000 m<sup>3</sup>/ha año o (0.44 a 0.51 lts/seg ha) \_\_\_\_\_
- 12.6. 16.001 a 18.000 m<sup>3</sup>/ha año o (0.51 a 0.57 lts/seg ha) \_\_\_\_\_
- 12.7. 18.001 a 20.000 m<sup>3</sup>/ha año o (0.57 a 0.63 lts/seg ha) \_\_\_\_\_

- 12.8. Más de 20.000 m<sup>3</sup>/ha año o (más de 0.63 lts/seg ha) \_\_\_\_\_
- 12.9. No sé cuanto consume mi chacra por año \_\_\_\_\_

13. Indique en qué medida considera importante conocer el consumo de agua en su chacra.  
(Marque sólo una opción con una cruz)

- 13.1. Muy importante \_\_\_\_\_
- 13.2. Importante \_\_\_\_\_
- 13.3. Indiferente \_\_\_\_\_
- 13.4. Poco importante \_\_\_\_\_
- 13.5. No tiene importancia \_\_\_\_\_

14. Ud. considera que el ahorro de agua es una responsabilidad “**primordialmente**” de:  
(Marque sólo una opción con una cruz)

- 14.1. Los productores \_\_\_\_\_
- 14.2. El consorcio de riego \_\_\_\_\_
- 14.3. La provincia \_\_\_\_\_
- 14.4. Las instituciones técnicas \_\_\_\_\_
- 14.5. Otros \_\_\_\_\_
- 14.6. ¿Quién? \_\_\_\_\_

15. Considera que la modernización en el **sistema de riego en su finca** permitiría: (Puede elegir más de una indicando con un ranking con el número 1 todo lo contrario, 2 no cambiaría, 3 lo haría pero poco 4 lo haría bastante 5 lo haría muchísimo)

- 15.1 Aumentar los rendimientos de los cultivos \_\_\_\_\_
- 15.2 Aumentar los ingresos de mi establecimiento \_\_\_\_\_
- 15.3 Bajar los costos del riego \_\_\_\_\_
- 15.4 Ahorrar el consumo de agua \_\_\_\_\_
- 15.5 Disminuir el trabajo para regar \_\_\_\_\_
- 15.6 No visualizo ninguna mejoraría en mi caso \_\_\_\_\_
- 15.7 Otro, cuál? \_\_\_\_\_

16. ¿En qué considera más importante invertir para resolver los problemas de escasez de agua? (Puede elegir más de una indicando con un ranking con el número 1 sin importancia, 2 poco importante 3 indiferente 4 importante 5 muy importante)

- 16.1. Aumentar la capacidad de almacenamiento del dique \_\_\_\_\_
- 16.2. Disminuir las pérdidas de conducción de los canales secundarios \_\_\_\_\_
- 16.3. Modernizar el riego en su finca \_\_\_\_\_
- 16.4. Mejorar la gestión del agua a nivel del consorcio de riego \_\_\_\_\_
- 16.5. Para mejorar la capacitación en riego \_\_\_\_\_

17. ¿Quiénes cree que son los que deberían gestionar “**principalmente**” la modernización del riego y su financiamiento? (Puede elegir más de una indicando con un ranking con el número 1 para la más importante, 2 para la segunda en importancia hasta finalizar su ranking y 0 a las que no considera importante)

- 17.1. Los productores \_\_\_\_\_
- 17.2. El consorcio de riego \_\_\_\_\_
- 17.3. La provincia \_\_\_\_\_
- 17.4. Las instituciones técnicas. \_\_\_\_\_
- 17.5. Otros \_\_\_\_\_

Cual?

18. ¿Cuáles serían las razones por las que Usted modernizaría su sistema de riego hacia uno tecnificado? (Puede elegir más de una indicando con un ranking con el número 1 sin importancia 2 poco importante 3 indiferente 4 importante 5 muy importante)

- 18.1. Porque me permitiría ahorrar costos \_\_\_\_\_
- 18.2. Porque me permitiría aumentar rendimientos \_\_\_\_\_
- 18.3. Porque es más fácil de operar \_\_\_\_\_
- 18.4. Porque sería más sustentable y ahorraría agua \_\_\_\_\_
- 18.5. Porque permitiría que mas productores pudieran regar \_\_\_\_\_
- 18.6. Porque ahorraría tiempo, y dispondría de más tiempo libre \_\_\_\_\_

18.7. Otra \_\_\_\_\_? Cuál? \_\_\_\_\_

**d. Información sobre el productor entrevistado**

19.- ¿De dónde proviene su principal ingreso? (*Marque sólo una opción con una cruz*)

- 19.1. De la actividad agropecuaria \_\_\_\_\_
- 19.2. De otra actividad empresarial \_\_\_\_\_
- 19.3. De un empleo privado \_\_\_\_\_
- 19.4. De un empleo público \_\_\_\_\_
- 19.5. Otra \_\_\_\_\_
- 19.6. ¿Cuál? \_\_\_\_\_

