

**MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS
DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS
DIVISIÓN DE ESTUDIOS Y PLANIFICACIÓN**

MINUTA TÉCNICA

**PROPUESTA METODOLÓGICA PARA
ESTIMACIÓN DE RECARGA EN CUENCAS
ALTIPLÁNICAS Y DE VERTIENTE PACÍFICO.**

Documento de Trabajo

***Luis Rojas Badilla
Carlos Salazar M.***

Marzo 2010

1. INTRODUCCIÓN

Las condiciones de extrema aridez de la XV, I, II y III Regiones, determinan que los recursos subterráneos de la meseta altiplánica y de las quebradas con vertiente pacífica sean la principal fuente de abastecimiento de recursos de agua continentales, sin embargo, corresponden también a sectores con escasa información y conocimiento hidrológico lo que dificulta la evaluación de disponibilidades.

Mejorar e incrementar el conocimiento de los procesos hidrogeológicos e hidrológicos que intervienen y determinan los flujos aprovechables de estos sistemas es un trabajo de largo plazo, no obstante, el incremento de la demanda de agua implica la búsqueda de soluciones de corto a mediano plazo, que a partir de la información disponible y en forma razonable, desarrolle herramientas que se puedan hacer cargo de la evaluación hidrológica.

En esta línea de trabajo la DGA abordó entre los años 2008 y 2009 el estudio del altiplano chileno¹, con el objeto de actualizar el conocimiento y caracterizar regionalmente la hidrografía, hidrología, hidrogeología, hidroquímica e isotopía de las cuencas, así como, para realizar estimaciones de balances hídricos en tres sectores o cuencas pilotos (Salar del Huasco en la I región, Cuenca de Tujacto en la II región y Salares de Maricunga y Pedernales en la III Región). Las estimaciones se realizaron sobre la base de la información existente y de metodologías basadas en las condiciones hidrológicas particulares. Específicamente, respecto de las descargas naturales, se propuso determinar la evaporación desde suelos mediante un “Domo de Control”. Para la determinación de recarga se propuso una metodología basada conceptualmente en una simplificación del proceso de recarga en ambientes áridos, en la que se incorporó principalmente las particularidades hidráulicas e hidrogeológicas de los suelos y formaciones geológicas de la cuenca de drenaje.

Con el estudio se obtuvo un marco general de las principales características hidrológicas del altiplano, en términos de los procesos fundamentales que las originan, sin embargo, a nivel de las cuencas pilotos los resultados son preliminares y requieren de estudios complementarios que mejoren las herramientas metodológicas. En este sentido, la utilización del método del “Domo de Control” para determinar evaporación desde el suelo demostró ser una buena herramienta por su simplicidad y transportabilidad, facilitando la medición y distribución espacial de la variable, sin embargo, requiere determinaciones complementarias para calibración, que por su costo y requerimientos de tiempo restringen su aplicación (por ejemplo, lisímetros).

Por su parte, la metodología para determinar la recarga demostró tener un alto nivel de incertidumbre, debido principalmente al desconocimiento de los coeficientes asociados a las propiedades de los suelos, debiendo asignarse rangos probables de valores, todo lo cual implica el desmejoramiento del

¹ Levantamiento Hidrogeológico para el desarrollo de nuevas fuentes de agua en áreas prioritarias de la zona norte de Chile. Regiones XV, I, II y III. DGA-2008 y 2009. SIT N° 157 y SIT N° 195

procedimiento metodológico y debilita su extrapolación directa sobre otras cuencas.

En el año 2010 la DGA desarrolla el estudio para estimación de la recarga en la zona altiplánica y cuencas de vertiente pacífico², con el cual se busca avanzar en la formulación metodológica y en la preparación y sistematización hidrológica e hidrogeológica de la información base, no obstante que el modelo conceptual tiene una formulación simple; su aplicación requirió de antecedentes con un nivel de detalle superior al disponible, en particular la regionalización de los parámetros no tuvo resultados adecuados para lograr su extensión generalizada; dado que el rango de incertidumbre es alto por la baja predictividad a escala regional.

Sobre la base de los avances mencionados y la necesidad de contar con una herramienta de aplicación simple y con una precisión razonable se presenta una formulación metodológica que se basa en un modelo simplificado del comportamiento de la escorrentía a nivel regional. Orientada a estimar la recarga neta en las cuencas del norte de Chile.

2. METODOLOGÍA PROPUESTA

En términos generales, se puede concluir que la escasa información disponible ha sido principal dificultad para desarrollar una metodología de aplicación regional que determine la recarga de cuencas altiplánicas.

Un modelo conceptual de recarga puede ser la base de un procedimiento metodológico muy coherente, no obstante, si el proceso de calibración requiere de información no disponible, se producirá implícitamente una distorsión sobre los coeficientes de ajustes, limitando su validez al ámbito local y con pocas posibilidades de extrapolación regional.

