

INDICE DE CONTENIDOS

1	INTRODUCCIÓN	3
1.1	Objetivos del trabajo	3
1.2	Alcance y contenido del informe	3
2	PORPUESTA DEL IDIH – AÑO 1993	4
2.1	Introducción	4
2.2	Alternativa 1. Reservorio de almacenamiento de crecidas	4
2.3	Alternativa 2. Diques transversales retardadores de caudales pico.	5
2.4	Alternativa 3. Restauración hidrológica foresta	5
2.5	Solución alternativa con gaviones	6
2.6	Esquema general de obras analizadas	7
2.6.1	Cuenca Arroyo Pequenco	7
2.6.2	Cuenca Arroyo Durazno	8
2.7	Uso de gaviones en obras longitudinales	9
3	OFERTA, DEMANDA Y BALANCE HÍDRICO	10
3.1	Oferta hídrica superficial	10
3.1.1	Río Malargüe	10
3.1.2	Arroyo Pincheiras	13
3.1.3	Oferta hídrica superficial según informe “Planes Directores de Ordenamiento de los Recursos Hídricos de Mendoza”.	16
3.2	Demanda hídrica	17
3.2.1	Generalidades	17
3.2.2	Estimaciones de la demanda	17
3.3	Balance Hídrico. Situación Actual	19
3.3.1	Oferta y demanda hídrica consideradas en el balance	19
3.3.2	Balance hídrico	20

4	CONCLUSIONES	26
5	BIBLIOGRAFIA	30

1 INTRODUCCIÓN

Dentro del medio ambiente físico cobra especial relevancia el recurso hídrico, siendo de interés tanto su cantidad como calidad, a fin de la evaluación del uso actual del recurso, o bien por su futuro en diversas actividades de origen antrópico.

En función de lo expuesto, este trabajo presenta la información de oferta y demanda recabada de los recursos hídricos superficiales correspondientes a la Cuenca del Río Malargüe y del análisis de defensa aluvional de los Arroyos Pequenco y duranzo .

El Presente Informe es la continuación del Informe Parcial del Estudio de Macrozonificación del Campo Cañada Colorada Apartado 5.1.7. Agua Superficial – Hidrología

1.1 *Objetivos del trabajo*

El Objetivo de este estudio es completar el análisis del Recurso de agua superficial en cuanto a la disponibilidad (Oferta) para cubrir una Demanda Futura estimada en base al uso sustentable del Campo cañada Colorada y el oasis de la Ciudad de Malargüe.

También tiene como objetivo mostrar un resumen de las obras planteadas para resolver el escurrimiento aluvional en la zona del Pedemonte asociado a los Arroyos Durazno y Pequenco, en el Proyecto desarrollado por el Instituto de Investigaciones Hidráulicas de la Universidad nacional de San Juan..

El trabajo en su totalidad comprende tres etapas consecutivas a saber:

- Recopilar información existente.
- Analizar las variables observadas.
- Elaborar conclusiones y recomendaciones.

En este trabajo se presenta la primera de las citadas etapas, sin perjuicio de posibles extensiones de la información recabada hasta el momento.

1.2 *Alcance y contenido del informe*

Se efectúa una descripción resumida del trabajo del Instituto de Investigaciones Hidráulicas sobre de los recursos de agua superficial en el área de estudio.

Se ha contemplado la información vertida en el documento “Plan director de ordenamiento de los recursos hídricos de la Cuenca del Río Malargüe” (GOBIERNO DE MENDOZA, 2004. Departamento General de Irrigación. Proyecto PNUD-

FAO/ARG/00/008), particularmente la correspondiente al Anexo N° 2 “Oferta Hídrica superficial.

2 PORPUESTA DEL IDIH – AÑO 1993

2.1 Alternativas estudiadas

Los cauces de los arroyos Pequenco y Durazno son los que se ciernen sobre la Ciudad de Malargüe con mayor riesgo, ante la posibilidad de la ocurrencia de aluviones. Estos amenazan la ciudad, terrenos cultivados de la zona bajo riego, como así también todas las obras de infraestructura lindantes.

Es en el marco de lo expresado, que en el año 1992, la Municipalidad de Malargüe estableció un convenio con el Instituto de Investigaciones Hidráulicas de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de San Juan, IDIH, para que este efectuara los estudios necesarios a fin de determinar aquellas obras de corrección, necesario introducir en la cuencas mencionadas, que posibilitaran mitigar los efectos ante la ocurrencia de eventos como los señalados.

En este capítulo se presenta un breve resumen de las obras oportunamente recomendado ejecutar. La localización de las Obras Puede verse en el Mapa Anexo IV.

2.1.1 Alternativa 1. Reservorio de almacenamiento de crecidas

De los relevamientos topográficos realizados se desprende que existe la zona adecuada para ello aguas arriba de la unión de los arroyos Pequenco y Durazno hasta llegar a la línea de alta tensión.

Para lograr retener el volumen de una avenida se necesita mejorar la depresión existente con la realización de endicamientos longitudinales de materiales sueltos con una protección aguas arriba. Dichos endicamientos se extienden a una longitud de aproximadamente 6 a 8 Km. representando un volumen de materiales sueltos a remover y de una obra de fábrica para evacuación de crecidas extraordinarias.

Esta obra al representar un embalse retardador de crecidas que se encuentra directamente aguas arriba de los terrenos habitados y de explotaciones agrícolas debe cumplir con todas las normas de seguridad recomendadas para estas estructuras.

Un factor que determina la vida útil de esta solución es el aporte de sólidos que los arroyos traen y depositan al encontrar un remanso en su curso. Este efecto paulatinamente disminuye la capacidad del reservorio, con lo cual su acción retardadora se ve disminuida con

el paso del tiempo. Si bien es una solución que permite una rápida respuesta al problema, requiere de soluciones complementarias que minimicen los aportes de materiales sólidos.

2.1.2 Alternativa 2. Diques transversales retardadores de caudales pico.

Estos azudes ubicados a la salida de las distintas subcuencas caracterizadas en los arroyos Pequenco y Durazno se encuentran en la zona alta y media de las cuencas por lo tanto su emplazamiento se realiza en proximidades de la roca aflorante lo cual disminuye los volúmenes de material que ello implica y permiten su realización en estructuras del tipo flexibles o rígidas.

2.1.3 Alternativa 3. Restauración hidrológica foresta

La forestación de las cuencas tiende a producir varios efectos entre los cuales se encuentra el hecho que retarden las crecidas y disminuyan los caudales pico.

La ubicación de estas microcuencas y zonas de reforestación se las propone en la red de drenaje de las cuencas analizadas desde sus cabeceras

- Estas reforestaciones ubicadas en las distintas subcuencas caracterizadas en los arroyos Pequenco y Durazno se encuentran en la zona alta , media y baja de las cuencas. Su realización se complementa con movimiento de suelo y estructuras del tipo flexibles.

Las áreas forestales de las cuencas hidrográficas tienen una importancia fundamental en el proceso erosivo. Si la vegetación ha sido alterada y esta muy lejos de las formaciones climáticas, la protección del suelo será mínima y la mayor parte del agua de lluvia se perderá por escorrentía, ya que al saturarse las capas superficiales del suelo el agua escurrirá por las laderas hasta llegar a la red hidrográfica, con poco aprovechamiento para la vegetación y además ser la causa fundamental de la erosión del suelo y lo que puede causar las avenidas, que producen las inundaciones en las zonas bajas de las cuencas.

La mejor y más eficaz defensa del suelo contra la erosión es la vegetación, y si en ella están representados los estratos arbóreo, arbustivo y herbáceo la protección será máxima. La vegetación ejerce otra importante función y es la de poner obstáculos al escurrimiento de las aguas ladera abajo y así reducir su velocidad. No solo la parte aérea defiende al suelo, además los sistemas radiculares forman una tupida malla, que contribuye decisivamente a la sujeción de suelo. El continuo aporte de materia orgánica que produce la vegetación y sobre todo la arbórea, constituye un biotipo ideal para la proliferación de una micro fauna, que a su vez aporta también materia orgánica.

2.2 Solución alternativa con gaviones

En general los taludes de las barrancas de los cauces de los arroyos, presentan acumulaciones de rocas descompuestas en los conos de deyección de detritos, los cuales se desplazan de manera más o menos continua y descienden hacia el fondo de la pendiente, donde se acumulan o son arrastrados por la erosión. El movimiento que se produce se denomina Fluencia Plástica Lenta y continúa a través del tiempo hasta encontrar su equilibrio.

Distintos autores coinciden en que los deslizamientos súbitos se producen en pendientes pronunciadas, cualquiera sea la densidad relativa, causados exclusivamente por las presiones de filtración del agua que escurre en forma sub superficial a través de los mantos rocosos. Se desprende que dichos deslizamientos se producen con abundante presencia de agua.

El informe geológico y edáfico es claro en cuanto a la importancia de poder realizar obras que permitan la fijación de la vegetación para ayudar a la consolidación de los terrenos y evitar las erosiones de la cubierta de la cuenca.

Por las características se propone realizar muros de gaviones transversales a los cauces, a fin de modificar las pendientes longitudinales sin estrechar el cauce. Esta solución permite mantener el ancho del cauce, encauzar las aguas del arroyo y servir de pie de drenaje de los conos de deyección o acumulación del material de arrastre de los cauces.

En los espaldones de encauzamiento y en el terraplén de cierre, se aconseja utilizar los revestimientos flexibles en Colchonetas "Reno".

Las estructuras en gaviones se identifican por sus características fundamentales: flexibles, armadas, drenantes y de larga duración. Dichas obras son particularmente aptas para: corrección de torrentes, consolidación de suelos, protección de terraplenes, etc.

Sumando a las particularidades de la zona el hecho de que se encuentra en una zona alta sismicidad, se desprende que las características de los gaviones (flexible y armado) gravitan fundamentalmente para su elección, frente a otras soluciones tradicionales.

A fin de consolidar estas zonas se propone realizar cordones transversales a la pendiente que permitan la fijación del terreno y la modificación del talud.

De esta manera el escurrimiento superficial se produce a través de elementos que disipan la energía y respecto al escurrimiento subsuperficial los cordones actúan como drenes, liberando la zona de presiones hidráulicas. Esta solución debe acompañarse con la implantación de especies vegetales en sus tres estratos que fijen el terreno.

Como parámetros de diseño se tienen:

- Permitir un buen drenaje a través de la fundación de la obra, para no someter la estructura a presiones hidrostáticas.
- Realizar un emplazamiento adecuado que provoque la máxima pérdida de energía del escurrimiento superficial.
- Fijar los extremos de los cordones en zonas de mayor estabilidad.
- Adecuar el terreno para que arraigue la vegetación.