20.- ¿Cuál es su edad? \_\_\_\_\_

21.- Su establecimiento se encuentra en: (*Marque sólo una opción con una cruz*)

- 21.1. Valle de Pericos \_\_\_\_\_ Canal \_\_\_\_\_
- 21.2. San Pedro Norte \_\_\_\_\_
- 21.3. San Pedro Sur \_\_\_\_\_
- 21.4. Chaguaral \_\_\_\_\_
- 21.5. Río Grande \_\_\_\_\_
- 21.6. Otra \_\_\_\_\_ Cuál \_\_\_\_\_

22.- Cuál es la superficie de riego empadronada en su establecimiento es: (*Señale la cantidad de hectáreas*)

- 22.1. Hectáreas empadronadas de riego permanente \_\_\_\_\_
- 22.2. Hectáreas empadronadas de riego eventual \_\_\_\_\_

23.- ¿Cuál es la **superficie bajo riego** dedicada a: (*Indique cantidad de hectáreas y con una cruz si el sistema de riego es por gravedad o tecnificado*)

- 23.1. Tabaco \_\_\_\_\_ has. Sistema de riego por gravedad \_\_\_\_ o tecnificado \_\_\_\_\_
- 23.2. Caña de Azúcar \_\_\_\_\_ has. Sistema de riego por gravedad \_\_\_\_ o tecnificado \_\_\_\_\_
- 23.3. Horticultura \_\_\_\_\_ has. Sistema de riego por gravedad \_\_\_\_ o tecnificado \_\_\_\_\_
- 23.4. Otro ¿Cuál? \_\_\_\_\_ has. Sistema de riego por gravedad \_\_\_\_ o tecnificado \_\_\_\_\_

24.- ¿Piensa Usted cambiar la actividad principal que realiza bajo riego? (*Marque sólo una opción con una cruz*)

- 24.1. No pienso cambiar de actividad en los próximos años \_\_\_\_\_
- 24.2. Pienso cambiar y cultivar tabaco \_\_\_\_\_
- 24.3. Pienso cambiar y cultivar caña de azúcar \_\_\_\_\_
- 24.4. Pienso cambiar y realizar cultivos hortícolas \_\_\_\_\_
- 24.5. Pienso diversificar entre varias actividades \_\_\_\_\_
- 24.6. Pienso hacer una única actividad diferente a las anteriores. Cuál? \_\_\_\_\_

25.- **Ordene** aquello que Ud. considere que **es más importante** para la producción de su establecimiento, sin lo cual **“no sería posible producir”**. (*Marque 1 más importante, 6 menos importante. Cada número sólo una vez*)

- 25.1. Fertilizantes \_\_\_\_\_
- 25.2. Herbicidas, Insecticidas, Fungicidas \_\_\_\_\_
- 25.3. Mano de obra \_\_\_\_\_
- 25.4. El agua \_\_\_\_\_
- 25.5. El asesoramiento técnico \_\_\_\_\_
- 25.6. La maquinaria \_\_\_\_\_

26.- ¿Cuántas hectáreas bajo riego en producción tiene su establecimiento? (*Señale la cantidad de hectáreas*)

Indique cantidad de hectáreas: \_\_\_\_\_

27.- ¿Cuál es el nivel de educación formal alcanzado? (*Marque sólo una opción con una cruz*)

- 27.1. Primario incompleto \_\_\_\_\_
- 27.2. Primario completo \_\_\_\_\_

- 27.3. Secundario incompleto \_\_\_\_\_
- 27.4. Secundario completo \_\_\_\_\_
- 27.5. Terciario incompleto \_\_\_\_\_
- 27.6. Terciario completo \_\_\_\_\_
- 27.7. Universitario incompleto \_\_\_\_\_
- 27.8. Universitario completo \_\_\_\_\_

28.- Tiene Ud. participación activa en: (*Marque con una cruz, puede elegir más de una*)

- 28.1. El consorcio de riego \_\_\_\_\_
- 28.2. En agrupación de productores \_\_\_\_\_
- 28.3. En política partidaria \_\_\_\_\_
- 28.4. En organizaciones comunitarias \_\_\_\_\_
- 28.5. En organizaciones religiosas \_\_\_\_\_
- 28.6. Otro tipo de organización o ONG \_\_\_\_\_
- 28.7. No participo en ninguna organización \_\_\_\_\_



11. Anexo 4: Estadístico

$$SE = \sqrt{\frac{mn}{N-B}} \times \sqrt{\frac{1}{m(n-1)} \sum_{j=1}^m (y_i - \bar{y})^2}$$

