

Estudio de Caso 1: Metodología aplicada para la medición del BH de Argentina

Período de análisis. Los datos que se consideraron, tienen relación con la disponibilidad simultánea y completa de los mismos. Se utilizaron los correspondientes a los períodos 1965-82.

Escala de Trabajo. El estudio de Argentina corresponde a la parte continental, en escala 1:2.500.000 (1 centímetro de papel, corresponde a 25.000 metros/ 25 km del terreno), excluye Antártico e Islas del Atlántico Sur. La cartografía empleada mayoritariamente corresponde al Instituto Geográfico Militar.

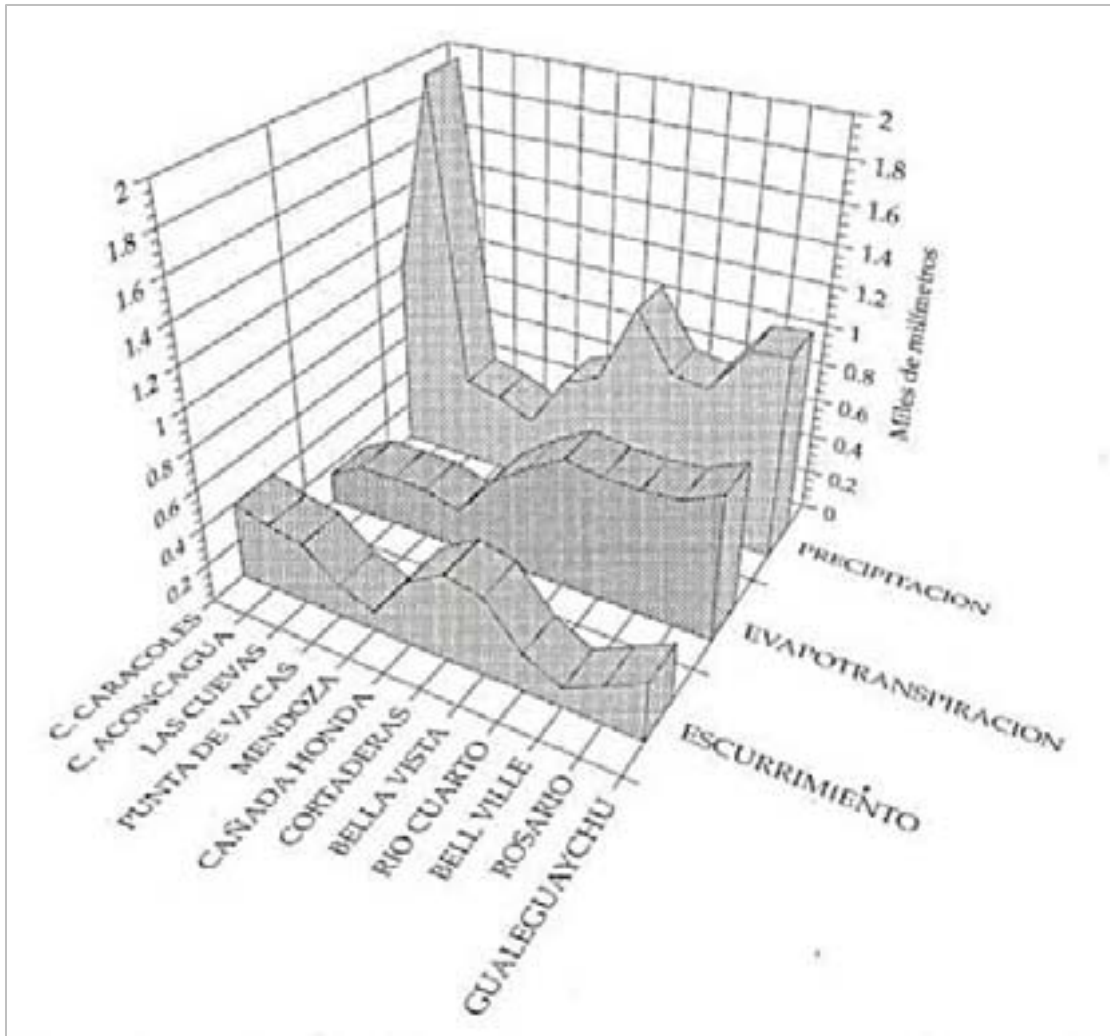
Ámbitos Físicos de aplicación. El primer paso en la resolución de ecuaciones del BH, fue encontrar la base física que permita una solución equivalente a todo el país. Se resolvió trabajar con la Cuencas Hidrológicas: Vertientes Atlánticas, Vertiente Pacífica y Endorreicas, a su vez dividido en Sistemas.

Red de Observaciones. Estaciones con registro de precipitaciones, Estaciones con registro de temperaturas y Estaciones hidrométricas.

VARIABLES CONSIDERADAS. Precipitación, Evapotranspiración (se toma como una función de la precipitación, de índices calóricos y de la temperatura media del aire), Escorrentía (se refiere al escurrimiento sobre la superficie del terreno, se contrasta con los valores obtenidos de aforo). Para conocer el BH de Argentina, fue indispensable conocer la escorrentía media anual del período considerado de 18 años y Evaporación.

La siguiente figura resume en forma gráfica, la cantidad de agua acumulada o almacenada, según datos de precipitación, evaporación y escurrimientos, considerando una franja que atraviesa una línea imaginaria (latitud 32° 30'). Téngase en cuenta que esta línea imaginaria comprende zonalmente distintas cuencas hidrográficas. Se puede observar en forma expeditiva la variación zonal de la disponibilidad de agua en su manifestación superficial especialmente. Los valores de precipitación son directamente proporcionales a los de escurrimiento, mientras que la variable evapotranspiración está relacionada con las alturas (andina occidental y llanura oriental).

Figura: Corte Zonal en 32° 30' latitud Sur



Fuente: Balance Hídrico de la República Argentina. UNESCO 1994

Ejemplo de trabajo: Cálculo de Balance Hídrico Sistema del Colorado. Con Variables Simplificadas y Regionales

A continuación se presentan Tablas las variables consideradas para analizar de la ecuación simplificada, extraídas de la Memoria Descriptiva del Balance Hídrico de Argentina como aporte a los estudios Hidrológicos de Sudamérica. En este caso se tiene en cuenta los componentes del Sistema del río Colorado.