2.3 Esquema general de obras analizadas

En base a la información recopilada, visita a las cuencas de los Arroyos Pequenco, Durazno y afluentes, los informes de los aluviones propios del municipio, la charla con lugareños etc. y en función de lo estudiado y procesado se propone un esquema general, el que se describe a continuación.

De las observaciones de los perfiles transversales, la planialtimetría de las cuencas, el informe geológico - geotécnico y los detalles de las zonas relevadas se desprende la posibilidad de realización de múltiples obras, a fin de enfrentar los efectos de tormentas en dicha zona.

El informe geológico y edáfico es claro en cuanto a la importancia de poder realizar obras que permitan la fijación de la vegetación para ayudar a la consolidación de los terrenos y evitar las erosiones de la cubierta de la cuenca.

Por las características se propone realizar muros de gaviones transversales a los cauces, a fin de modificar la pendiente longitudinal sin estrechar el cauce. Esta solución permite mantener el ancho del cauce, encauzar las aguas del arroyo y servir de pie de drenaje de los conos de deyección o acumulación del material de arrastre de los cauces.

2.3.1 Cuenca Arroyo Pequenco

2.3.1.1 Obra de cierre N° 1.1., Cierre del Arroyo Brea

Se trata de un cierre en la zona alta de la cuenca, propiamente nos referimos al A° Brea, a la salida de su cuenca superior. Esta obra consta de un muro transversal al curso del arroyo que actúa como cierre provocando un salto de agua con una protección de la zona de impacto mediante la realización de un cuenco amortiguados de dimensiones acorde a los parámetros de diseño.

2.3.1.2 Obra de cierre N° 1.2. Cuenca alta del Arroyo Pequenco

En este caso se trata de realizar una obra en gaviones sobre el afloramiento rocoso de concepción de un azud vertedor con cuenco de disipación de energía.

2.3.1.3 Obra de cierre N° 1.3. Cuenca media del Arroyo Pequenco

Esta zona responde a la salida de la alta cuenca donde el A° Pequenco sobrepasa una estrecha garganta rocosa correspondiente en el plano geológico a la Formación Puchenque del periodo Lias Dogger. Esta obra se consiente bajo la óptica de realizar un cierre en la garganta que deja el cauce por su paso por el afloramiento rocoso. Se esquematiza un azud con cuenco de disipación, obra que produce un salto de considerable efecto en la hidrodinámica del escurrimiento.

2.3.1.4 Protección de taludes del Arroyo Pequenco

Esta zona responde a la superposición del A° con el canal de riego en su trayecto hacia el norte paralelo al desarrollo de la Ciudad, en su camino hacia el encuentro actual con el A° Durazno. En este caso se propone proteger la margen derecha del cauce en cuanto a su talud y pie del mismo para evitar los esfuerzos dinámicos sobre el mismo a fin de disminuir los riesgos de rotura del mismo.

2.3.2 Cuenca Arroyo Durazno

Para el control y regulación de esta cuenca se propone un cierto tratamiento complementado con obra de desvío, trasvase de cuenca del Arroyo Durazno hacia el norte por medio de un cierre del cauce actual y una canalización piloto que cruce las terrazas bajas de la cuenca hacia su encuentro con la Ruta N° 40 y las vías del FFCC.

2.3.2.1 Obra de cierre N° 2.1. Cierre en la unión de los arroyos Ventana y Durazno Superior

Nos estamos refiriendo a la alta zona de la cuenca donde se unen los A° Ventana y Durazno, en una garganta en el plano geológico corresponde a la unión de la Formación Malargüe del periodo Cretácico del Mesozoico, con la formación Tobas del Payún-Matru del periodo Holoceno del Cuartario Cenozoico. Esta obra se consiente bajo la óptica de realizar un cierre en la garganta que deja el cauce por su paso por el afloramiento rocoso.

2.3.2.2 Obra de cierre N° 2.2. Cierre y trasvase de cuenca

Nos estamos refiriendo a la salida de la alta cuenca donde el arroyo pasa próximo a la elevación Bardas Blancas correspondiendo en el plano geológico al extremo norte de la formación Mendoza del periodo Jurásico Mesozoico. En este caso la propuesta es realizar un cierre del cauce por medio de un terraplén protegido con gaviones a modo de cierre longitudinal con espigones transversales.

2.3.2.3 Obra N° 2.3. Canal piloto

Una vez realizado el cierre del A° Durazno se realiza un canal de derivación y trasvase del caudal del mismo hacia el norte de la cuenca a fin de alejar su cauce de la zona de influencia de la Ciudad de Malargüe, el mismo en su embocadura y margen derecha en su alejamiento del viejo cauce protegido con gaviones de pequeño espesor tipo colchoneta, como medida de seguridad y a fin de garantizar que el caudal retrabaje su lecho en la margen izquierda.

2.3.2.4 Obra N° 2.4. Cruce ruta N° 40 Y FF.CC

A semejanza de las actuales obras se propone realizar otras que aseguren el cruce de estas obras, continuando la canalización hacia las zonas de depresión al este.

2.4 Uso de gaviones en obras longitudinales

Las obras longitudinales son aquellas que se desarrollan en forma paralela al eje del curso de agua. La oportunidad técnica de utilizarlas en reemplazo de espigones está condicionada generalmente por su mayor costo, encontrando empleo sólo en aquellos casos que resultan indispensables, como ser cuando no puede reducirse el ancho del cauce, modificarse la línea de costa, o las márgenes se ven afectadas por corrientes transversales.

Las sistematizaciones hidráulicas que tienden a la regulación total o parcial del curso requieren una planificación general basada en un estudio pormenorizado. La elección del tipo de obras a realizar (transversales, longitudinales o espigones) dependerán de las características del nuevo cauce, en especial su situación respecto al preexistente y la sección de escurrimiento adoptada.

3 OFERTA, DEMANDA Y BALANCE HÍDRICO

3.1 Oferta hídrica superficial

3.1.1 Río Malargüe

Los valores presentados han sido determinados sobre la base de los escurrimientos medidos en la estación de aforos La Barda, siendo esta la única existente sobre el río Malargüe.

La oferta hídrica superficial del río Malargüe es en promedio 336,80 Hm³/año, para el periodo comprendido entre julio de 1987 a junio del 2008. Presenta además como máximo y mínimo para la misma variable y periodo, valores de 655,30 y 163,80 Hm³/año.

Los caudales medios mensuales observados, y algunos estadígrafos de tendencia central y dispersión, se presentan en la Tabla 3.1 y Gráfico 3.1. La Figura 3.2 presenta el histograma de frecuencia de caudales para la misma serie.

Tabla 3.1: Caudales medios mensuales en Estación La Barda

	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
PROMEDIO	8,06	9,50	9,63	13,33	17,88	17,81	14,42	10,19	7,81	7,09	7,76	8,05
MEDIANA	7,56	7,48	8,65	12,31	17,00	19,40	14,53	8,82	7,10	7,38	6,90	8,20
MAXIMO	17,09	23,04	19,97	24,74	31,24	35,05	35,06	26,39	15,21	11,01	20,93	13,11
MINIMO	4,20	4,20	5,00	6,56	5,70	5,43	4,74	4,20	3,25	3,27	4,60	4,30
VARIANZA	9,21	31,31	14,69	26,23	51,03	65,35	64,49	30,32	11,16	4,10	11,95	5,60
DESV. EST	3,03	5,60	3,83	5,12	7,14	8,08	8,03	5,51	3,34	2,03	3,46	2,37

De acuerdo a esta serie, los caudales medios mensuales, presentan en promedio un máximo de 17,88 m³/s en el mes de noviembre, mientras que los mínimos lo hacen en el mes de abril con 7,09 m³/s. El módulo del río en esta estación es de 10,67 m³/s.

CAUDALES MENSUALES PROMEDIO, MÁXIMO Y MÍNIMO - ESTACION LA BARDA
Periodo 1987 - 2008

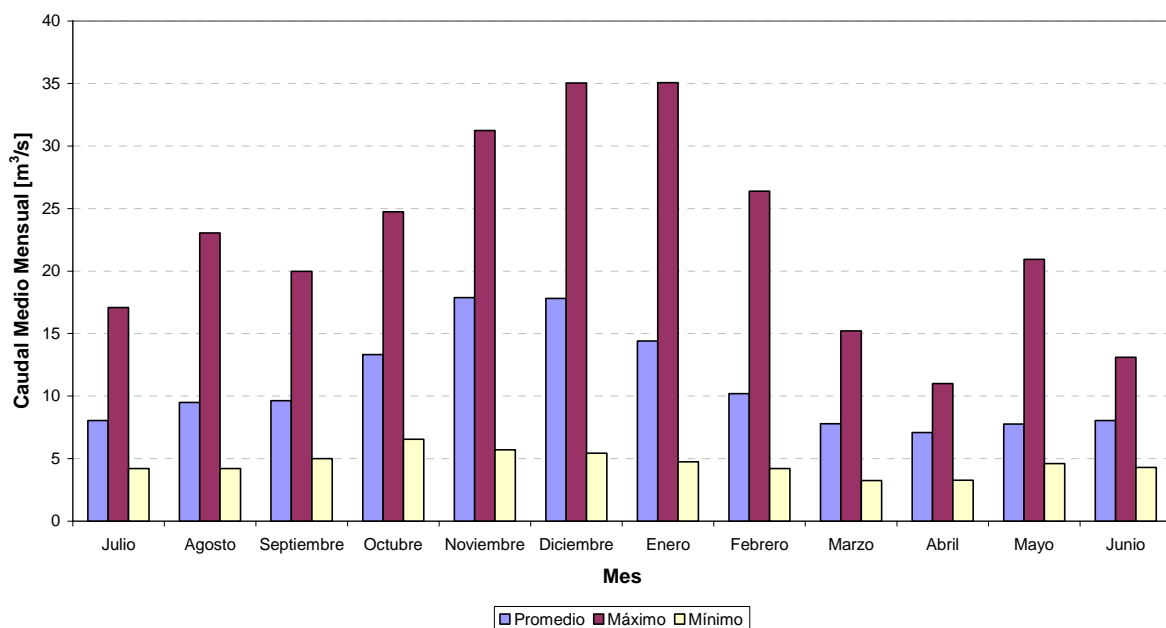


Figura 3.1. Caudales medios mensuales promedio, máximos y mínimos. Estación La Barda. Periodo 1987-2008