En este escenario, La DGA ha estimado conveniente elaborar una propuesta metodología que incorpore simplificaciones temporales y espaciales de las variables hidrológicas e hidrogeológicas de mayor importancia, en consistencia con la información disponible, de manera que toda particularidad no cubierta se propague aleatoriamente sobre los resultados. En esta línea, el trabajo es enfocado desde un principio a nivel regional.

El presente informe describe el trabajo, dividido en dos etapas, la primera enfocada a la búsqueda de una relación de largo plazo entre la escorrentía total de salida y la precipitación media sobre la cuenca, utilizando para ello todas las cuencas seleccionadas en el estudio del 2010.

La segunda etapa, enfocada a la determinación de la recarga neta o efectiva, estimada a partir del comportamiento de los caudales superficiales estacionales de salida de las cuencas, en donde conceptos como caudal base interanual,

² "Metodología para la estimación de recarga en cuencas altiplánicas y precordilleranas de vertiente pacífica en el norte de Chile, XV, I, II y III Regiones". DGA-2010. SIT N° 221

demandas estacionales máximas y mínimas, períodos interanuales húmedos o secos, flujo pasante subterráneo, etc, son elementos básicos para la fundamentación de la estimación propuesta..

2.1 Relación Escorrentía Total- Precipitación Media.

La recarga de los acuíferos altiplánicos tiene como fuente principal la precipitación, que se infiltra con mayor facilidad por zonas de mayor permeabilidad, y que se ve favorecida por eventos de mayor envergadura que son capaces de saturar el suelo y conducir agua hasta el acuífero. Las distintas clases de suelos constituyen zonas de transferencia del agua subterránea hacia las zonas más bajas de la cuenca. Si una cuenca o subcuenca posee caudal de salida conocido (superficial y subterráneo), es razonable asumir que su valor medio de largo plazo representa su escorrentía total.

Una primera relación adoptada entre la escorrentía total y la precipitación media de las cuencas del Norte de Chile fue establecida por la JICA en 1995, estimando con ella la recarga media hacia la Pampa del Tamarugal.

$$Q_s = f * P_c * A$$

$$P_c = m f + C$$

$$Q_s = F(P_c) = P_c(P_c - C) * A / m$$

$$Q_s = (A/m) * P_c^2 - (C * A/m) * P_c$$

En donde,

P_c = Precipitación media anual de largo plazo de la cuenca

Q_s = Caudal medio superficial de salida de la cuenca ó escorrentía total (largo plazo)

A = Área de la cuenca

f = Coeficiente de escorrentía de la cuenca

donde, m y C son coeficientes de ajuste lineal.

Evidentemente, para esto fue asumido que el flujo subterráneo pasante era nulo ó poco significativo respecto del caudal superficial, hipótesis que pudo no necesariamente ser válida en todos los casos y puede constituir un elemento distorsionador de la correlación. En cualquier caso, el efecto sería por el lado seguro o conservador de la estimación.

El presente trabajo toma como base la metodología JICA, incorporándole una corrección de tipo hidrogeológico al definir dos tipos de suelos o zonas hidrogeológicas dentro de la cuenca drenaje; para estos efectos se ha tomado como base la zonificación efectuada en el estudio del año 2010. Una zona 2, asociada a suelos poco permeables (principalmente rocas antiguas y formaciones volcánicas impermeables), que evacua su escurrimiento sobre otra zona, denominada zona 1, asociada a las distintas formaciones de origen sedimentario (antiguas y modernas).

Sobre la base de lo anterior el planteamiento queda expresado en los siguientes términos:

$$Q_2 = f_2 P_c Z_2$$

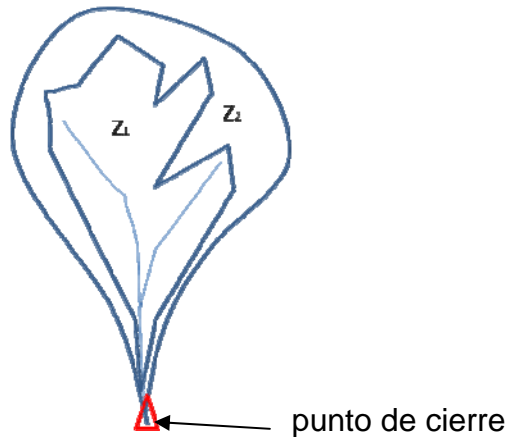
$$Q_2 / Z_1 = P_{2_1}$$

$$Q_1 = f_1 (P_c + P_{2_1}) Z_1$$

$$Q_1 = f_1 P_c Z_1 + f_1 f_2 P_c Z_2$$

$$P_c = m_2 f_2 + C_2$$

$$(P_c + P_{2_1}) = m_1 f_1 + C_1$$



En donde m_1 , m_2 , C_1 , C_2 son coeficientes de ajuste lineal.