Se debe aclarar que las celdas donde no aparecen datos, son por falta de registros de las estaciones, este hecho incide directamente en la lectura anual, ya que la serie debe ser completa.

Tabla: Precipitación media mensual- Sistema Rio Colorado

Estacion	lat	long	alt	ene	feb	mar	abr	my	jun	jul	ago	set	oct	nov	dic	anual
Cuenca del Río Jachal																
Jachal Met	3015	6845	1165	39	31	20	10	1	2	1	4	2	3	2	15	130
Cuenca del Rio San Juan																
Valle de los Patos Met	3412	7006	2880	6	5	3	16	30	51	47	15	13	10	10	3	209
San Juan INTA	3133	6832	615	24	17	12	2	0	2	0	2	2	1	5	8	75
San Juan Aeroll	3134	6825	598	20	20	10	2	0	3	0	2	1	2	6	9	75
El Balde Met.	3057	6838	928	21	21	18	0	0	1	0	2	0	1	6	14	84
Cuenca del Rio Mendoza																
Cristo Redentor Met	3248	7005	3832	2	0	6	5	17	30	50	41	31	24	8	2	216
Uspallata Met	3236	6920	1891	26	24	12	5	2	10	17	3	2	4	8	21	134
San Martin Agro	3305	6825	653	35	37	27	8	1	5	3	4	6	7	15	23	171
Chacras de Coria Met	3259	6852	921	39	30	26	15	6	6	3	5	9	14	21	28	202
Mendoza Oberv Met	3253	6851	827	42	38	28	15	7	7	4	4	9	17	16	28	215
El Plumerillo Mza Aero	3250	6847	703	36	32	26	10	3	5	3	2	6	13	13	23	172
Cuenca del Rio Desaguadero y Areas vecinas sin drenaje definido																
San Luis Aero	3316	6621	713	115	84	89	37	7	12	4	7	17	34	67	100	573

Puelches Met	3808	6555	232	30	42	54	29	11	15	11	15	26	73	39	31	376
Cuenca del Rio Tunuyán																
San Carlos Met	3346	6902	940	44	64	51	23	7	9	12	7	22	21	32	33	325
Tunuyan FC	3334	6901	----	49	25	24	15	5	2	6	7	10	24	45	23	235
La Consulta INTA	3344	6907	940	41	51	32	25	7	15	13	6	20	17	20	33	280
Ing Sardina Met	3318	6844	750	31	21	32	7	2	0	0	6	5	15	16	19	154
La Paz FC	3328	6733	----	60	31	49	18	1	6	2	5	5	11	29	44	261
Junin INTA	3309	6828	653	36	38	29	7	1	2	4	5	6	9	16	22	175
Cuenca del Rio Diamante																
San Rafael Aero	3435	6824	748	56	46	39	26	6	16	8	13	28	22	42	44	346
Rama Caida INTA	3440	6823	692	53	54	36	23	5	15	9	12	25	15	33	39	319
Cuenca del Rio Atuel																
Colonia Alvear FC	3459	6741	0	45	28	54	36	9	11	2	10	10	25	52	24	306
Santa Isabel	3616	6655	320	91	67	50	54	19	11	20	10	28	38	85	39	512
Cuenca del Rio Colorado																
25 de Mayo Met	3750	6746	356	24	38	24	56	9	12	--	--	--	25	--	--	----

Fuente: Balance Hídrico de la República Argentina. UNESCO 1994

Temperatura media mensual- Estaciones Sistema Rio Colorado

Cuenca	Nº	Estación	lat	long	ene	feb	mar	abr	my	jun	jul	ago	set	oct	nov	dic	anual
53	491	El Balde	3957	6838	265	246	211	172	125	83	81	102	143	190	225	253	174
53	086	Jachal	3015	6845	243	226	196	158	122	84	90	104	131	176	208	236	164
54	340	Barreal Aero Club	3139	6929	235	224	197	160	127	106	90	101	136	163	191	221	162
54	380	San Martín (San Juan)	3135	6826	260	240	214	170	124	79	84	108	143	194	220	250	173
54	445	San Juan INTA	3137	6832	260	244	214	171	124	81	85	109	148	191	219	253	174
54	495	San Juan Aero II	3134	6825	265	251	219	172	122	75	78	102	146	191	226	257	175
54	479	Valle Los Patos Sup.	3214	7006	127	118	98	57	22	-30	-45	-32	8	54	89	117	48
54	110	San Juan Aero I	3136	6833	265	245	219	169	122	103	77	108	--	--	--	--	--
55	370	San Martin (Mza)	3305	6825	239	224	194	152	110	71	71	94	130	171	203	231	157
55	132	Mendoza Observat.	3253	6851	236	223	195	157	117	80	80	100	134	169	199	224	159
55	131	Mendoza Aero	3250	6847	250	234	203	161	117	78	78	99	137	179	213	242	165
55	308	Uspallata	3236	6920	188	173	147	113	87	49	50	65	87	120	149	182	117
55	129	Puente del Inca	3249	6954	141	135	112	82	47	8	0	12	36	63	101	125	71
55	130	Cristo Redentor	3250	7005	40	33	25	0	-29	-64	-65	-63	-47	-32	-3	25	-15
55	454	Chacras de Coria	3259	6852	223	209	179	139	98	62	61	82	118	156	186	212	143
56	139	San Luis Aero	3316	6621	242	229	201	167	134	97	96	115	149	184	213	236	171
56	401	Puelches	3808	6555	241	226	192	142	103	69	65	83	121	155	197	226	151

57	467	Ing. D Sardina	3318	6844	242	229	194	150	100	65	59	80	119	164	202	231	152
57	442	La Consulta INTA	3344	6907	218	205	180	138	98	55	63	76	113	151	180	207	140
57	143	San Carlos (Mza)	3346	6902	208	196	169	132	93	55	55	73	103	141	173	199	133
58	448	Rama Caida INTA	3440	6823	230	217	187	143	105	68	70	89	124	158	188	219	149
58	325	San Rafael Aero	3435	6824	233	219	188	150	114	78	76	93	125	161	193	221	154
59	485	Junin INTA	3309	6828	239	225	193	153	109	71	71	91	136	173	204	230	157
59	191	Santa Isabel	3616	6655	235	--	200	157	--	--	--	103	133	--	193	234	--
59	493	La Humada	3621	6800	--	--	173	135	106	55	61	76	107	--	183	--	--
59	172	Colonia Alvear	3500	6739	233	221	191	152	116	77	80	98	129	165	196	223	156
60	095	Colonia 25 de Mayo	3750	6746	241	224	198	153	91	74	69	--	--	175	--	218	--
60	393	Valle Hermoso	3509	7012	122	116	100	74	29	-11	-16	-20	-2	19	68	96	47
60	465	Bardas Blancas	3552	6948	187	192	156	112	96	42	34	31	77	103	--	--	--