SE=Error Estándar

N=Número de MCMC Burn-in observation

B= Número de Burn-in observation

m= lotes

n=observaciones

$\bar{y}$  =media por lotes de alguna función escalar de los parámetros del modelo

$$SD = \sqrt{\frac{1}{N-B-1} \sum_{j=B+1}^N (X_i - \bar{X})^2}$$

donde

$$\bar{X} = \frac{1}{N-B} X_{(B+1)} + X_{(B+2)} + \dots + X_{(B+N)}$$

SD=Posterior Standard Deviation

N=Número de MCMC Burn-in observation

B= Número de Burn-in observation

$X_i$ = Es el valor del estimador seleccionado en la i-th observación

$\bar{X}$  = Es la media posterior estimada

$$CS = \sqrt{1 + \frac{SE^2}{SD^2}}$$

CS= Convergencia Estadística

## 12. Bibliografía

- Aguilera, Federico, and Vicent Alcántara. 2011. CIP-Ecosocial *De La Economía Ambiental a La Economía Ecológica*. Primera Ed. eds. FUHEM and ICARIA. Madrid: CIP-Ecosocial.
- Aguilera-Klink, Federico, Eduardo Pérez-Moriana, and Juan Sánchez-García. 2000. "The Social Construction of Scarcity. The Case of Water in Tenerife (Canary Islands)." *Ecological Economics* 34: 233–45.
- Alcon, Francisco, María Dolores de Miguel, and Michael Burton. 2011. "Duration Analysis of Adoption of Drip Irrigation Technology in Southeastern Spain." *Technological Forecasting and Social Change* 78(6): 991–1001.
- Allan, Tony. 1999. "Productive Efficiency and Allocative Efficiency: Why Better Water Management May Not Solve the Problem." *Agricultural Water Management* 40: 71–75.
- Amir, I, and F M Fisher. 1999. "Analyzing Agricultural Demand for Water with an Optimizing Model." *Agricultural Systems* 61: 45–56.
- Ayres, Robert U., Jeroen C.J. van der Bergh, and John M. Gowdy. 2001. "Strong versus Weak Sustainability: Economics, Natural Sciences, and 'Consilience.'" *Environmental Ethics* 23: 155–68.
- Azqueta Oyarzun, Diego. 1998. *Valoración Económica de La Calidad Ambiental*. Primera Ed. ed. Juan Stumpf. Madrid. España: Mc Graw Hill.
- Baldovín, José Lopez, and Julio Berbel Vecino. 2012. "Una Revisión de Metodologías de Estimación de La Demanda de Agua de Riego." *Dpto de Economía, Sociología y Política Agrarias. Universidad de Córdoba*.
- Bauer, Carl J. 1997. "Bringing Water Markets down to Earth: The Political Economy of Water Rights in Chile, 1976–1995." *World Development* 25(5): 639–56.
- . 2005. "In the Image of the Market: The Chilean Model of Water Resources Management." *International Journal of Water* 3(2): 146.
- Baumann, Duane D., John J. Boland, and John H. Sims. 1984. "Water Conservation: The Struggle Over Definition." *Water Resources Research* 20(4): 428.
- Berkoff, J, and F Molle. 2007. *CAB International Irrigation Water Pricing The Gap Between Theory and Practice*. eds. François Molle and Jeremy Berkoff. Cambridge, Massachusetts, USA: CAB International.
- Beyer, Harald. 1992. "Ronald H. Coase Y Su Contribución a La Teoría de La Economía Y Del Derecho." *Estudios Públicos* 45.
- BID. 2012. *Plan de Gestión Del Sistema de Riego Canal Intervalles Y Obras Complementarias*. Buenos Aires, Argentina.
- Bjornlund, Henning, Lorraine Nicol, and K.K. Klein. 2009. "The Adoption of Improved Irrigation Technology and Management practices—A Study of Two Irrigation Districts in Alberta, Canada." *Agricultural Water Management* 96(1): 121–31.
- Bono, Juan Gallego. 1996. "Instituciones , Aprendizaje Y Liderazgo En La Difusión de Innovaciones . Una Interpretación de La Desigual Implantación Del Riego Por Goteo En La Citricultura Valenciana." *Revista española de economía agraria* 175: 199–228.
- Borlaug, Norman E, and Christopher R Dowswell. 2002. "Perspectivas de La Agricultura Mundial Para El Siglo XXI." *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología* 65: 4–20.
- Brau Lecina, S., D. Isidoro Ramírez, E. Playán Jubillar, and R. Aragüés Lafarga. 2011. "Ahorro de Agua Y Modernización de Regadíos." *Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón* (1): 1–14.
- Brinegar, Hilary R., and Frank a. Ward. 2009. "Basin Impacts of Irrigation Water Conservation