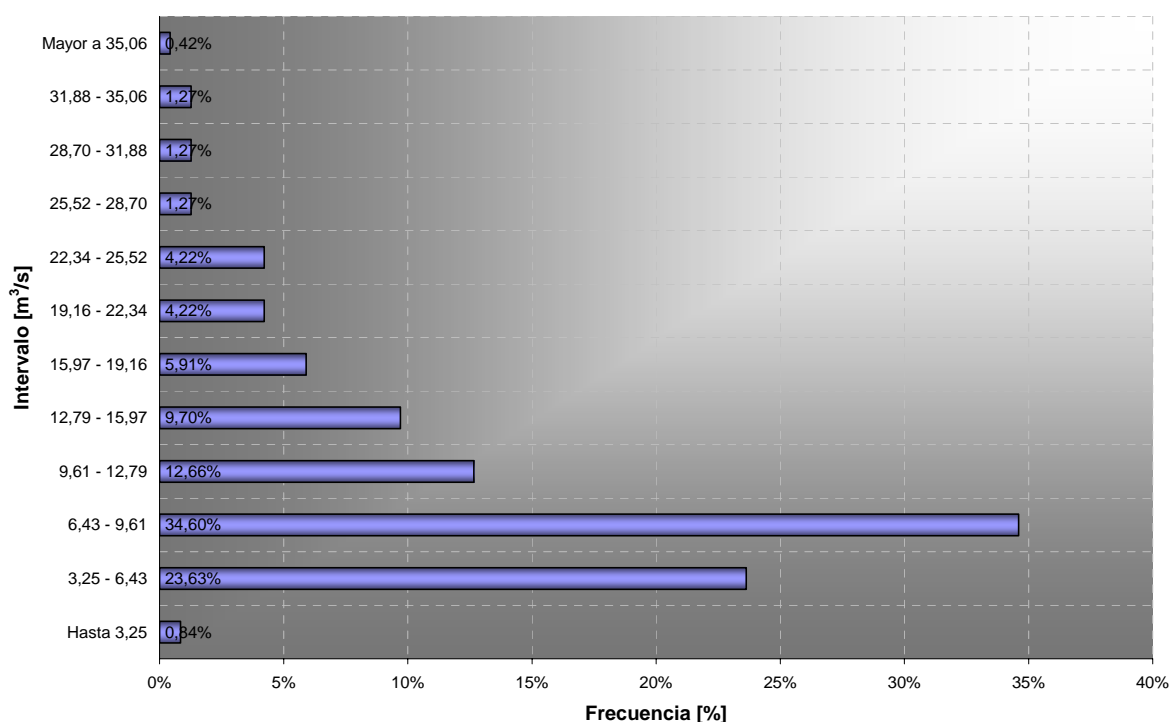


Figura 3.2. Histograma de frecuencia de caudales. Estación La Barda. Periodo 1987-2008

La posición de graficación o “plotting position” trabaja con la probabilidad de excedencia, P , asignada a cada valor de la muestra. Para determinar ésta, se han propuesto

numerosos métodos empíricos. Si n es el número total de valores y m es el rango de un valor en una lista ordenada de mayor a menor ($m = 1$ para el valor máximo y $m = n$ para el menor valor), la probabilidad de excedencia se puede obtener por medio de la expresión de Weibull dada por:

$$P = \frac{m}{n + 1}$$

Sobre la base de esta metodología, se ha realizado el análisis de frecuencias, correspondiente a la serie de caudales medios mensuales, para el registro correspondiente a la estación La Barda, habiéndose obtenido los resultados presentados en la Figura 3.3.

En Tabla 3.2, se presentan los valores de caudal, incluido del módulo, para distintas probabilidades de excedencia típicas, como así también los periodos de retornos asociados, considerando estos últimos como la inversa de la probabilidad de excedencia.

Tabla 3.2: Probabilidades de excedencia típicas y caudales asociados

Caudal [m³/s]	Probabilidad de excedencia	Periodo de retorno [años]
23,80	0,05	20
10,67 (módulo)	0,37	3
8,61	0,50	2
4,53	0,95	1

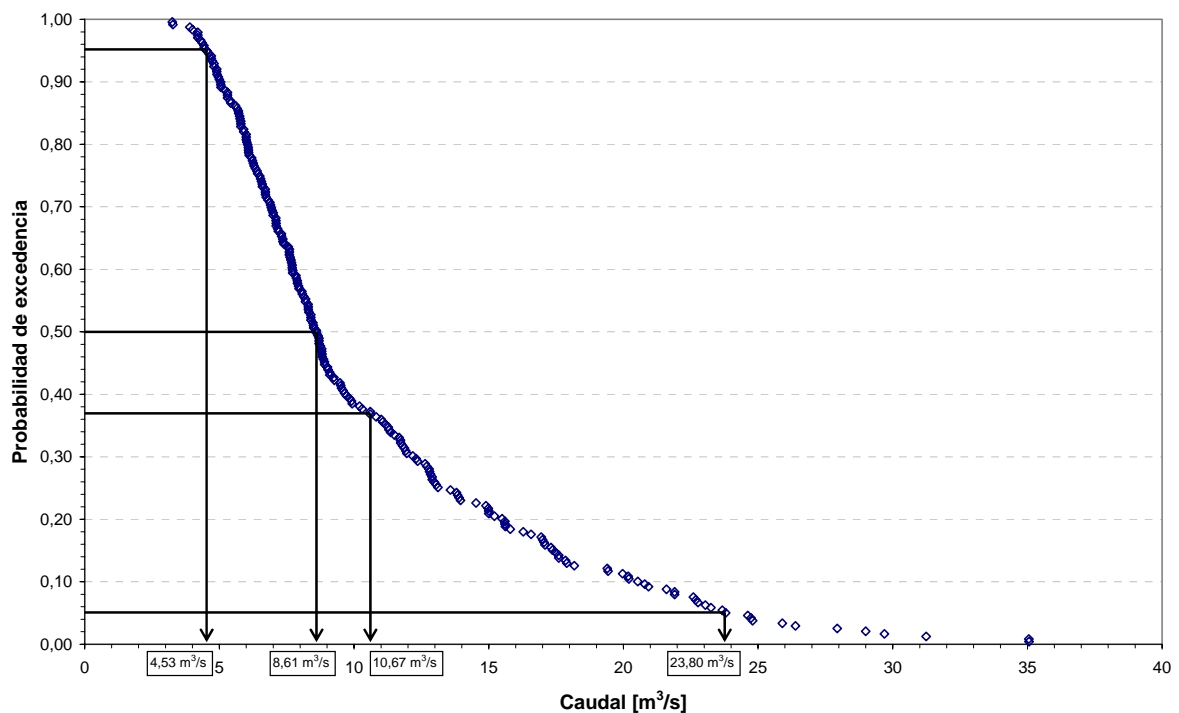


Figura 3.3: Curva de caudales medios mensuales clasificados. Estación La Barda. Periodo 1987-2008

3.1.2 Arroyo Pincheiras

Los valores presentados han sido determinados sobre la base de los escurrimientos medidos en la estación de aforos Pincheiras, sobre el Arroyo Pincheiras, principal afluente del Río Malargüe.

La última estadística hidrológica de la Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación, corresponde al periodo 1968 - 2008.

El derrame medio anual del arroyo Pincheira para esta serie es de 174,10 Hm³, lo que representa aproximadamente el 52% de los derrames medios aforados en la estación La Barda. Presenta además como máximo y mínimo para la misma variable y periodo, valores de 280,90 y 48,62 Hm³/año.

El caudal medio máximo es de 10,76 m³/s y se registra en el mes de enero. El registro mínimo es de 3,30 m³/s y corresponde al mes de julio. El módulo del río en esta estación es de 5,52 m³/s.

Los caudales medios mensuales observados y algunos estadígrafos de tendencia central y dispersión se presentan en la Tabla 3.3 y Figura 3.4. La Figura 3.5 presenta el histograma de frecuencia de caudales para la misma serie.

Tabla 3.3: Caudales medios mensuales en Estación Pincheiras

	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
PROMEDIO	3,30	3,43	3,52	4,53	6,82	10,52	10,76	7,37	5,00	3,89	4,08	3,40
MEDIANA	4,81	7,24	5,15	7,19	12,65	23,33	30,26	15,80	9,18	7,75	17,11	7,22
MAXIMO	1,67	1,51	1,64	1,60	1,52	1,51	1,60	1,28	1,32	1,36	1,57	0,56
MINIMO	0,64	1,19	0,63	1,80	5,84	24,96	38,48	15,08	4,10	1,73	6,58	1,38
VARIANZA	0,80	1,09	0,79	1,34	2,42	5,00	6,20	3,88	2,02	1,31	2,57	1,17
DESV. EST	3,29	3,34	3,39	4,43	6,57	10,18	9,90	6,90	5,18	4,00	3,56	3,33

CAUDALES MENSUALES PROMEDIO, MÁXIMO Y MÍNIMO - ESTACION PINCHEIRAS
Periodo 1968 - 2008

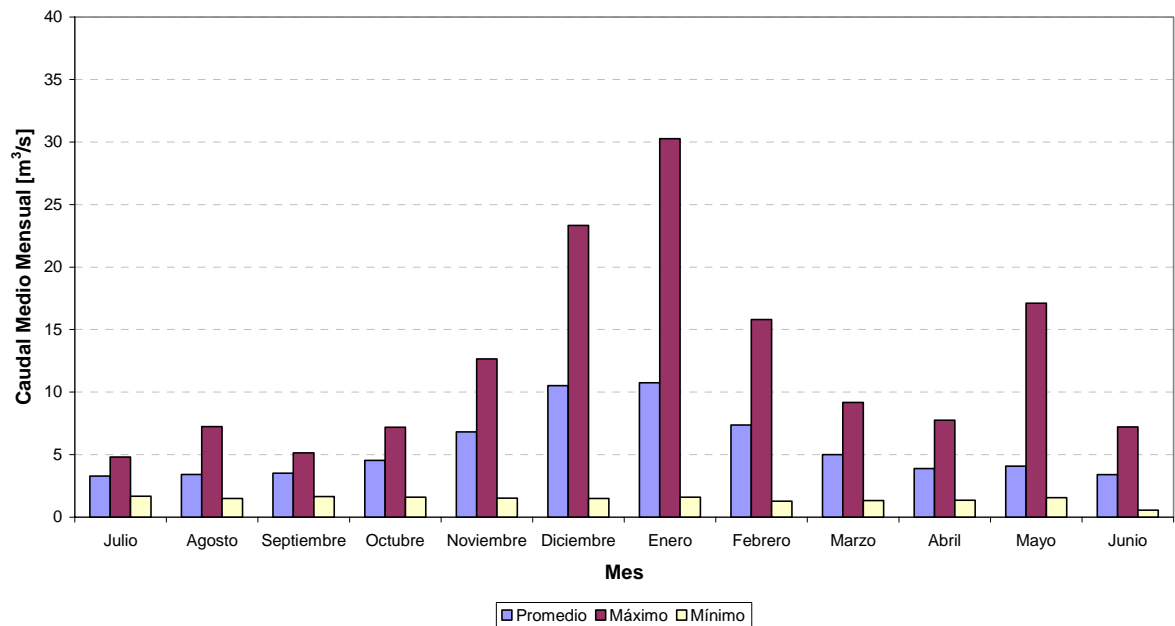


Figura 3.4. Caudales medios mensuales promedio, máximos y mínimos. Estación Pincheiras. Periodo 1968-2008