Fuente: Balance Hídrico de la República Argentina. UNESCO 1994

Tabla: Caudal medio anual- Estaciones Sistema Rio Colorado

Nº	Rio	Estación	latitud	longitud	Área (Km ²)	Caudal (m ³ /seg)	Escorrentía (mm)
53	Jachal	Pachimoco	3013	6850	25500	8	10
54	San Juan	KM. 47.3	3132	6853	25670	50	61
55	Mendoza	Usina Cacheuta	3301	6907	9040	43	150
57	Yunuyán	Valle de Uco	3347	6915	2380	27	358
58	Diamante	Los Reyunos	3434	6834	4150	30	228 (3)
59	Atuel	Rincon del Atuel	3502	6852	3800	33	274
56	Desaguadero	Desaguadero	3223	6710	10212	14	43 (3)
60	Colorado	Buta Ranquil	3706	6944	15300	147	303
60	Colorado	Pichi Mahuida	3850	6450	22300	128	181

Fuente: Balance Hídrico de la República Argentina. UNESCO 1994

La información corresponde al periodo 1965-1982, proviene de AyEE, CEPAL-CFI, DNCPyVN, DPH Bs As, HIDRONOR e INCYTH

Tabla: Balance Hídrico ríos argentinos de Vertiente Atlántica

Cuenca N°	Río	Estación	Precipitación Media (PP) mm	Evapotranspiración (EVT) mm	Escorrentamiento (R)mm
Sistema Rio Paraná					
11	Iguazú	Comandante Andresito	1779	962	803
10	Paraná	Posadas	1515	1102	415
17	Paraná	Corrientes	1251	941	252
31	Río Tercero	Embalse	820	591	268
Sistema Rio Paraguay					
20	Bermejo	El Colorado	768	430	165 (1)
14	Pilcomayo	La Paz	465	291	60
Sistema Rio Uruguay					
39	Uruguay	Concordia	1482	850	627
Sistema Rio de la Plata					
48	Salado	Guerrero	903	692	30 (3)
Sistema Río Colorado					
56	Desaguadero	Arcos del Desaguadero	188	54	43
60	Colorado	Pichi Mahuida	802	544	181
Sistema Ríos Patagónicos					
63	Limay	Paso Flores	1518	(2)	965
64	Negro	Primera Angostura	932	663	263

Fuente: Balance Hídrico de la República Argentina. UNESCO 1994

Tabla: Resumen de los Aportes por Vertiente y Sistema

Cuenca Nº	Sistema	Caudal medio		Derrame	Área de Aporte	Caudal Específico
	Nombre	m ³ /seg	%	hm ³	km ²	l/seg km ²
Vertiente Atlántica						
01/03	Del Plata	22031 (1)	85,27	694770	3092000 (2)	7,1
04	Prov. de Bs. As.	147	0,57	4636	181203	0,8
05	Colorado	319	1,24	10060	92840	3,4
06	Patagónicos	1941	7,52	61211	356033	5,5
Subtotal		24438	94,60	770677	3722076	
Promedio						6,5
Vertiente Pacífica						
07		1212	4,69	38221	33455	36,2
Endorreicas						
08	Independientes (3)	42	0,16	1325	248871	0,2
09	Mar Chiquita	114	0,44	3595	22030	5,2
10	Serrano	24	0,09	757	26555	0,9
11	Pampeano	6	0,02	189	600	10,0
Subtotal		186	0,71	5866	298056	
Promedio						0,6
TOTAL		25836	100	814764	4053587	
PROMEDIO						6,4

Fuente: Balance Hídrico de la República Argentina. UNESCO 1994

*(1) Incluye el 100% del caudal del Río Uruguay. (2) Incluye la Sup. total de la Cuenca de aporte. En territorio nacional es 918900 Km². (3) No incluye Arroyos de la Puna

Balance Hídrico de Mendoza. Variables ajustadas y proyectadas

Orígenes y actualidad

Se plantea cumplimentar la Ley General de Aguas de 1884, que establece como deberes del DGI determinar la cantidad de agua de los ríos, a través de "cálculos científicos necesarios", la determinación de la distribución proporcional de los caudales y, en definitiva, "la administración general de las aguas en la parte científica y de reglamentación"; y que dentro de sus atribuciones debe dictar "las medidas necesarias para el buen orden en el uso y aprovechamiento" de las aguas.

De esta forma el DGI ha previsto, mediante Resolución 575/12 de Superintendencia, disponer la realización de un programa de estudios y acciones que determinen el BH¹ de las Cuencas de los ríos Mendoza, Tunuyán, Diamante, Atuel, Malargüe y Grande, conforme lo ordenado por nuestra Carta Magna y las leyes provinciales dictadas a tal efecto.

El programa de estudios técnicos, es concordante con el Plan Estratégico de Desarrollo Provincial (2010) y la Ley de Ordenamiento Territorial de la Provincia de Mendoza N° 8051, que prevé el conocimiento de la disponibilidad del agua en función del BH de cada cuenca y la dotación de la infraestructura y equipamiento para garantizar un sistema urbano, rural y natural equilibrado.

Se resaltan como antecedentes imprescindibles para la elaboración del Balance Hídrico, estas iniciativas institucionales: Plan Hídrico Provincial (1999), Planes Directores de Cuenca (Proyecto DGI PNUD FAO ARG 00/008) (2003), Plan Estratégico de Desarrollo del Gobierno de Mendoza (2010) y Plan Agua 2020 (2013).

El Departamento General de Irrigación (DGI), elaboró (año 2013) un documento de base técnica para la presentación del "Balance Hídrico" (BH) a la Legislatura provincial, el cual deviene de la realización del llamado "aforo de los ríos y arroyos y que fuera ordenado por los artículos 194 y 195 de la Constitución Provincial (CP) de 1916. Este aforo, modernamente entendido como Balance Hídrico, ha sido en una primera etapa confeccionado sobre la cuenca del río Tunuyán Superior.