- Policy.” *Ecological Economics* 69(2): 414–26.
- Brundtland, Harlem. 1987. *Our Common Future*. Oslo: World Commission on Environment and Development. United Nation.
- Bunge, Mario. 1969. Colección Convivium *La Investigación Científica*. Barcelona: Colección Convivium. Ariel.
- Burt, C.M., and S.W. Styles. 1999. “Water Control and Management Practices in Irrigation. Impact on Performance.”
- Caballero, Gonzalo. 2002. “El Programa de La Nueva Economía Institucional.” *Revista Vasca de Economía. EKonomiaz* 50(2).
- Cañas, J.A., M.J. Baldovin Lopez, and J.A. Gomez Limon Rodriguez. 2000. “Obtención de La Curva de Demanda de Agua de Riego Generada Por Una Hipotética Política de Tarifas Sobre El Agua.” *Estudios Agrosociales y Pesqueros* 188: 67–92.
- Carson, Richard T., Nicholas E. Flores, and Norman F. Meade. 2001. “Contingent Valuation: Controversies and Evidence.” *Environmental and Resource Economics* 19(2): 173–210.
- Caswell, M., E. Lichtenberg, and D. Zilberman. 1990. “The Effects of Pricing Policies on Water Conservation and Drainage.” *American journal of agricultural economics*, 4 (72): 883–890.
- Caswell, Margriet, and David Zilverman. 1985. “The Choices of Irrigation Technologies in California.” *American Journal of Agricultural Economics*: 224–34.
- CEPAL. 1994. “Economía Y Ecología: Dos Ciencias Y Una Responsabilidad Frente a La Naturaleza.” *Comisión Económica para América Latina y el Caribe*: 1–24.
- CFI. 1979. “Desarrollo Del Área Bajo Riego Del Dique Las Maderas. Etapa III.” *Consejo Federal de Inversiones*.
- . 1980. “Relevamiento Semidetallados de Suelos Con Fines de Riego. Área de Influencia Del Dique Las Maderas Y El Río Grande.” *Consejo Federal de Inversiones*.
- Coase, Ronald H. 1960. “The Problem of Social Cost.” *Journal of Law and Economics* 3: 1–44.
- Cobb, Clifford W, and H Daly. 1989. “The Index for Sustainable Economic Welfare.” *For the Common Good — Redirecting the Economy toward Community, the Environment, and a Sustainable Future*. Beacon Press,: 401–457.
- COHIFE. 2003. *Principios Rectores de La Política Hídrica En La República Argentina*. Rep. Argentina.
- Colino Sueiras, J, and J M Martínez-Paz. 2007. “Productividad, Disposición Al Pago Y Eficiencia Técnica En El Uso Del Agua: La Horticultura Intensiva de La Región de Murcia.” *Economía Agraria y Recursos Naturales* 7: 109–25.
- Cornish, G, B Bosworth, C Perry, and J Bruke. 2004. “Water Charging in Irrigated Agriculture.” *FAO Water Reports*.
- Daly, Herman E. 1997. “Georgescu-Roegen versus Solow/Stiglitz.” *Ecological Economics* 22(3): 261–66.
- Diaz Benetti, Walter, Lucio Malizia, and Raúl J. Rosa. 2010. Ministerio de Producción Jujuy *Plan Estratégico Productivo Jujuy 2011-2020*. San Salvador de Jujuy: Ministerio de Producción de Jujuy.
- Dinar, Ariel, and J Letey. 1991. “Agricultural Water Marketing, Allocative Efficiency, and Drainage Reduction.” *Journal of Environmental Economics and Management* 20: 210–223.
- Dinar, Ariel, and Jyothsna Mody. 2004. “Irrigation Water Management Policies: Allocation and Pricing Principles and Implementation Experience.” *Natural Resources Forum* 28(2): 112–22.
- Dinar, Ariel, Victor Pochat, and José Albiac. 2015. *Water Pricing Experiences and Innovations*.

Suiza: Springer International Publishing.