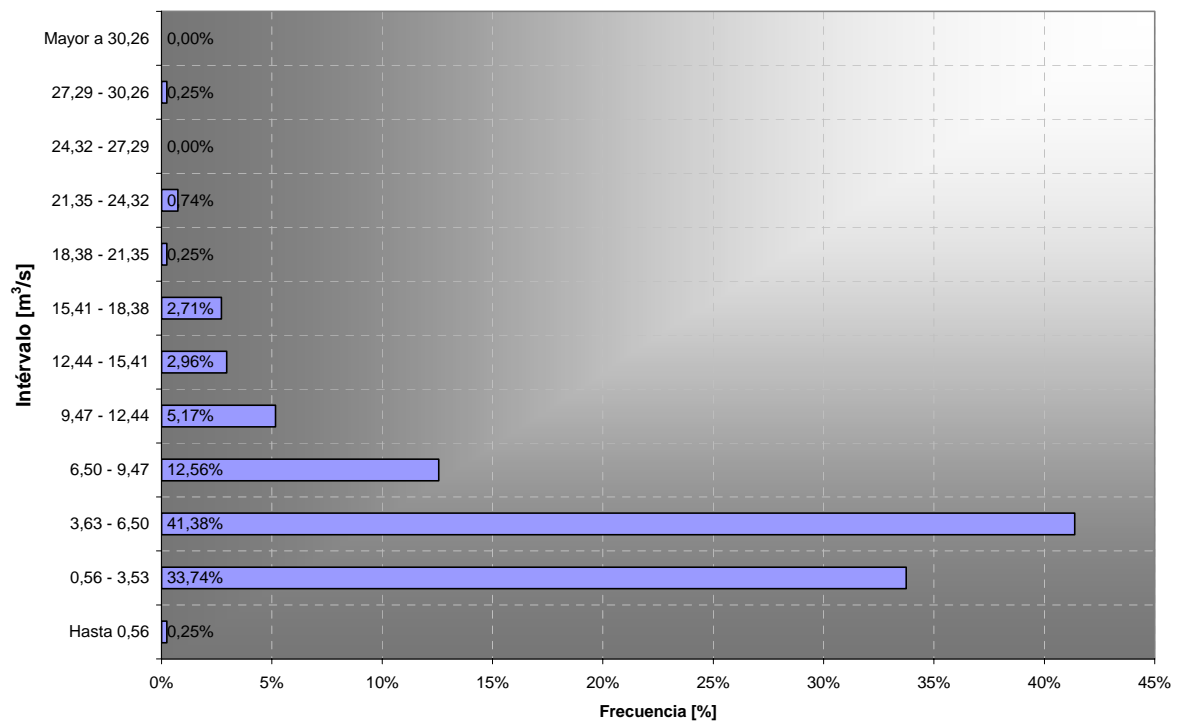


Figura 3.5. Histograma de frecuencia de caudales. Estación Pincheiras. Periodo 1968-2008

La posición de graficación o “plotting position” trabaja con la probabilidad de excedencia, P , asignada a cada valor de la muestra. Para determinar ésta, se han propuesto numerosos métodos empíricos. Si n es el número total de valores y m es el rango de un valor en una lista ordenada de mayor a menor ($m = 1$ para el valor máximo y $m = n$ para el menor valor), la probabilidad de excedencia se puede obtener por medio de la expresión de Weibull dada por:

$$P = \frac{m}{n+1}$$

Sobre la base de esta metodología, se ha realizado el análisis de frecuencias, correspondiente a la serie de caudales medios mensuales, para el registro correspondiente a la estación La Barda, habiéndose obtenido los resultados presentados en la Figura 3.6.

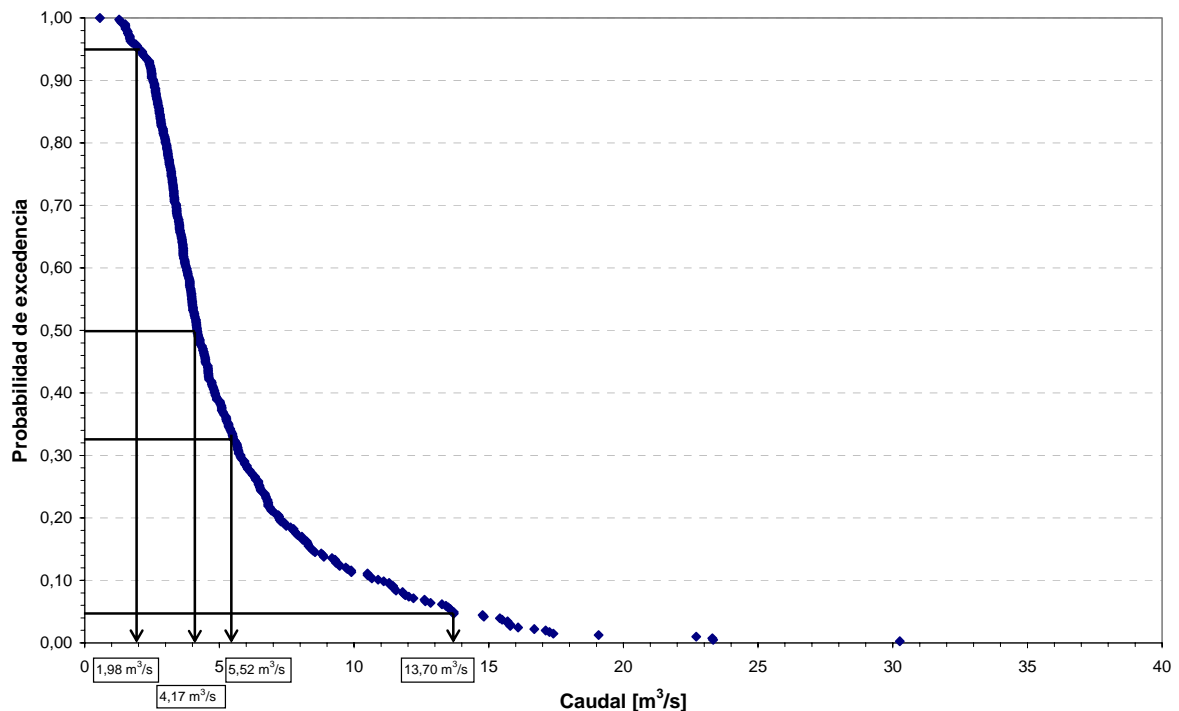


Figura 3.6: Curva de caudales medios mensuales clasificados. Estación Pincheiras. Periodo 1968-2008

En Tabla 3.4, se presentan los valores de caudal, incluido del módulo, para distintas probabilidades de excedencia típicas, como así también los periodos de retornos asociados, considerando estos últimos como la inversa de la probabilidad de excedencia.

Tabla 3.4: Probabilidades de excedencia típicas y caudales asociados

Caudal [m³/s]	Probabilidad de excedencia	Periodo de retorno [años]
13,7	0,05	20

5,52 (módulo)	0,33	3
4,17	0,50	2
1,98	0,95	1

3.1.3 Oferta hídrica superficial según informe “Planes Directores de Ordenamiento de los Recursos Hídricos de Mendoza”.

En el informe “Planes Directores de Ordenamiento de los Recursos Hídricos de Mendoza. Cuenca del Río Malargüe. Anexo N° 2 Oferta Hídrica Superficial”, se realiza un análisis exhaustivo y pormenorizado, de la oferta hídrica superficial correspondiente a la cuenca del Río Malargüe. En este apartado se resumen la información elaborada y presentada en dicho documento.

Para el Río Malargüe en estación La Barda, manifiesta que la oferta hídrica superficial del río Malargüe es de 294,23 Hm³, para una serie temporal de caudales registrados desde el año 1987 hasta el 2000. De acuerdo a esta serie, los caudales medios máximos se registran en el mes de noviembre con 16,63 m³/s, mientras que los mínimos lo hacen en el mes de mayo con 6,31 m³/s. El módulo del río en esta estación es de 9,33 m³/s.

En forma similar, en la estación Pincheiras ubicada sobre el arroyo homónimo, y para una serie histórica comprendida entre los años 1968-1997, indica que el derrame medio anual es de 171,9 Hm³, lo que representa el 55% de los derrames medios aforados en la estación La Barda. El caudal medio máximo es de 11,4 m³/s y se registra en el mes de diciembre. El registro mínimo es de 3,14 m³/s y corresponde al mes de junio. No indica el módulo del arroyo en este punto.

La Tabla 3.5 muestra en forma comparativa, valores típicos que caracterizan los escurrimientos de ambas estaciones hidrométricas, de acuerdo a las estimaciones del IDIH y la DGI.

Tabla 3.5: Valores típicos de escurrimientos en estaciones La Barda y Pincheiras, según estimaciones del IDIH y de la DGI

	Estación La Barda		Estación Pincheiras	
	IDIH	DGI	IDIH	DGI
Módulo [m³/s]	10,67	9,33	10,76	- - -
Q_{med} máximo mensual [m³/s]	17,88	16,63	10,76	11,4
Q_{med} mínimo mensual [m³/s]	7,09	6,31	3,30	3,14
Derrame anual promedio [Hm³]	336,8	294,23	174,10	171,9

A los efectos de hacer inferencias con respecto a parámetros poblacionales desconocidos, sobre la base de la información obtenida mediante datos muestrales, se planteó un test de hipótesis, prueba t-Student, sobre las medias (módulo y derrame anual promedio). Como resultado se obtuvo que los valores medios son estadísticamente iguales para un nivel de significancia del 95 %, resultado esperado dado el hecho que la información de base utilizada por el IDIH y la DGI, es básicamente la misma, con la salvedad de que la serie histórica utilizada por el IDIH se extiende hasta las observaciones realizadas al año 2008.