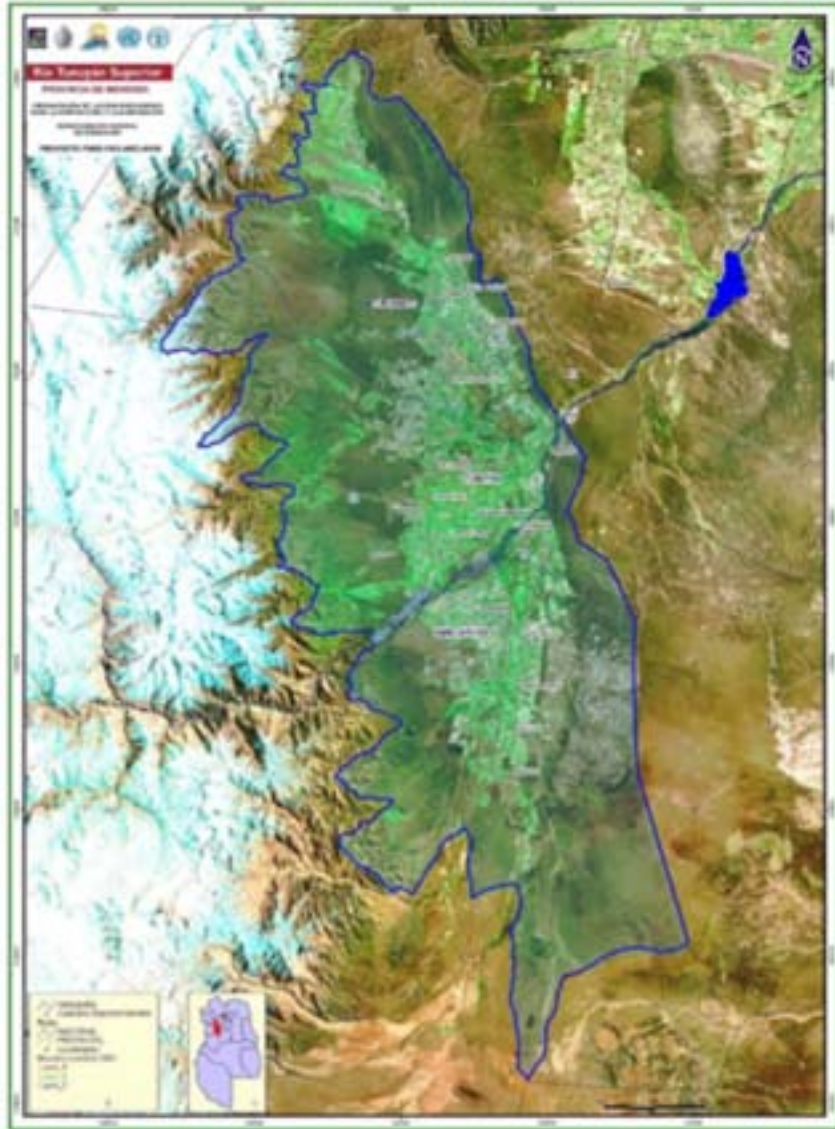
A tal efecto, se ha procedido a la realización de los estudios necesarios que tienen en cuenta la oferta hídrica, medición de caudales y también la demanda de cantidad de agua requerida, según la calidad de las tierras y la naturaleza de los cultivos, así como el

requerimiento de otros usos especiales distintos del agrícola, sobre bases técnicas consistentes.

Estudio de caso 2: Balance Hídrico de la cuenca del río Tunuyán Superior

En el marco de la legislación provincial vigente, se elevan los antecedentes de la cuenca administrativa del río Tunuyán Superior, la cual comprende el área irrigada por el Tramo Superior del río y arroyos, desde sus nacientes hasta el aforador localizado en Costa Anzorena, como cierre del sistema.

Figura: Área de estudio: Cuenca río Tunuyán superior, sobre imagen satelital



Fuente: Departamento de Gestión Hídrica. DGI (2013)

En este trabajo se consideró las siguientes variables de análisis:

- Situación de emergencia hídrica por cinco años consecutivos.
- Posibles efectos del cambio climático global, con un diagnóstico prospectivo de los recursos hídricos.

Datos medibles y proyectados:

- La información de caudales de los cursos de agua.
- Las características hidrogeológicas (aguas subterráneas).
- La demanda de los distintos usos.
- Proyección de usos en base a futuros escenarios.

También se ha incluido:

- Información de clima y las consideraciones pertinentes sobre su variabilidad.
- Requerimiento hídrico de los cultivos y de las concesiones existentes para todos los usos de la cuenca.
- Grado de eficiencia en sistemas de riego actuales y las proyecciones de eficiencia en función de avances tecnológicos.