- Dono, Gabriele, Luca Giraldo, and Simone Severini. 2010. "Pricing of Irrigation Water under Alternative Charging Methods: Possible Shortcomings of a Volumetric Approach." *Agricultural Water Management* 97(11): 1795–1805.
- Doppler, Werner, Amer Z. Salman, Emad K. Al-Karablieh, and Heinz-Peter Wolff. 2002. "The Impact of Water Price Strategies on the Allocation of Irrigation Water: The Case of the Jordan Valley." *Agricultural Water Management* 55(3): 171–82.
- Droesbeke, J, M. Lejeune, and G Saporta. 2005. *Modelès Statistiques Pour Données Qualitatives*. Technip. Paris. France.
- Dumont, Aurelien, Beatriz Mayor, and Elena Lopez-Gunn. 2013. "Is the Rebound Effect or Jevons Paradox a Useful Concept for Better Management of Water Resources? Insights from the Irrigation Modernisation Process in Spain." *Aquatic Procedia* 1: 64–76.
- Elsevier. 2010. "Water Governance in Times of Change." *Elsevier. Editorial* 13: 567–70.
- FAO. 2001. "Descubrir El Potencial Del Agua Para La Agricultura." *FAO*: 72.
- . 2009. "Declaración de La Cumbre Mundial Sobre La Seguridad Alimentaria." *Cumbre Mundial sobre la Seguridad Alimentaria*: 8.
- Feder, Gershon, Richard E. Just, and David Zilberman. 1985. 33 Economic Development and Cultural Change *Adoption of Agricultural Innovation in Developing Countries: A Survey*.
- Fernandez Vazquez, Esteban, and Carlos Arias Sampederro. 2003. "La Demanda de Tecnología Ahorradora de Agua En La Agricultura de Regadío." *Revista de Economía Aplicada* XI(33): 83–100.
- Fish, Rob D., Antonio a R Ioris, and Nigel M. Watson. 2010. "Integrating Water and Agricultural Management: Collaborative Governance for a Complex Policy Problem." *Science of the Total Environment* 408(23): 5623–30.
- Fisher, Stanley, Rudiger Dornbusch, and Richard Schmalensee. 1989. *Economía*. Segunda Ed. Madrid: Mc Graw Hill.
- Foguet, Joan Manuel Batista, and Germà Coenders Gallart. 2000. *Modelos de Ecuaciones Estructurales*. ed. Hespérides. Madrid. España.
- Fonseca, María Blanco. 1999. "La Economía Del Agua: Análisis de Politicas de Modernizacion Y Mejora de Regadíos." Universidad Politécnica de Madrid.
- de Fraiture, Charlotte, and Chris Perry. 2007. "Why Is Agricultural Water Demand Irresponsive at Low Price Ranges?" *Irrigation Water Policies: Micro and Macro Considerations* (June).
- Freeman, Christopher. 1995. "The National System of Innovation in Historical Perspective." *Cambridge Journal of Economic* (March 1993): 5–24.
- Frija, Aymen et al. 2011. "Irrigation Pricing Policies and Its Impact on Agricultural Inputs Demand in Tunisia: A DEA-Based Methodology." *Journal of Environmental Management* 92(9): 2109–18.
- García Mollá, Marta. 2000. "Tesis Doctoral." Universidad Politécnica de Valencia.
- Gelman, A., J. B. Carlin, H. S. Stern, and D. B Rubin. 2004. *Bayesian Data Analysis*. 2da ed. ed. Chapman & Hall. Boca Raton, FL.
- Gelman, Andrew et al. 2013. *Bayesian Data Analysis*. Third Edit. eds. Francesca Dominici, Julian Faraway, Martin Tanner, and Jim Zidek. Boca Raton, FL: CRC Press.
- Genius, M., P. Koundouri, C. Nauges, and V. Tzouvelekas. 2013. "Information Transmission in Irrigation Technology Adoption and Diffusion: Social Learning, Extension Services, and Spatial Effects." *American Journal of Agricultural Economics* 96(1): 328–44.

- Gibbons, Diana. 1986. *The Economic Value of Water*. Washington, DC: Resources for the Future.
- Gleick, Peter H., Juliet Christian-Smith, and Heather Cooley. 2011. "Water-Use Efficiency and Productivity: Rethinking the Basin Approach." *Water International* 36(October 2013): 784–98.
- Goldberger, Arthur S., and Otis Dudley Duncan. 1973. "Structural Equation Models in the Social Sciences." *Science Research Council and University of Wisconsin*.
- Gómez-Baggethun, Erik, Rudolf de Groot, Pedro L. Lomas, and Carlos Montes. 2010. "The History of Ecosystem Services in Economic Theory and Practice: From Early Notions to Markets and Payment Schemes." *Ecological Economics* 69(6): 1209–18.
- Gonzalez- Regidor, Jesus. 1987. "Innovación Tecnológica En La Agricultura Y Acumulación de Capital: Un Analisis Critico de La Revolución Verde." *Revista de Estudios Agro Sociales* 142: 7–30.
- Van Halsema, Gerardo E., and Linden Vincent. 2012. "Efficiency and Productivity Terms for Water Management: A Matter of Contextual Relativism versus General Absolutism." *Agricultural Water Management* 108: 9–15.
- Hardin, Garrett. 1968. "The Tragedy of The Commons." *Science* (June): 1243–48.
- Hayami, Y., and V.W. Ruttan. 1971. *Agricultural Development: An International Perspective*.
- Hodge, I, and C Dunn. 1992. *Valuing Rural Amenities*. OECD. Paris. France.
- Hotelling, Harold. 1931. "The Economics of Exhaustible Resources." *The journal of political economy* 39(2): 137–75.
- Huffaker, Ray. 2008. "Conservation Potential of Agricultural Water Conservation Subsidies." *Water Resources Research* 44: 1–8.
- INA. 2010. *Prospectiva Hídrica*. Buenos Aires, Argentina.
- J.R. Hicks. 1939. "The Foundations of Welfare Economics." *The Economic Journal* Vol. 49(196): 696–712.
- . 1964. "The Theory of Wages." *Macmillan and C.O.*
- Janvry, Alain de, and Juan Carlos Martinez. 1972. "Inducción de Innovaciones Y Desarrollo Agropecuario Argentino." *Economica* 18(2): 179–213.
- Johansson, Robert et al. 2002. "Pricing Irrigation Water: A Review of Theory and Practice." *Water Policy* 4: 173–99.
- Johansson, Robert C. 2000. *Pricing Irrigation Water: A Literature Survey*. Washington, DC: The World Bank.
- Joreskog, K. G., D. Sorbom, and J. Magidson. 1979. "Advances in Factor Analysis and Structural Equation Models." *New York University Press of America* xxviii: 242.
- Kaffashi, Sara et al. 2015. "Users and Non-Users of Wetland Area ; Willingness to Pay and Demand Elasticity." *Journal of Sustainable Development* 8(8): 9071.
- Kaldor, Nicholas. 1939. "Welfare Propositions of Economics and Interpersonal Comparisons of Utility." *The Economic Journal* Vol. 49(No. 195): 549–52.
- Van der Kooij, Saskia, Margreet Zwarteveen, Harm Boesveld, and Marcel Kuper. 2013. "The Efficiency of Drip Irrigation Unpacked." *Agricultural Water Management* 123: 103–10.
- Kuhn, Tomas. 1971. *La Estructura de Las Revoluciones Científicas*. Fondo de C. Mexico.
- Kuznets, Simon. 1995. "Economic Growth and Income Inequality." *The American Economic Review* 45(1): 1–28.
- Lankford, Bruce. 2012. "Fictions, Fractions, Factorials and Fractures; on the Framing of Irrigation Efficiency." *Agricultural Water Management* 108: 27–38.