3.2 Demanda hídrica

3.2.1 Generalidades

El análisis de la demanda hídrica que se presenta, corresponde a un extracto del oportunamente presentado en el informe “Planes Directores de Ordenamiento de los Recursos Hídricos de Mendoza. Cuenca del Río Malargüe. Anexo N° 3 Demanda Hídrica”

3.2.2 Estimaciones de la demanda

3.2.2.1 Demanda de agua para potabilizar

La utilización del recurso hídrico para este uso considera utilizaciones domésticas, municipales, estatales colectivas, industriales, comerciales. El dato obtenido como demanda de este uso ha sido aportado por la Subdelegación de Jefatura de Riego del Río Malargüe y corresponde al volumen otorgado por la misma. En Tabla 3.5 se detallan los volúmenes de agua entregados

Tabla 3.5: Volúmenes de Agua para Potabilizar

PRESTADOR	PRODUCCION SUPERFICIAL		PRODUCCION SUBTERRANEA	
	Q_m [m ³ /s]	Vol. Anual [Hm ³]	Q_m [m ³ /s]	Vol. anual [Hm ³]
OSM SE	0.080	2.009	0.030	0.418

3.2.2.2 Demandas Industriales

El uso industrial comprende las demandas de la empresa minera Río Colorado (MINERA TEA) y a una toma directa de la Empresa Grassi, las cuales extraen del río 41,6 Hm³/año (1.015 ha empadronadas).

3.2.2.3 Demanda para Uso Turístico

La Laguna Llacanelo está empadronada con el primer derecho ecológico de la Provincia por 2.479 ha caudal anual que se estima en 13 Hm³.

3.2.2.4 Demandas de Riego

Para la determinación de la demanda, se consideró en primera instancia los datos correspondientes al relevamiento Agropecuario Departamental del año 1996. Luego se actualizó la superficie cultivada a través de la interpretación de imágenes satelitales LANDSAT. Posteriormente se estimó la evapotranspiración de los cultivos, sobre la base de los datos de las tres estaciones más representativas y completas del área.

Según el Censo Departamental de 1996 la superficie cultivada era de 2.081ha., valor inferior al correspondiente al Censo Nacional Agropecuario de 1988, el cual arrojaba una superficie cultivada de 2.763 ha. Los cultivos que se tuvieron en cuenta para caracterizar la demanda fueron: frutales, hortalizas, pasturas y forestales. La distribución corresponde a un 60.8% pasturas, 28.2% hortícolas y 11% forestales y otros que fueron extraídos de datos experimentales del INTA, sobre datos medidos en la provincia.

El análisis de la superficie cultivada por clasificación de las imágenes satelitales LANDSAT correspondió al mes de octubre año 2001. A estas imágenes se les realizó una interpretación de los usos del suelo obteniendo dos productos: uno de ellos es la superficie cultivada y el otro la actualización de la célula de cultivo (60,2 Hm³/año). El área cultivada que se consideró corresponde a las parcelas con derecho de riego, o sea las parcelas que son dominadas por la red y que su superficie ostenta parcial o totalmente algún derecho. Esto supone que una parte de la superficie considerada es regada con el uso del recurso hídrico subterráneo o esta inculto. La superficie resultante fue 3.332,16 ha cultivadas y corresponde a la distribución indicada en Tabla 3.6.

Tabla 3.6: Nueva Célula de Cultivo y Superficie Cultivada obtenida por Teledetección de Imagen Landsat (oct-2001)

Unidad de Manejo	Célula de cultivo [%]			Sup. Cultivada [ha] Landsat 10/2001
	Forestal	Pasturas	Hortalizas	
Grassi	24.0	57.4	18.6	54.27
Aguado	3.3	74.3	22.4	534.15
A°Alamito-A°Chacay	5.2	58.6	36.3	2023.25
Cañada Colorada	12.6	70.5	16.9	716.49

3.2.2.5 Análisis de las Demandas, Suministros y Déficit de las Unidades de Manejo

Este análisis se realizó considerando tres bases diferentes de datos. Los datos que del censo Departamental de 1996, el análisis de imagen Landsat enero 2001 y el de la superficie empadronada total. Este último análisis considerando los datos de célula de cultivo que se obtuvo por la teledetección de imágenes satelitales de octubre del 2001.

De acuerdo con la célula de cultivo definida y la superficie de cada unidad de manejo se procedió a determinar la demanda neta en cada una de ellas. En la Tabla 3.7 se representan los valores resultantes del análisis de las demandas netas y brutas del río Malargüe correspondientes a las diferentes superficies consideradas.

Tabla 3.7: Demandas Netas y Brutas del Río Malargüe

	Superficie [ha]	Demanda agrícola neta [Hm ³ /año]	Demanda agrícola bruta [Hm ³ /año]
S.E.T	6189,69	52,09	107,61
S.C	4602	35,37	65,81
S.C.L	5800,89	47,69	96,61

Donde S.E.T = Superficie Empadronada Total; S.C = Superficie censo departamental de Malargüe – año 1996; S.C.L = Superficie análisis de la Imagen Satelital Landsat ETM escena del mes de octubre de 2001. Las superficies consideradas están bajo el dominio de la red de riego

3.3 Balance Hídrico. Situación Actual

3.3.1 Oferta y demanda hídrica consideradas en el balance

Como oferta hídrica se ha considerado la serie de caudales medios mensuales de la estación hidrométrica La Barda, Tabla 3.2.

Como demanda hídrica se utilizaron los valores indicados en Tabla 3.8. Los mismos corresponden a la demanda de la SET (Superficie Empadronada Total) a escala mensual que tiene el sistema del río Malargüe, donde se discrimina la demanda total por usos y unidades de manejo.

Tabla 3.8: Demandas Netas y Brutas del Río Malargüe (Fuente: Departamento General de Irrigación – Proyecto PNUD-FAO-ARG/00/008 Plan Director de Ordenamiento de Recursos Hídricos – Informe Principal. Volumen VI: Cuenca del Río Malargüe Anexo N° 4: Balance Hídrico. Cuadro N° 9)

Mes	Riego			Otros Usos		Total
	Aguado	Cañada Colorada	Total Riego	Llancanelo	Poblacional	
Jul	2.59	11.28	13.88	1.08	0.17	15.13
Ago	2.75	11.96	14.72	1.08	0.17	15.97
Set	2.95	12.80	15.75	1.08	0.17	17.00
Oct	2.69	11.75	14.44	1.08	0.17	15.70
Nov	1.94	8.49	10.43	1.08	0.17	11.69
Dic	1.49	6.50	7.99	1.08	0.17	9.25
Ene	0.36	1.51	1.86	1.08	0.17	3.12
Feb	0.13	0.52	0.65	1.08	0.17	1.91
Mar	0.10	0.41	0.51	1.08	0.17	1.77
Abr	0.03	0.10	0.13	1.08	0.17	1.39
May	0.29	1.30	1.60	1.08	0.17	2.85
Jun	0.58	2.54	3.13	1.08	0.17	4.38
Total	15.90	69.18	85.08	13.00	2.08	100.16

3.3.2 Balance hídrico

El cálculo del balance hídrico se efectuó por medio de la ecuación de continuidad, cuyas variables se han agrupado en dos términos. Viene dado por:

$$B [Hm^3] = O - D$$

Donde B = Balance Hídrico, O = Oferta Hídrica Superficial; D = Demanda Hídrica

La escala de tiempo adoptada es mensual, por lo tanto los valores de oferta y demanda son medios mensuales.

La oferta hídrica corresponde a los valores observados en la estación La Barda. No considera pérdidas por infiltración que pudieren producirse entre la mencionada estación y el Azud Derivador Bras Brásoli, como así también no tiene en cuenta las pérdidas por ineficiencia del sistema ni de otros tipos.

El valor de la demanda es bruta, tiene en cuenta la eficiencia global (combinación de la eficiencia de distribución, conducción y aplicación) y la evapotranspiración efectiva de los cultivos. De hecho y dada la complejidad requerida para estimar eficiencia global, se han considerado distintos niveles de la misma, desde un 100 % (valor utópico por cierto) hasta un 40 %.

La componente de oferta de agua subterránea no se ha considerado en este análisis.

El criterio de déficit utilizado es el índice “garantía mensual”. El mismo considera un fallo cuando en un mes el déficit es mayor a cero. Esta dado por

$$Gm (\%) = 100 \cdot \left(1 - \frac{Mn}{12 \cdot N} \right)$$

Donde Mn = número de meses en que se produce un fallo, N = número de años.

Los resultados obtenidos bajo el criterio mencionado son los indicados en Tabla 3.9 y Figura 3.7

Tabla 3.9:

Eficiencia Global [%]	Garantía Mensual [%]			
	Poblacional	Cañada Colorada	Aguado	Llancanelo
100	100,0	98,7	98,3	96,2
90	100,0	97,9	95,8	94,5
80	100,0	95,4	93,7	91,2
70	100,0	92,4	89,1	86,1
60	100,0	87,4	83,2	80,7
50	100,0	80,7	76,9	76,1
40	100,0	74,8	72,3	70,6

El criterio de garantía mensual fue extendido, considerando en forma individual cada uno de los meses del año y para cada unidad de manejo considerada. Los resultados logrados se presentan en Figuras 3.8 a 3.14.