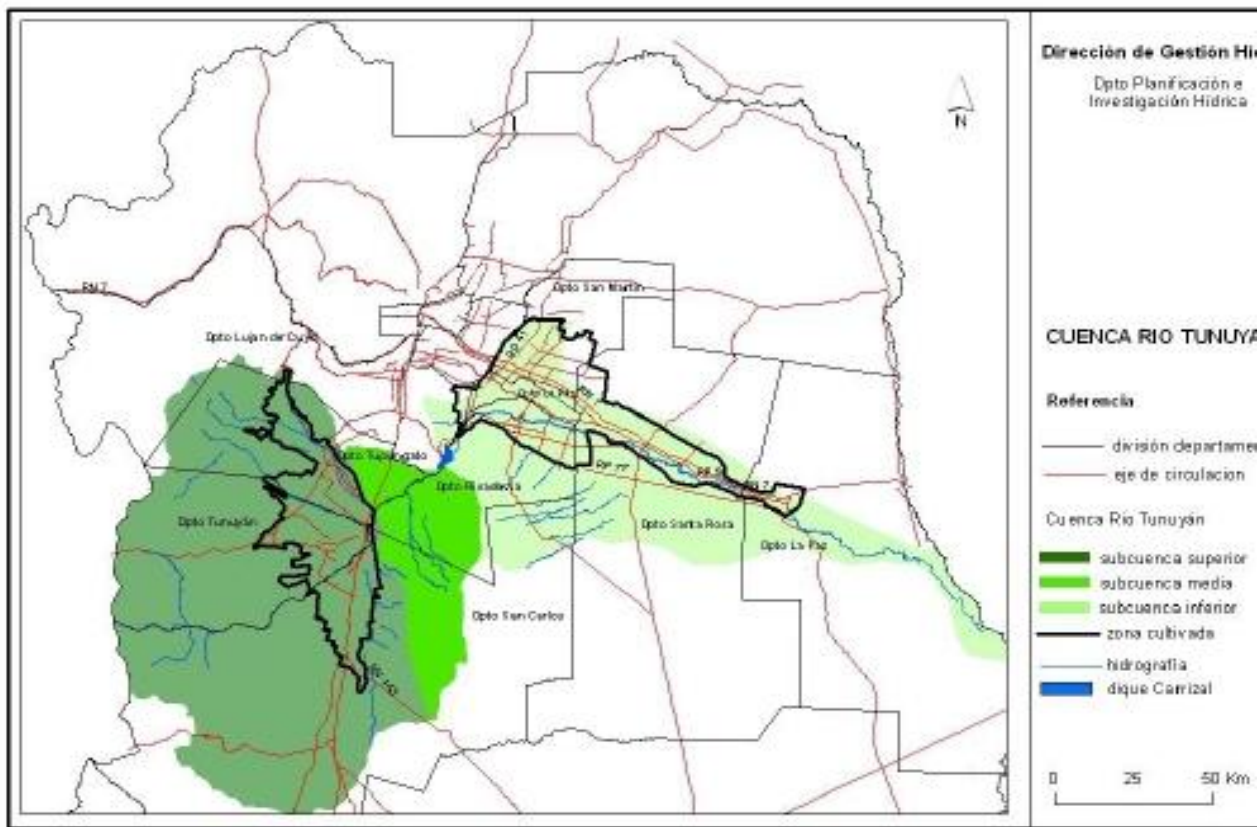
Contexto general de la cuenca del río Tunuyán Superior

El Balance Hídrico está orientado a determinar cuál es el grado de satisfacción de las demandas, a partir de un balance entre la oferta de agua superficial y demandas para los distintos usos del recurso hídrico. Para lograr esto, se ha definido el área de estudio y las etapas de análisis. Por la complejidad de la cuenca, se subdivide el área según sean las fuentes de provisión de agua, para luego abarcar en conjunto los resultados.

Descripción técnica. Etapas de trabajo

- a) Descripción de la Cuenca del río Tunuyán Superior, teniendo en cuenta la fuente de provisión de agua. Se definen las Unidades administrativas de Manejo para el análisis, procesamiento y obtención de resultados.
- b) Análisis del estado de la oferta hídrica: la Oferta hídrica superficial y sus características, y la oferta hídrica subterránea de la Cuenca, y las características geológicas.
- c) Análisis del estado de la demanda hídrica: necesidades de riego de los cultivos de la cuenca. En Modelación del Balance hídrico: análisis de las ofertas y demandas de agua por unidad agroclimática y usos no agrícolas de manejo.
- d) En el desarrollo técnico se han incorporado estudios complementarios:
 - Calidad del agua superficial y subterránea.
 - Adaptación a la variabilidad climática, identificando los principales determinantes de la "inseguridad hídrica", y estrategias de adaptación tanto institucionales como de los usuarios.
 - Escenarios prospectivos de contexto vinculados a la demanda hídrica al 2020: reflexión estratégica acerca del futuro.

Figura: Cuenca de río Tunuyán. Área de estudio: Cuenca Tunuyán superior



Fuente: Dirección de Gestión Hídrica- DGI (2014)

Sistematización Hídrica de la Cuenca

De acuerdo a las características de la cuenca administrativa es necesario subdividir el área de estudio según la fuente de provisión de agua, para luego analizar en conjunto los resultados, ya que hay interdependencia entre ellas.

Se consideran las siguientes categorías según el origen de la fuente de provisión:

- Los empadronamientos que reciben aguas del río Tunuyán y que incluyen derechos y permisos.
- Los empadronamientos que se abastecen con aguas de ríos y arroyos de origen nival: Yaucha, Aguanda, Grande, Villegas, Olmos, Las Tunas.
- Los empadronamientos abastecidos por aguas de manantial: Arroyo Guiñazú, Arroyo Salas Caroca, Arroyo Claro, Arroyo Negro.
- Los empadronamientos que se abastecen solamente con perforaciones de aguas subterráneas.

También se calcula la demanda analizando distintas situaciones:

- Situación actual de la cuenca: parcelas con derechos definitivos, eventuales y precarios, considerando la eficiencia actual.
- Se analiza la Demanda Bruta incorporando el concepto de eficiencia de riego razonable.
- Exploración en escenarios de cambio climático, hidrológicos y de cambios en la superficie cultivada.

Secuencia metodológica del proceso del Balance Hídrico.

Se sintetizan en forma esquemática los pasos para la obtención del Balance Hídrico de la cuenca del río Tunuyán Superior, con las principales metodologías, materiales y productos obtenidos.