- Lecina, S., D. Isidoro, E. Playán, and R. Aragüés. 2010a. "Irrigation Modernization and Water Conservation in Spain: The Case of Riegos Del Alto Aragón." *Agricultural Water Management* 97(10): 1663–75.
- . 2010b. "Irrigation Modernization in Spain: Effects on Water Quantity and Quality - A Conceptual Approach." *International Journal of Water Resources Development* 26: 265–82.
- Lee, Sik-Yum, and Xin-Yuan Song. 2003. "Bayesian Analysis of Structural Equation Models with Dichotomous Variables." *Statistics in medicine* 22(19): 3073–88.
- Lopez, Roberto Gomez. 2004. "Evolución Científica Y Metodológica de La Economía: Escuelas de Pensamiento." *Universidad Nacional de Educación a Distancia de Malaga*: 1–171.
- Lopez-Gunn, E., P. Zorrilla, F. Prieto, and M. R. Llamas. 2012. "Lost in Translation? Water Efficiency in Spanish Agriculture." *Agricultural Water Management* 108: 83–95.
- Macleod, Christopher J a, David Scholefield, and Philip M. Haygarth. 2007. "Integration for Sustainable Catchment Management." *Science of the Total Environment* 373: 591–602.
- Medellín-Azuara, J., R.E. Howitt, and J.J. Harou. 2012. "Predicting Farmer Responses to Water Pricing, Rationing and Subsidies Assuming Profit Maximizing Investment in Irrigation Technology." *Agricultural Water Management* 108: 73–82.
- Mendieta, Juan Carlos. 2000. "Economía Ambiental." *Bogota.: Universidad de los Andes-Facultad de Economía.*: 289.
- Mesa-Jurado, M. Azahara, Julia Martin-Ortega, Eric Ruto, and Julio Berbel. 2012. "The Economic Value of Guaranteed Water Supply for Irrigation under Scarcity Conditions." *Agricultural Water Management* 113: 10–18.
- Miguez, Gonzalo Caballero, and Maria Dolores Garza Gil. 2010. "La Nueva Economía Institucional Y La Economía de Los Recursos Naturales: Comunes, Instituciones, Gobernanza Y Cambio Institucional." *Economía Agraria y Recursos Naturales* 10(2): 61–91.
- Mims, Anne, Shannon H Norwood, and Paul L Mask. 2005. "Producers' Perceptions and Attitudes toward Precision Agriculture Technologies." *Computers and Electronics in Agriculture* 48: 256–71.
- Ministerio de Agricultura Ganadería y Pesca de la Nación, Republica Argentina., ed. 2010. *Hacia Una Estrategia Para El Manejo Integrado Del Agua de Riego En La Argentina*. 1a Edición. Buenos Aires, Argentina.
- Moralejo, Itziar Aguado, Carmen Echebarria Miiguel, and Jose Barrutia Legarreta. 2008. "El Desarrollo Sostenible a Lo Largo de La Historia Del Pensamiento Económico." *Revista de Economía Mundial*: 87–110.
- Moreno, Georgina, and David L Sunding. 2005. "Joint Estimation of Technology Adoption and Land Allocation with Implications for the Design of Conservation Policy." *The American Journal of Agricultural Economics* 87(November): 1009–19.
- Moreyra, Alejandra et al. 2016. *Gestión Del Agua Y Riego*. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: INTA.
- Naciones Unidas. 2002. *Informe de La Cumbre Mundial Sobre El Desarrollo Sostenible*. Johannesburgo, Sudáfrica.
- . 2010. *Objetivos de Desarrollo Del Milenio Informe 2010*. New York.
- Naess, Arne. 1973. "The Shallow and the Deep, Long-range Ecology Movement. A Summary." *Inquiry: An interdisciplinary Journal of Philosophy* 16(January 2015): 95–100.
- Naredo, José Manuel. 1998. *La Economía En Evolución. Historia Y Perspectivas de Las Categorías Básicas Del Pensamiento Económico*. Madrid. España: Siglo XXI.
- . 2004. "La Economía En Evolución: Invento Y Configuración de La Economía En Los