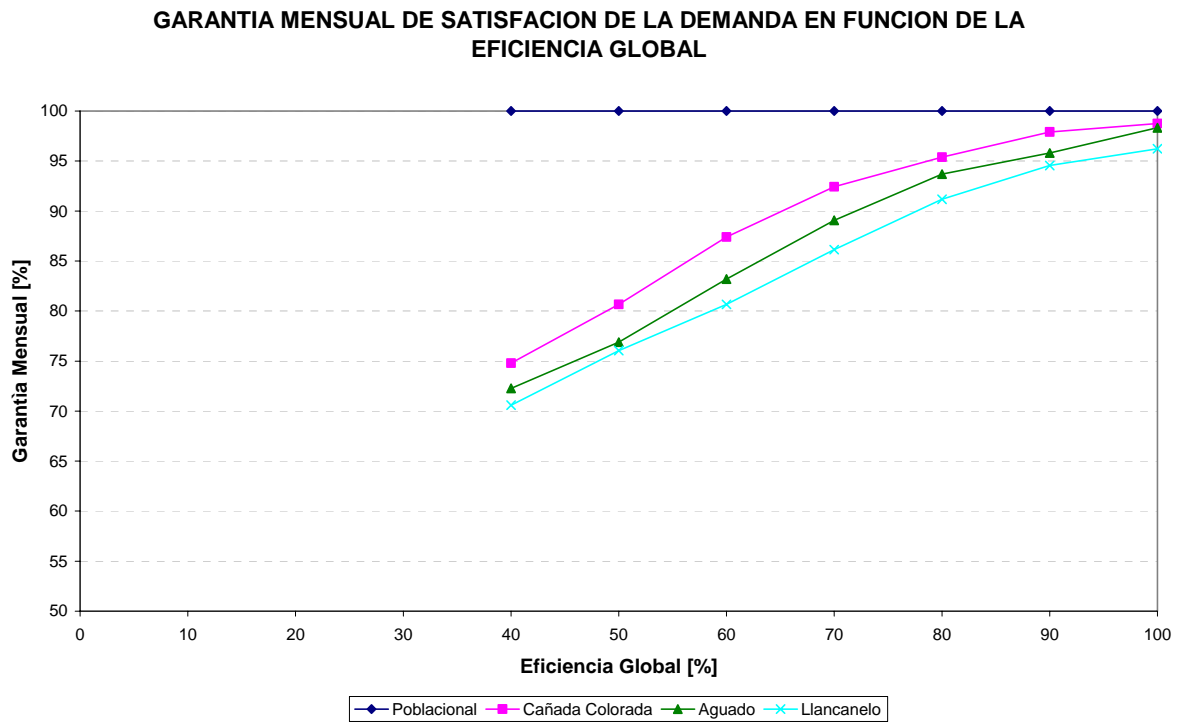


Figura 3.7: Garantía mensual de satisfacción de la demanda en función de la eficiencia global

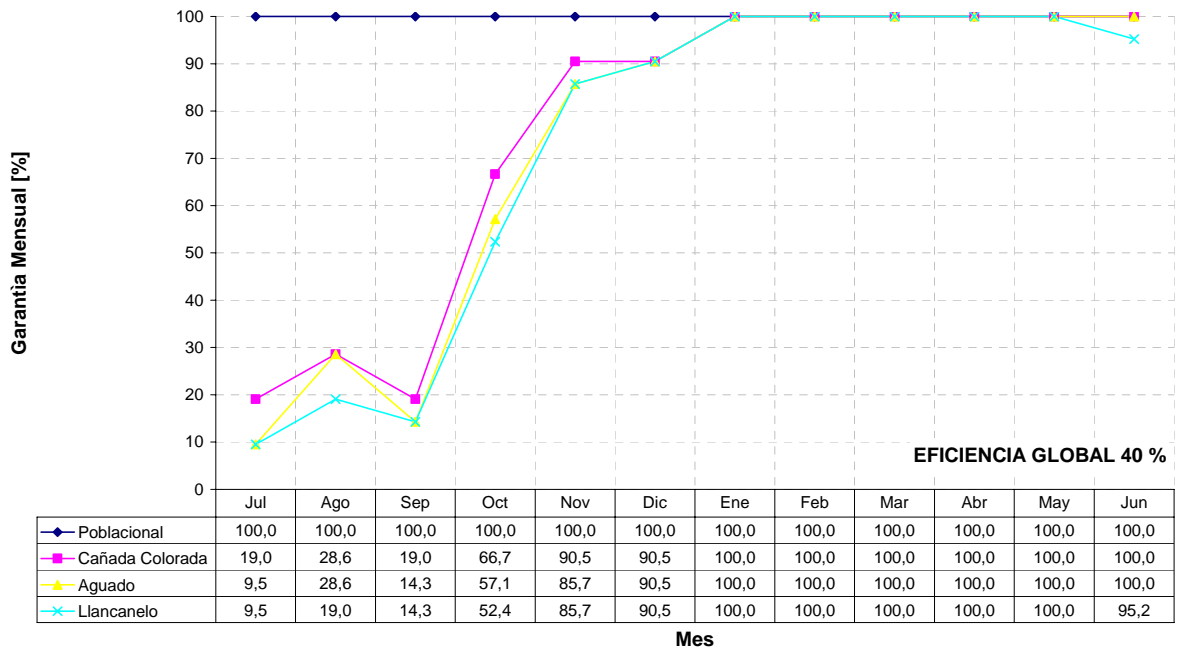


Figura 3.8: Garantía mensual de satisfacción mes a mes para una Eficiencia Global del 40 %

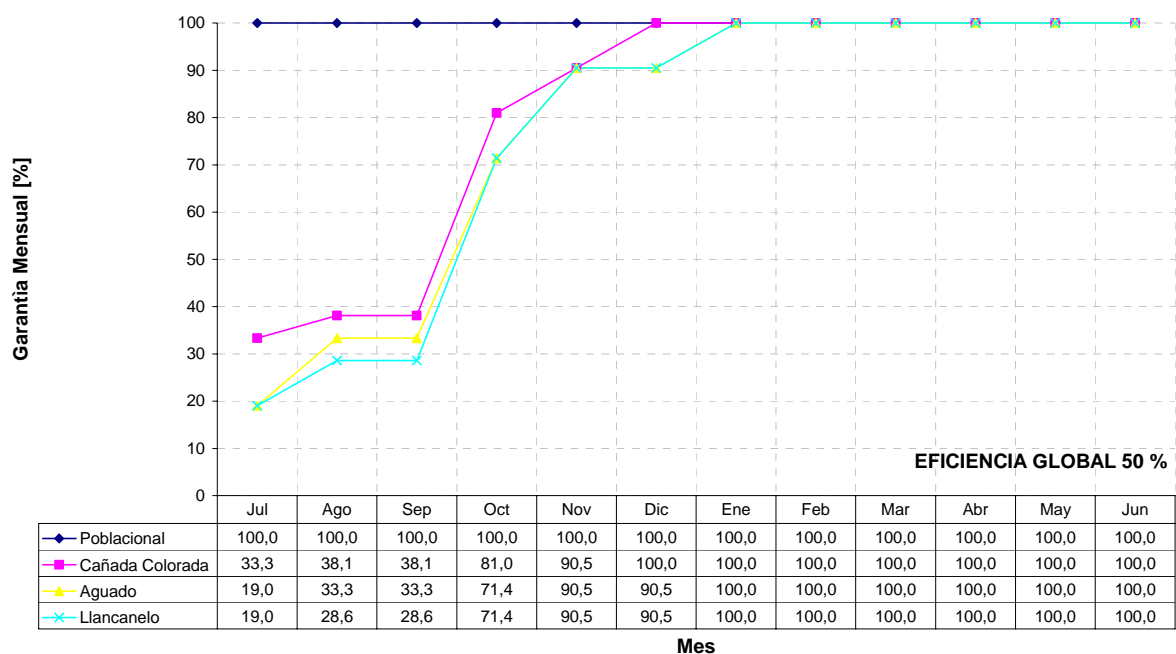


Figura 3.9: Garantía mensual de satisfacción mes a mes para una Eficiencia Global del 50 %

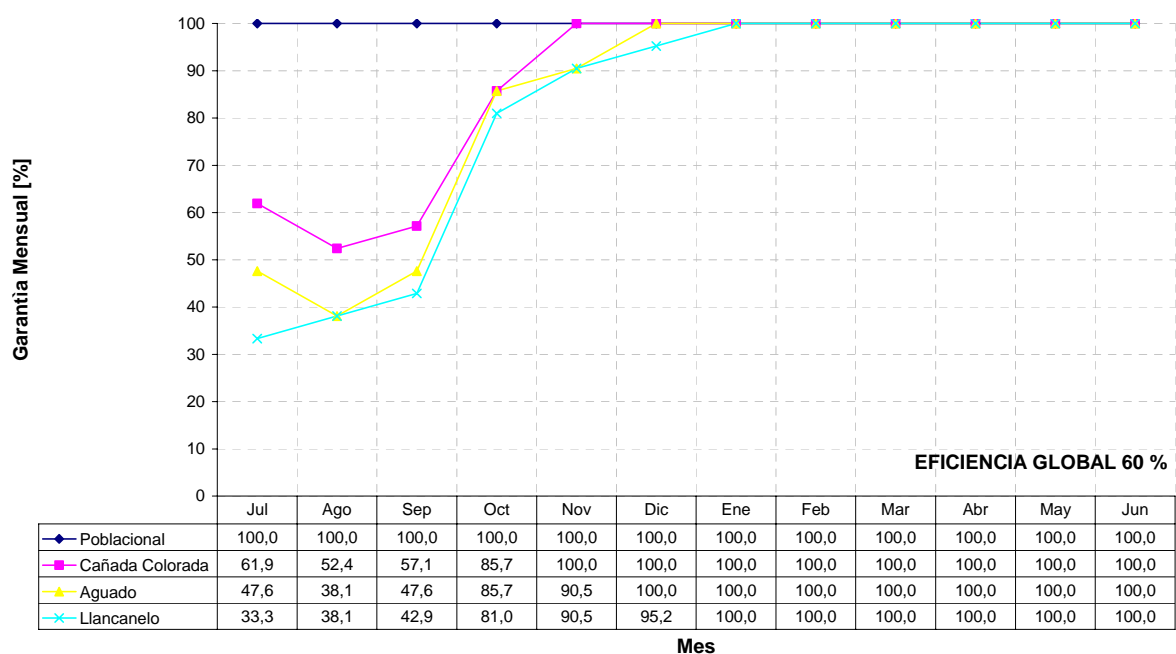


Figura 3.10: Garantía mensual de satisfacción mes a mes para una Eficiencia Global del 60 %