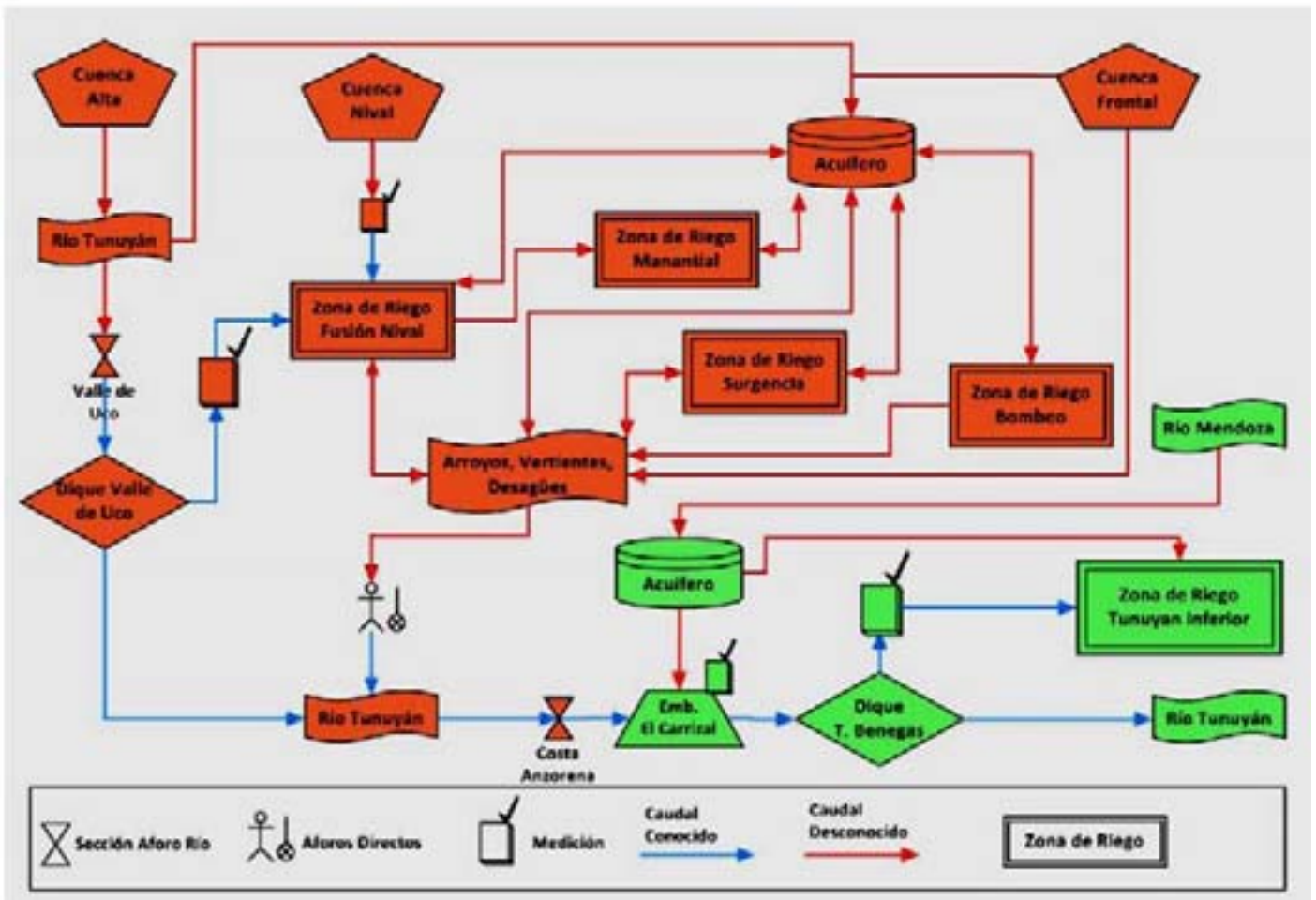
Definición de área de estudio. Una vez delimitada el área de estudios, se realiza una descripción de las características principales de la misma (flora, fauna, economía, sociología, hidrología, etc.), para lograr la información general de base.

Una vez realizada la descripción, se determinan las unidades de análisis, las cuales se han agrupado en dos tipos según su fuente de abastecimiento:

- a) Agua superficial, las fuentes de provisión de agua superficial se diferencian las de fusión nival y las de manantiales
- b) Agua subterránea. Se distinguen las de extracción mecánica y las de surgencia natural.

En forma esquemática se resume el funcionamiento de provisión de agua según distintas fuentes en la Cuenca hidrográfica del río Tunuyán Superior.

Gráfico: Esquema del Sistema Hidrológico del río Tunuyán en su tramo Superior y su relación con el río Tunuyán en su tramo Inferior



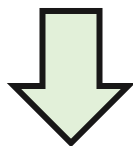
Fuente: Departamento General de Irrigación

La siguiente Tabla resume los principales parámetros analizados para determinar el BH del río Tunuyán Superior

ESTIMACIÓN DE LA OFERTA	ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA
Se interpreta la oferta teniendo en cuenta la unidad de análisis. Para ello se analiza tanto el agua superficial como el agua subterránea	Con los datos existentes se procedió a estimar la demanda hídrica para los diferentes usos y su relación con las concesiones
Estudio de la Oferta Superficial. Se contempla para el estudio superficial, los ríos, canales y arroyos. Se analizan antecedentes, series históricas y datos de aforos en ríos y arroyos e información de operación de canales.	Estimación de la demanda neta de los cultivos de referencia. A partir del cálculo de la evapotranspiración de referencia y en particular la evapotranspiración de cada cultivo se obtuvieron las demandas netas de riego.
Evaluación de la oferta Hidrológica de los Ríos. Según datos de aforos y antecedentes, se caracteriza la oferta a partir del cálculo de frecuencias de caudales medios mensuales tomando como medida descriptiva de tendencia central a la moda que caracteriza de mejor manera el comportamiento hidrológico de los ríos y arroyos.	Estimación de célula de cultivo por unidad de Manejo. Una vez hecha la validación en campo, se calcula la proporción de cada tipo de cultivo para cada unidad de manejo lo cual constituye la base para el cálculo de demanda.
Análisis y cuantificación de reúsos. Se realiza un estudio de los establecimientos que vuelcan efluentes a los cauces, revisando y analizando sus plantas de tratamiento y caudales	Estimación de eficiencia en campo. Implica las siguientes tareas: aforos de caudal en la entrada de finca, aforo del caudal de entrada y salida en la parcela de estudio, medición de los niveles topográficos, medición de la tasa de infiltración, medición de los tiempos de avance y receso, toma de muestras para análisis de suelo, medición de la humedad inicial del suelo, y medición del perímetro mojado del surco.
Estudio de la Oferta-Subterránea. Se realiza un detallado análisis de la información de los estudios hidrogeológicos, para entender la oferta de aguas subterráneas de la región.	Estimación de la eficiencia actual. De la recopilación de antecedentes bibliográficos y estudios de campo se determinaron los valores de eficiencia actual en la cuenca de estudio.
Determinación de las extracciones de aguas subterráneas. Se trabajaron dos	Estimación de la eficiencia potencial. Se procedió al cálculo de la eficiencia