- Siglos XVIII Y XIX Y Sus Consecuencias Actuales.” *Manuscripts* 22: 83–117.
- North, Douglass C. 1990. “Institutions, Institutional Change, and Economic Performance.” *Political Economy of Institutions and Decisions*: 164.
- Norton, Bryan G. 1995. “Evaluating Ecosystem States: Two Competing Paradigms.” *Ecological Economics* 14: 113–27.
- OECD. 1999. “Agricultural Water Pricing in OECD Countries.” *OECD Publications* (98).
- Ørum, Jens Erik, Mads Vejlbj Boesen, Zorica Jovanovic, and Søren Marcus Pedersen. 2010. “Farmers’ Incentives to Save Water with New Irrigation Systems and Water taxation—A Case Study of Serbian Potato Production.” *Agricultural Water Management* 98(3): 465–71.
- Pearce, David, and R. Kerry Turner. 1990. *Economic of Natural Resources and the Environment*. The John H. Baltimore, Maryland.
- Pearce, David W., and R. Kerry Turner. 1995. *Economía de Los Recursos Naturales Y Del Medio Ambiente*. Celeste Ed.
- Pereira, Luis Santos, Theib Oweis, and Abdelaziz Zairi. 2002. “Irrigation Management under Water Scarcity.” *Agricultural Water Management* 57(3): 175–206.
- Perry, C. 2001. *Charging for Irrigation Water: The Issues and Options, with a Case Study from Iran*. Colombo, Sri Lanka: International Water Manegent Institute.
- Perry, Chris. 2011. “Accounting for Water Use: Terminology and Implications for Saving Water and Increasing Production.” *Agricultural Water Management* 98(12): 1840–46.
- Perry, Chris, Pasquale Steduto, Richard G. Allen, and Charles M. Burt. 2009. “Increasing Productivity in Irrigated Agriculture: Agronomic Constraints and Hydrological Realities.” *Agricultural Water Management* 96: 1517–24.
- Pigou, Arthur Cecil. 1920. 1 Macmillan and C.O. *The Economics of Welfare*. 4th ed. ed. Macmillan. London.
- Playán Jubillar, E. 2011. “Diseño de Regadíos: ¿Hacia a Dónde Vamos?” *Congreso: Agricultura, Agua y Energía*.
- Prieto, Daniel, and Gabriel Angella. 2007. “La Evaluación de Desempeño En La Modernización de La Gestión de Los Sistemas de Riego.” In *Taller Internacional Modernización de Riego Y Uso de Tecnologías de La Información*, Bolivia.
- Quirk, J P, and R Saposnik. 1972. Bosch Casa Editorial *Introducción a La Teoría Del Equilibrio General Y a La Economía Del Bienestar*. Bosch. book.
- Randall, Alan. 1981. “Property Entitlements and Pricing Policies for a Maturing Water Economy.” *The australian Journal of agricultural economics* 25: 25.
- Rodríguez-Díaz, J. a., L. Pérez-Urrestarazu, E. Camacho-Poyato, and P. Montesinos. 2011. “The Paradox of Irrigation Scheme Modernization: More Efficient Water Use Linked to Higher Energy Demand.” *Spanish Journal of Agricultural Research* 9(4): 1000–1008.
- Rosa, Raúl Jorge. 2015. “Diez Ideas Para Una Política En Materia Del Agua. Agua Y Economía.” In *La Plata, Argentina: Universidad Nacional de La Plata*.
- Rosegrant, Mark W., Renato Gazmuri Schleyer, and Satya N. Yadav. 1995. “Water Policy for Efficient Agricultural Diversification: Market-Based Approaches.” *Food Policy* 20(3): 203–23.
- Saleth, R Maria, and Ariel Dinar. 2004. The World Bank *The Institutional Economics of Water. A Cross-Country Analysis of Institutions and Perfomance*. Washington, DC: Edward Elgar Publishing Limited Glensanda House Montpellier Parade.
- Salman, Amer Zahi, and Emad Al-Karablieh. 2004. “Measuring the Willingness of Farmers to Pay for Groundwater in the Highland Areas of Jordan.” *Agricultural Water Management* 68(1):

61–76.