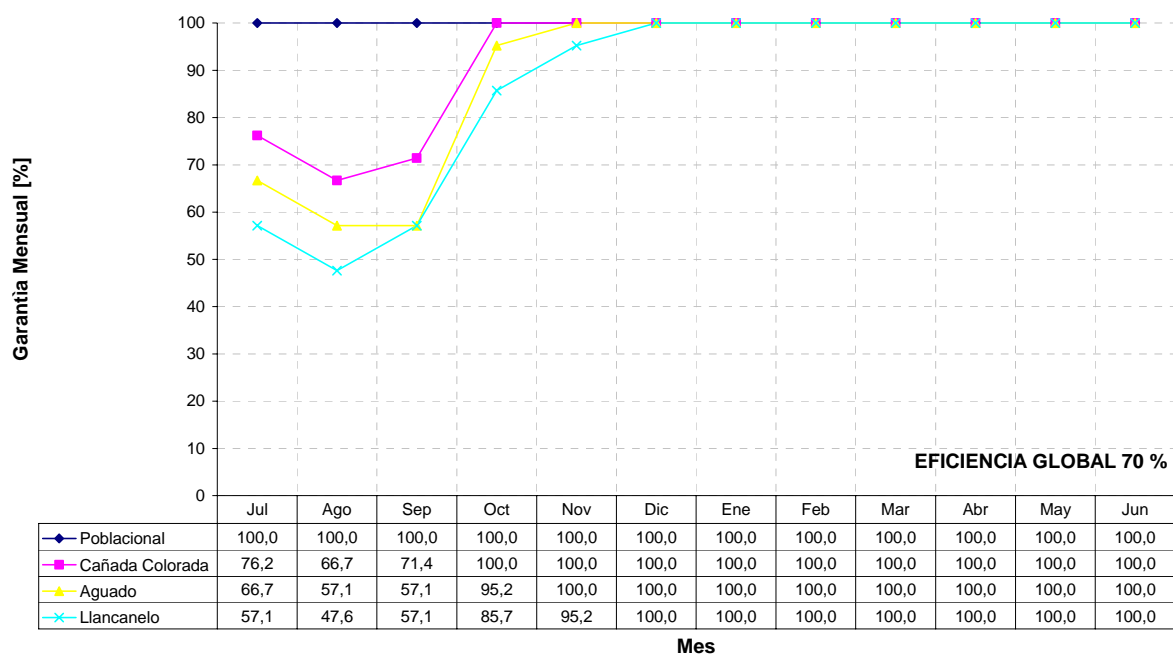


Figura 3.11: Garantía mensual de satisfacción mes a mes para una Eficiencia Global del 70 %

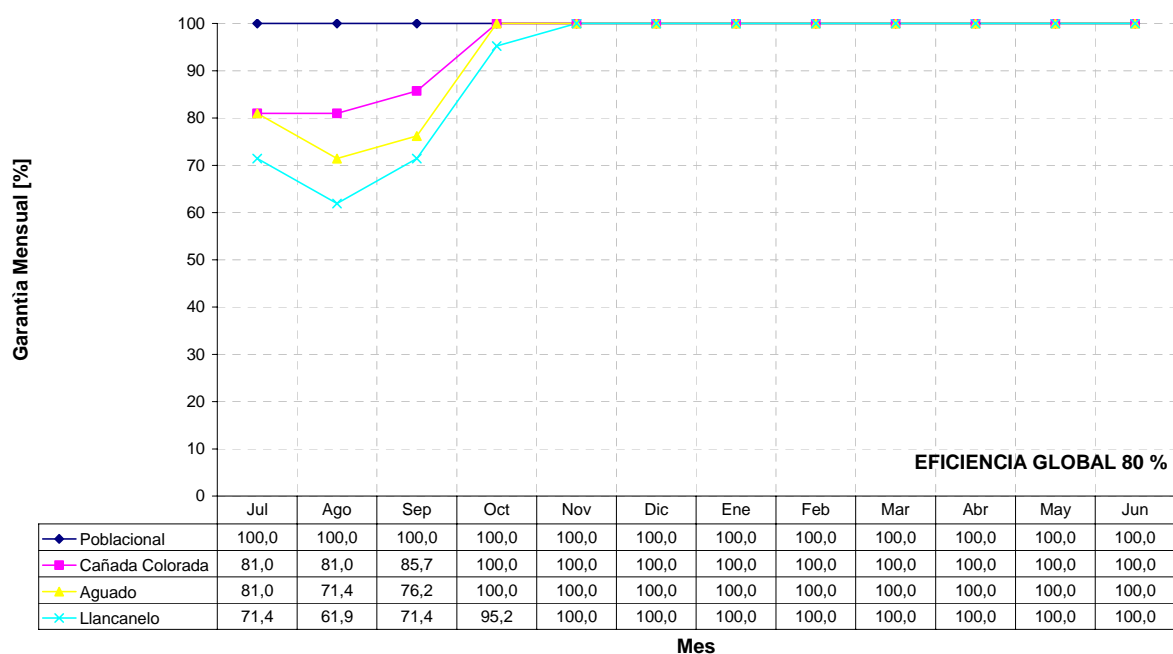


Figura 3.12: Garantía mensual de satisfacción mes a mes para una Eficiencia Global del 80 %

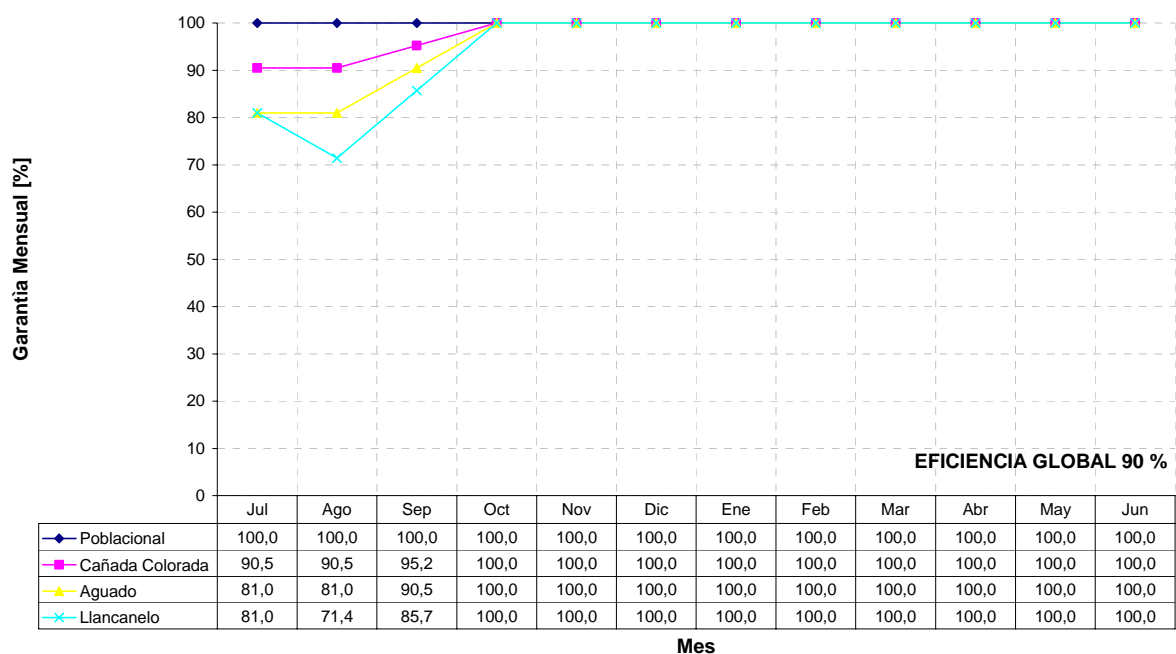


Figura 3.13: Garantía mensual de satisfacción mes a mes para una Eficiencia Global del 90 %

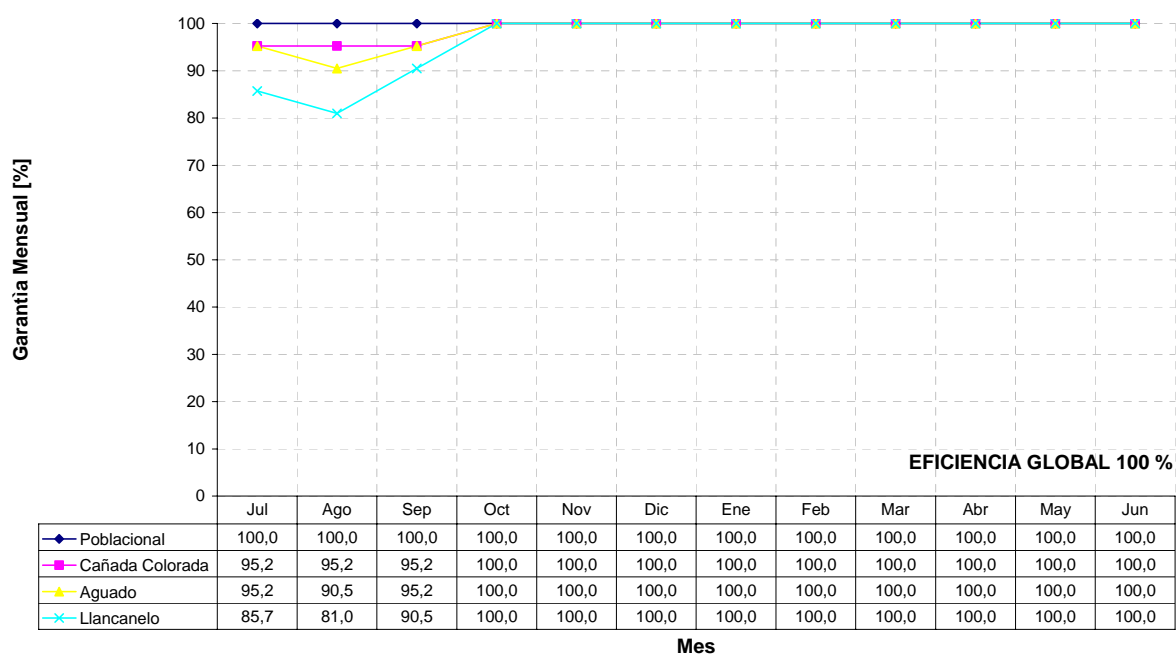


Figura 3.14: Garantía mensual de satisfacción mes a mes para una Eficiencia Global del 100 %

4 CONCLUSIONES

La información hidrométrica de la cuenca del río Malargüe, esto bajo la perspectiva de que solo existen dos afluentes de ríos y arroyos de la misma.

La estación La Barda cuenta con una serie relativamente corta de registros que no permite conocer el estado actual del recurso comparado con los caudales de décadas anteriores.

La oferta hídrica superficial del río Malargüe se corresponde con un derrame anual promedio de $336,80 \text{ Hm}^3$, la cual ha sido determinada por los escurrimientos líquidos medidos en la estación de afluentes La Barda. Esto equivale a un caudal específico de $10,22 \text{ l/s/km}^2$.