<p>casos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - zonas con agua subterránea como fuente hídrica exclusiva, se aproximó la extracción a partir del conocimiento de la demanda de los cultivos ponderada por la eficiencia de uso. - áreas con fuente mixta a partir de encuestas realizadas a productores de las cuales se definió el nivel de extracción. 	<p>potencial, entendida como la máxima probable de alcanzar para el área de estudio.</p>
<p>Determinación de la oferta de aguas de manantial. Se tomaron los valores históricos de aforos en los arroyos de manantial, y se consideró un análisis del comportamiento de estas aguas, correlacionando la oferta de aguas de manantial con las aguas del río de origen nival.</p>	<p>Estimación de la eficiencia razonable. Se estima la eficiencia razonable como aquella que sería factible de alcanzar mediante la aplicación de mejoras culturales en el sistema de riego de acuerdo a prácticas culturales conocidas y que permiten la rentabilidad de los cultivos.</p>
<p>Calculo de la Evapotranspiración. Para la determinación de la Evapotranspiración de Cultivos de referencia (ETO), se utilizaron como entrada, los datos de estaciones meteorológicas con lecturas diarias, para el período 2000-2011. Se trabajó en la necesidad de riego para seis cultivos de referencia de la zona en estudio: vid para vinificar, duraznero, tomate y ajo (hortícolas de referencia, alfalfa (pasturas) y el álamo (forestales). En el cálculo se han tomado en cuenta también las parcelas abandonadas, como potenciales demandantes de agua a futuro.</p>	<p>Estimación de la Demanda Bruta. Se calcula la demanda bruta a partir de la demanda actual afectada por la eficiencia global del sistema.</p>
<p>Relevamiento y modelación de embalse. Se procedió al relevamiento de información de las características de embalse (batimetría, capacidad min, capacidad máx., curva elevación volumen y operaciones pasadas), con lo cual se logra una modelación del embalse y su operación.</p>	<p>Estimación de la necesidad de riego. A partir de la demanda bruta, se determina la necesidad de riego para cada una de las unidades de manejo, considerando las particularidades de cada una.</p>

Operación de embalse. Se procede a modelar la operación del embalse y azudes derivadores, con el objetivo de cubrir la demanda hasta un valor de garantía definida previamente (pero que es revisada durante el año en función de la oferta hídrica disponible).



Elaboración del Balance Hídrico Actual. Modelos matemáticos

Se realiza un análisis de la relación entre la oferta y demanda

Se estima el grado insatisfacción de la demanda, teniendo en cuenta las condiciones actuales de eficiencia de riego, superficies cultivadas y el estado actual de las concesiones.

Elaboración de Escenarios

A los efectos del análisis prospectivo del balance se realizan los siguientes escenarios:

Escenarios de empadronamiento.

Escenarios de eficiencia de uso del agua.

Escenarios de cambio climático.

Escenarios de cambios de superficie cultivada

Escenarios de caducidad por abandono

Escenarios en la variación de capacidad de los embalses

Análisis de potenciales líneas de acción

Se determinan posibles situaciones, y acciones potenciales a tomar según el análisis de variables que surjan de los escenarios

Conclusiones. Interpretación de los resultados.

Se han obtenido como resultados concretos el "Balance Hídrico Actual" (2013) y el "Balance Hídrico Proyectado" (2020) de la Cuenca del río Tunuyán Superior.

En el primer caso se indica que el mismo ha sido calculado con las eficiencias actuales, los derechos superficiales empadronados cultivados y los coeficientes de distribución utilizados a la fecha.

En el segundo caso se realiza el cálculo de simulación prospectiva en base al concepto de "eficiencia razonable" y los derechos superficiales empadronados que se encuentran cultivados. En este caso a diferencia del balance actual se consideró la variabilidad climática futura, aplicando una reducción de la oferta hidrológica y un incremento de la demanda por el aumento de la temperatura.

En forma conjunta se realiza un análisis legal e institucional que deviene de la implementación del Balance Hídrico para la administración del agua en la cuenca, proponiendo a partir de este estudio la actualización y complementación de la normativa existente a la fecha, para afrontar los desafíos del siglo XXI.

Aspectos técnicos. Balance actual

La modelación actual al año 2013 de la cuenca del Tunuyán Superior, representa su funcionamiento e interacciones. Para su ejecución se incorporaron las reglas de operación históricas de las Unidades de Manejo (UM) que dependen del Dique Valle de Uco, las del Embalse Carrizal y la del Dique Benegas. También se consideraron las eficiencias actuales, las superficies cultivadas con derechos y los coeficientes de distribución utilizados a la fecha. Esta modelación es llevada a cabo con el software WEAP, desarrollado por el Instituto de Ambiente de Estocolmo (SEI).

De los resultados de la modelación se desprende que para el balance actual hay déficits estacionales generados por la relación oferta-demanda. Estos déficits se manifiestan de forma diferente en aquellas unidades de manejo que dependen del Dique Valle de Uco y en aquellas que se abastecen por sistemas diferentes.

1. En el caso de las UM que no dependen del Dique Valle de Uco se presentan déficits estacionales muy marcados, debido fundamentalmente a la importante demanda hídrica en los meses de primavera que no se puede abastecer hasta que se produzca la fusión nival a comienzo del verano. En algunas de estas UM se presenta la particularidad de tener

coberturas de demandas anuales excedentes e importantes déficits mensuales en la estación primaveral.

2. Para las UM que dependen del Dique Valle de Uco se obtiene déficits en la cobertura de la demanda durante los meses de primavera y verano. Estas unidades presentan la misma distribución de cobertura de la demanda, poniendo de manifiesto el efecto regulador del Embalse El Carrizal.

En función de estos resultados es que se simuló un escenario sin las restricciones de las reglas de operación de los diques derivadores, siendo la única modificación introducida en la distribución mensual de la oferta.

3. Como resultados de este cambio se obtienen mejores coberturas de demanda durante los meses de primavera y verano, manteniéndose la misma cobertura de demanda anual, ya que no se modifica la oferta del río. En este escenario queda de manifiesto la limitación estructural del sistema para satisfacer las demandas de los cultivos debido a la capacidad de conducción máxima del Canal Matriz Valle de Uco.

Aspectos técnicos. Balance proyectado

En la modelación del Balance Proyectado, se calculó incorporando el concepto de "eficiencia razonable", teniendo en cuenta los derechos superficiales empadronados que se encuentran cultivados, pero a diferencia del balance actual y en función de la variabilidad climática futura se considera una reducción de la oferta hidrológica y un incremento de la demanda por el aumento de la temperatura.