- Sanchis Ibor, Carles, Marta García Mollá, and Llorenç Avellà Reus. 2014. “Las Políticas de Implantación Del Riego Localizado. Efectos En Las Entidades de Riego de La Comunidad Valenciana.” : 1–27.
- Sauer, Uta, and Anke Fischer. 2010. “Willingness to Pay , Attitudes and Fundamental Values — On the Cognitive Context of Public Preferences for Diversity in Agricultural Landscapes.” *Ecological Economics* 70(1): 1–9.
- Sautu, Ruth. 2003. *Lumiere Todo Es Teoría. Objetivos Y Métodos de Investigación*. Buenos Aires, Argentina: Lumiere.
- Scheierling, Susanne M., Robert a. Young, and Grant E. Cardon. 2006. “Public Subsidies for Water-Conserving Irrigation Investments: Hydrologic, Agronomic, and Economic Assessment.” *Water Resources Research* 42(August 2005): 1–11.
- Schillinger, R. 2003. “Situación Actual Y Perspectivas de La Cuenca Los Pericos -Manantiales.”
- Schmitz, Andrew, Richard E. Just, and Darrell L. Hueth. 1981. *Applied Welfare Economics and Public Policy*. Prentice Hall.
- Schumpeter, Joseph. 1978. *Teoría Del Desarrollo Económico*. 5ta Edició. ed. Fondo de Cultura Económica. Mexico.
- Scitovszky, Tibor. 1941. “A Note on Welfare Propositions in Economics.” *The Review of Economic Studies* 9(1): 77–88.
- Scott, C. a. et al. 2014. “Irrigation Efficiency and Water-Policy Implications for River Basin Resilience.” *Hydrology and Earth System Sciences* 18: 1339–48.
- Secretaría de Recursos Hídricos - COHIFE. 2007. *Plan Nacional Federal de Los Recursos Hídricos*. San Miguel de Tucumán, Argentina.
- Shiklomanov, I. a. et al. 2003. “World Water Resources at the Beginning of the Twenty-First Century.” *Cambridge University Press*: 452.
- Slavíková, Lenka, Tatiana Kluvánková-Oravská, and Jiřina Jílková. 2010. “Bridging Theories on Environmental Governance.” *Ecological Economics* 69(7): 1368–72.
- Solow, Robert. 1956. “A Contribution to the Theory of Economic Growth.” *The Quarterly Journal of Economics - Oxford University Press* 1(70).
- Soto-García, M. et al. 2013. “Effect of Water Scarcity and Modernisation on the Performance of Irrigation Districts in South-Eastern Spain.” *Agricultural Water Management* 124: 11–19.
- Stuart Mill, J. 1875. “Principles of Political Economy with Some of Their Applications to Social Philosophy.”
- Sturzenegger, Adolfo et al. 2010. *La Cuestión Del Agua*. ed. Físicas y Naturales Academias Nacionales de Ingeniería, Ciencias Económicas y Ciencias Exactas. Buenos Aires.
- Tang, Jianjun, Henk Folmer, and Jianhong Xue. 2013. “Estimation of Awareness and Perception of Water Scarcity among Farmers in the Guanzhong Plain, China, by Means of a Structural Equation Model.” *Journal of environmental management* 126: 55–62.
- Turner, Kerry, Stavros Georgiou, Rebecca Clark, and Roy Brouwer. 2004. *FAO Water Reports Economic Valuation of Water Resources in Agriculture*. Ro: FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS Rome,.
- Turner, Kerry, David Pearce, and Bateman Ian. 1993. *Environmental Economics. An Elementary Introduction*. Baltimore, Maryland: The Johns Hopkins University Press Baltimore.
- UN Water - World Water Assessment Programme. 2009. *UNESCO Water in a Changing World*. Paris-London: The United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO).



- Vásquez Lavin, Felipe, Arcadio Cerda Urrutia, and Sergio Orrego Suaza. 2007. *Valoración Económica Del Ambiente*. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Thompson.
- Veisten, Knut. 2007. "Contingent Valuation Controversies: Philosophic Debates about Economic Theory." *The Journal of Socio-Economics* 36(2): 204–32.
- Venkatachalam, L. 2004. "The Contingent Valuation Method: A Review." *Environmental Impact Assessment Review* 24(1): 89–124.
- Ward, Frank a, and Manuel Pulido-Velazquez. 2008. "Water Conservation in Irrigation Can Increase Water Use." *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 105: 18215–20.
- Williamson, Oliver E. 2000. "The New Institutional Economics: Taking Stock, Looking Ahead." *Journal of Economic Literature* 38(September): 595–613.
- Young, Robert A. 1996. *Measuring Economic Benefits for Water Investments and Policies*. ed. The World Bank. Washington, DC: The World Bank.
- Young, Robert Alton, and Stanfor Lee Gray. 1972. *The Economic Value of Water: Concepts and Empirical Estimates*. ed. The Commission. Colorado: United States. National Water Commission, Colorado State University. Department of Economics.
- Zhou, Shudong et al. 2008. "Factors Affecting Chinese Farmers' Decisions to Adopt a Water-Saving Technology." *Canadian Journal of Agricultural Economics/Revue canadienne d'agroeconomie* 56(1): 51–61.