La estación es la única que existe sobre el río Malargüe. Su serie se extiende desde 1987 a la actualidad, prácticamente sin interrupciones. Se ha considerado como mes de corte para el análisis a junio del 2008. Algunos de los años dentro de esta serie se encuentran incompletos. Los caudales medios mensuales registrados en la Estación La Barda se representan en Tabla 4.1

Tabla 4.1: Caudales medios mensuales en Estación La Barda

	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
PROMEDIO	8,06	9,50	9,63	13,33	17,88	17,81	14,42	10,19	7,81	7,09	7,76	8,05
MAXIMO	17,09	23,04	19,97	24,74	31,24	35,05	35,06	26,39	15,21	11,01	20,93	13,11
MINIMO	4,20	4,20	5,00	6,56	5,70	5,43	4,74	4,20	3,25	3,27	4,60	4,30

De acuerdo a esta serie, los caudales medios máximos se registran en el mes de noviembre con $17,88 \text{ m}^3/\text{s}$, mientras que los mínimos lo hacen en el mes de abril con $7,09 \text{ m}^3/\text{s}$. El módulo del río en esta estación es de $10,67 \text{ m}^3/\text{s}$.

En el Río Pincheiras, en estación Pincheiras, la oferta hídrica superficial del corresponde a un derrame anual promedio de $174,1 \text{ Hm}^3$. Esto equivale a un caudal específico de $34,49 \text{ l/s/km}^2$.

La estadística hidrológica en dicha estación se extiende desde 1968 a la actualidad, prácticamente sin interrupciones. Se ha considerado como mes de corte para el análisis a junio del 2008. Algunos de los años dentro de esta serie se encuentran incompletos. Los caudales medios mensuales registrados en la Estación Pincheiras se representan en Tabla 4.2.

Tabla 4.2: Caudales medios mensuales en Estación La Barda

	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
PROMEDIO	3,30	3,43	3,52	4,53	6,82	10,52	10,76	7,37	5,00	3,89	4,08	3,40
MAXIMO	4,81	7,24	5,15	7,19	12,65	23,33	30,26	15,80	9,18	7,75	17,11	7,22
MINIMO	1,67	1,51	1,64	1,60	1,52	1,51	1,60	1,28	1,32	1,36	1,57	0,56

De acuerdo a esta serie, los caudales medios máximos se registran en el mes de enero con 10,76 m³/s, mientras que los mínimos lo hacen en el mes de julio con 3,30 m³/s. El módulo del río en esta estación es de 5,52 m³/s.

La estadística pluviométrica en la Estación Dique se extiende desde 1992 a la actualidad, prácticamente sin interrupciones. Se ha considerado como mes de corte para el análisis a diciembre del 2008. Algunos de los años dentro de esta serie se encuentran incompletos.

En Tabla 4.3 se presentan los estadígrafos básicos del registro de precipitaciones considerado. De acuerdo a esta serie, el régimen de precipitaciones es tal que los máximos se presentan en el mes de junio con 52,10 mm en promedio.

Tabla 4.3: Precipitaciones promedio, máximas y mínimas mensuales en estación Dique

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
PROMEDIO	16,20	19,70	34,93	32,44	27,36	52,10	37,39	40,85	27,14	25,79	19,39	22,94
MAXIMO	82,90	48,40	104,20	84,00	104,10	142,00	133,00	162,50	79,00	151,00	86,60	56,50
MINIMO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Para las corridas del modelo HEC-HMS se han considerado dos zonas diferenciadas. La primera de ellas corresponde a la denominada “De aportación temporal con riego aluvional”, la cual comprende los arroyos Pequenco y Durazno, unidades H102 y H103 en Figura 3.1, las cuales han sido modeladas en forma individual y conjunta, obteniendo los resultados indicados en Tabla 4.4., para tormentas de 50, 60, 70 y 80 mm.

Tabla 4.4: Caudales [m³/s] para tormentas de distinta intensidad. Arroyos Pequenco y Durazno

	CAUDAL [m ³ /s]			
	Tormenta 50 mm	Tormenta 60 mm	Tormenta 70 mm	Tormenta 80 mm
Unidad H102	59.4	80.5	101.0	123.4
Unidad H102	45.5	61.7	77.7	95.1
Unidad H102 y H103	103.7	141.1	178.6	249.3

En forma similar, la Tabla 4.5, presenta los caudales de escurrimiento, para precipitaciones de distinta magnitud, que producen las distintas subcuencas, Figura 3.1, que conforman la cuenca del Río Malargüe. Esta corresponde a una cuenda “De aportación permanente”, en coincidencia con la clasificación proporcionada por la Dirección General de Irrigación de la Provincia de Mendoza.

Tabla 4.5: Caudales [m³/s] para tormentas de distinta intensidad. Cuenca Río Malargüe

	CAUDAL [m ³ /s]			
	Tormenta 50 mm	Tormenta 60 mm	Tormenta 70 mm	Tormenta 80 mm
Unidad H104	30.0	41.1	50.0	64.8
Unidad H120	45.1	61.9	77.9	93.1
Unidad H76	53.2	68.7	78.9	93.2
Unidad H77	218.6	281.5	330.2	407.3
Unidad H78	47.9	68.5	82.8	109.4
Unidad H79	89.3	115.8	132.7	159.6
Unidad H80	96.3	124.1	139.2	165.5
Unidad H81	113.0	148.3	176.8	212.1
Unidad H82	210.2	268.4	304.3	374.7
Unidad H86	48.9	67.9	79.7	103.0
Unidad H87	21.3	30.4	37.4	49.3
Unidad H89	27.8	36.8	40.4	51.0
Unidad H90	80.0	105.6	125.2	157.4

Se ha efectuado un balance hídrico de escala mensual, considerando como oferta del recurso la serie de caudales medios mensuales del Río Malargüe en la estación hidrométrica La Barda.

La demanda considerada, corresponde al excelente análisis efectuado en el documento “*Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación de la Nación. Gobierno de Mendoza. Departamento General de Irrigación – Proyecto PNUD-FAO-ARG/00/008. Plan Director de Ordenamiento de Recursos Hídricos – Informe Principal. Volumen VI: Cuenca del Río Malargüe Anexo N° 3: Demanda Hídrica*”. Dicha elección se sustenta en el hecho de que lograr un análisis de calibre similar al mencionado, escapa a los objetivos de este trabajo. No obstante ello, es menester mencionar que no se han producido cambios sustanciales que

ameriten al momento un nuevo análisis; de hecho, la información recabada en el citado estudio, no ha sido actualizada al momento de la confección de este informe. Se consideraron los valores mensuales correspondientes a la Superficie Empadronada Total, Tabla 3.8, donde se realiza la discriminación por usos y unidades de manejo.

En el análisis se consideraron distintos niveles de eficiencia global (combinación de la eficiencia de distribución, conducción y aplicación), desde un 100 % hasta un 40 %.

Como criterio de déficit se consideró el índice garantía mensual. Los resultados obtenidos bajo el criterio mencionado son los indicados en Tabla 3.9 y Figura 3.7. En los mismos se puede observar que para una eficiencia global del 40 % (valor considerado en *“Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación de la Nación. Gobierno de Mendoza. Departamento General de Irrigación – Proyecto PNUD-FAO-ARG/00/008. Plan Director de Ordenamiento de Recursos Hídricos – Informe Principal. Volumen VI: Cuenca del Río Malargüe. Anexo N° 4: Balance Hídrico”*), la demanda poblacional está garantizada, sin embargo no es posible aseverar lo mismo para las otras unidades de manejo.

El criterio de garantía mensual fue extendido, considerando en forma individual cada uno de los meses del año y para cada unidad de manejo considerada. Los resultados logrados se presentan en Figuras 3.8 a 3.14. Los déficits se producen para los meses correspondientes al periodo de estiaje, a modo de ejemplo cabe citar la Figura 3.8, la cual considera una eficiencia global del 40 %, donde los meses de julio a septiembre exhiben una marcada deficiencia para satisfacer la demanda requerida.

Del análisis realizado se desprende que, a los efectos de lograr expandir la frontera agrícola hacia el futuro, es necesario actuar sobre la eficiencia del sistema, de forma tal de lograr excedentes que puedan ser aplicados en una superficie mayor a la actualmente desarrollada. Tal como se menciona en el informe de la DGI *“Esta mejora en la eficiencia no solo debe ser a nivel de conducción, con obras de impermeabilización, si no tendiente a la optimización de la distribución (gestión y control) y mediante la generación de incentivos cuando se realicen mejoras de eficiencia intrafinca (aplicación).”*

5 BIBLIOGRAFIA

1. APARICIO M, Francisco J.; 2005. “Fundamentos de hidrología de superficie”. Ed. Limusa. México.
2. FATTORELLI, Sergio; FERNANDEZ, Pedro C., 2007. “Diseño Hidrológico”. 1º edición en español. Ed. Zeta. Mendoza
3. GOBIERNO DE MENDOZA, 2004. “Plan director de ordenamiento de los recursos hídricos de la Cuenca del Río Malargüe”. Departamento General de Irrigación. Proyecto PNUD-FAO/ARG/00/008
4. INSTITUTO DE INVESTIGACIONES HIDRAULICA – UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN JUAN, 1993. “Obras de corrección de aluviones y afluentes Arroyos Pequeno, Durazno” Informe Final. Volumen I. San Juan
5. MONSALVE S., German, 1999. “Hidrología en la ingeniería”. Segunda edición. Ed. Alfaomega, Colombia.
6. ORGANIZACIÓN METEOROLOGICA MUNDIAL, 1994. “Guía de prácticas Hidrológicas. Adquisición y proceso de datos, análisis, predicción u otras aplicaciones”. Quinta edición. Suiza.
7. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación de la Nación. Gobierno de Mendoza. Departamento General de Irrigación – Proyecto PNUD-FAO-ARG/00/008. Plan Director de Ordenamiento de Recursos Hídricos – Informe Principal. Volumen VI: Cuenca del Río Malargüe.
8. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación de la Nación. Gobierno de Mendoza. Departamento General de Irrigación – Proyecto PNUD-FAO-ARG/00/008. Plan Director de Ordenamiento de Recursos Hídricos – Informe Principal. Volumen VI: Cuenca del Río Malargüe. Anexo N° 3: Demanda Hídrica
9. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación de la Nación. Gobierno de Mendoza. Departamento General de Irrigación – Proyecto PNUD-FAO-ARG/00/008. Plan Director de Ordenamiento de Recursos Hídricos – Informe Principal. Volumen VI: Cuenca del Río Malargüe. Anexo N° 4: Balance Hídrico.
10. SUBSECRETARIA DE RECURSOS HIDRICOS DE LA NACION, 2009. “Red Hidrológica Nacional. Sistema Nacional de Información Hídrica”.
<http://www.hidricosargentina.gov.ar/FormRedHidro.html>