La eficiencia razonable hace referencia a la eficiencia que es posible alcanzar introduciendo una mejora en las prácticas de riego, sin un cambio en el sistema de riego parcelario ni grandes inversiones. Se trata pues de tratar de mejorar los sistemas actuales con prácticas, sencillas llevando su potencialidad hasta el límite técnico del sistema, es decir se busca lograr la mayor eficiencia posible del riego con el sistema actual.

Analizando los resultados alcanzados en la modelación con eficiencia razonable, se observa que los valores de cobertura de demanda son superiores a los obtenidos a partir de la modelación con eficiencia actual

- Para las UM que dependen del Dique Valle de Uco se obtiene un valor cobertura anual de demanda global del 93,3%.
- En el caso de las UM que se abastecen de otras fuentes hídricas provenientes de manantiales se observa en general, excedentes anuales que superan la demanda requerida a lo largo del ciclo agrícola. Estas UM que tienen diversos regímenes de escurrimiento sin

oferta regulada cuentan con gran disparidad de coberturas de demandas.

Todas las UM superan la cobertura anual de demanda en más del 85%, aplicando la suma de fallos que calcula el modelo. Se deduce entonces que aun habiendo introducido en el presente escenario variables que incrementan la demanda y disminuyen la oferta, la variable de eficiencia razonable, es la de mayor peso relativo por cuanto permite incrementar los valores de cobertura de la demanda.

De los resultados obtenidos se infiere que los valores de cobertura de la demanda a través del Balance Proyectado alcanzan umbrales de referencia aceptables en regiones semiáridas bajo riego

Reflexiones Finales Balance Hídrico Cuenca Tunuyán Superior

Cabe destacar que las reflexiones a las que se arribaron según el análisis técnico, no se deben considerar cerradas, ya que el BH de un área definida como cuenca, constituye una herramienta para visualizar la situación ambiental, social y económica al momento de efectuado el análisis; planteando además escenarios con recomendaciones de cambios y/o mejoras pertinentes tendientes a la sustentabilidad. De modo que la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos de Mendoza, garantice un sistema urbano, rural y natural equilibrado, con especial atención en la disponibilidad de agua (Ley 8051 de Ordenamiento Territorial y Usos del Suelo

- De la información técnica producida en el estudio presentado ante la Legislatura de la provincia de Mendoza en el año 2013, se puede observar que la llamada eficiencia externa o de conducción ronda el 85%. Esto significa que desde que el Departamento General de Irrigación capta el agua, hasta que la misma llega a la puerta de la finca, de cada 100 litros que la Institución distribuye por los canales, llegan 85 a las fincas. Por otra parte, se determinó que la eficiencia actual intra finca es del 43%. Ello significa, siguiendo este ejemplo, que de esos 85 litros que el Departamento General de Irrigación entrega, solo 36,5 litros son efectivamente tomados por los cultivos. Asimismo, como producto de distintas variables (donde naturalmente se contempla la oferta) a la hora de evaluar la cobertura de la demanda, esto es, la necesidad de agua que tienen los cultivos para una óptima productividad en lo referido al impacto del agua, el Balance Hídrico actual arroja un resultado que ronda el 75% de cobertura sobre lo realmente precisado.
- La variable estratégica a desarrollar se encuentra marcada por la eficiencia intra finca. Prueba incontrastable de ello, es la cobertura de la demanda que se podría lograr, como resultado de incorporar en los cálculos prospectivos el concepto de "eficiencia

razonable" en el riego. La cobertura de demanda que se lograría rondaría en un 90%, solamente mejorando el sistema de riego sin llegar a la sustitución de tecnologías presurizadas, todo lo cual nos permitiría pasar de la eficiencia del 43% antes mencionada a un 55%.

➤ El resultado de la aplicación del Balance Hídrico, da cuenta, de la acuciante necesidad de un uso más eficiente del recurso hídrico. Ello mejoraría sensiblemente la cobertura de la demanda de los cultivos existentes y por tanto, tendríamos un impacto decisivo en la productividad de los mismos, mejorando consecuentemente el desarrollo económico de la Provincia. Otro de los resultados a obtener de ajustar esta variable, es la consecuente ampliación de los cultivos que podríamos llegar a tener como Provincia, y por ende el crecimiento del oasis de la cuenca del Tunuyán Superior, como producto del ahorro del agua y una mejor distribución de la misma. Ampliar el oasis significa generar empleo y desarrollo socioeconómico en un modelo productivo que todavía puede y debe ser potenciado.

➤ Para lograr estos objetivos al 2020 (mejorar la cobertura de demanda hídrica de los cultivos y la posibilidad de ampliación del oasis) no alcanza con la obligatoriedad para los usuarios de lograr esa eficiencia, sino que deben generarse, desde la administración, las herramientas que ayuden a estos a cumplir ese cometido. Entre las medidas de fomento de la eficiencia se concluye como necesaria la de otorgar al usuario que cumple, la posibilidad de extender sus cultivos dentro de la misma propiedad.

➤ Para lograr la eficiencia óptima resulta fundamental prever mecanismos de estímulo fomento a la inversión tecnológica en sistemas de riego. Dicha inversión debería garantizar al interesado el acceso al agua que exceda las necesidades del cultivo tecnificado. Entre los antecedentes similares a dicha iniciativa puede mencionarse el RUA (Registro Único de Agua), creado y regulado por el Departamento General de Irrigación en la década de los años 90. Dicha posibilidad deberá, naturalmente, estar debida y estrictamente reglamentada por el DGI.

➤ Asimismo, el apoyo y asistencia a las Inspecciones de Cauce, debería profundizarse a fin de lograr sensibles mejoras en la planificación, ejecución y fiscalización de la distribución del agua, lo cual es preciso reafirmar fortaleciendo las mismas y ordenando que se ajuste la distribución del agua tanto en los canales matrices como en los secundarios y terciarios según la eficiencia razonable, la variabilidad de la oferta, los derechos de agua empadronados, la superficie realmente cultivada y las necesidades de cada tipo de cultivo.

Para efectivizar esto último habrá que prever los instrumentos registrales necesarios que permitan contar con la información actualizada sobre los cultivos que se proyectan afrontar anualmente y sus requerimientos hídricos, datos que serán cruciales para la confección de

los planes de distribución y administración de los canales matrices y la elaboración de los cuadros de turnos o programa de entrega de dotaciones.