Los cálculos fueron realizados en base a planillas automáticas Excel, con el objeto de que los coeficientes de ajuste lineal pudieran ser calibrados simultáneamente para las 25 cuencas y subcuencas.

El ajuste se efectuó mediante el uso de la función SOLVER de EXCEL cuyo objetivo fue minimizar la desviación entre los valores de escorrentía total observada y la calculada, teniendo como variable de ajuste los coeficientes de ajuste lineal. Los resultados obtenidos se indican a continuación:

Tabla 1
Cálculo de parámetros y escorrentía para cuencas de control

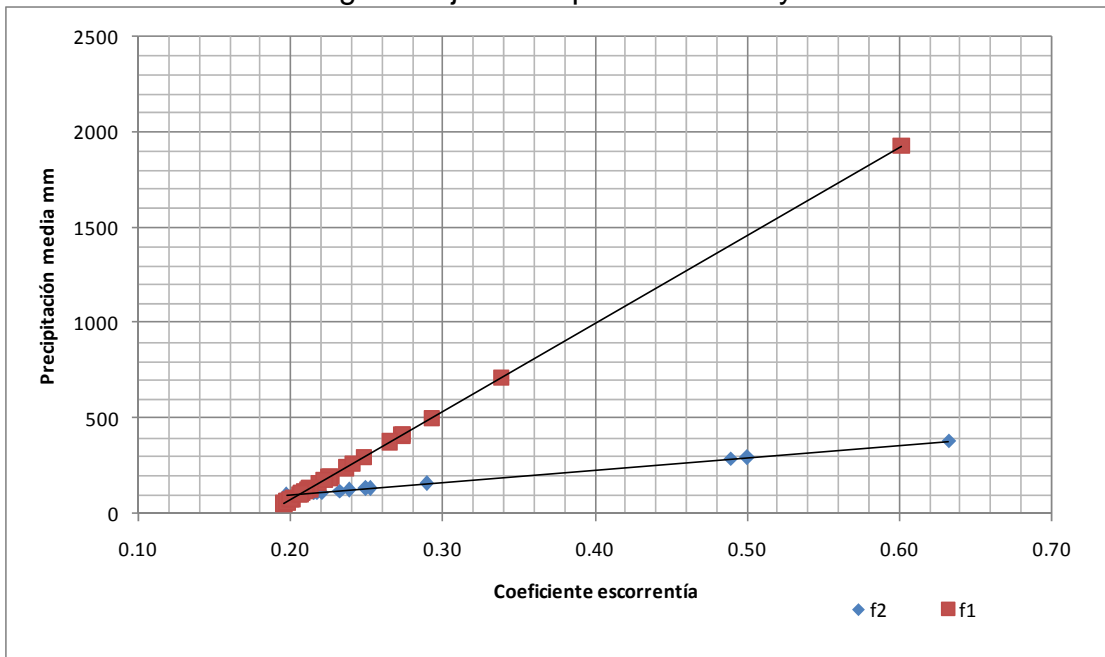
	Nombre de la cuenca	Elev. media cuenca (msnm)	Área zona 2 (km ²)	Área zona 1 (km ²)	Área total (km ²)	Q _{pp}	P anual promedio	Q _{salida}	f2	f1	Q2	P ₂₋₁	P1	Q1	Qobs	d ² /Qobs	d/Qobs
						(l/s)	(mm)	(l/s)									
1	Río Lluta Alto	4345	614	713	1327	12452	287	1921	0.49	0.27	2734	121	408	2521	1921	187	0.31
2	Río Lluta bajo Río Azufre	4448	170	211	381	3690	294	371	0.50	0.27	792	118	412	757	371	402	1.04
3	Río Caquena	4672	260	188	448	5474	380	1097	0.63	0.34	1980	332	712	1440	1097	107	0.31
4	Río San José alto	3386	980	378	1358	5287	120	599	0.23	0.23	868	72	192	523	599	10	0.13
5	Río Codpa hasta Cala-Cala	3901	326	44	370	1588	131	146	0.25	0.27	338	242	373	138	146	0	0.05
6	Río Camarones hasta Conanoxa	3177	1435	571	2006	6728	103	517	0.21	0.22	968	53	156	620	517	21	0.20
7	Quebrada Camiña hasta Altusa	4084	506	13	519	2623	157	324	0.29	0.60	729	1769	1926	478	324	73	0.47
8	Quebrada de Tarapaca hasta Sibaya	4214	508	40	548	2226	124	155	0.24	0.29	477	376	500	186	155	6	0.20
9	Río Collacagua hasta Peñablanca	4294	640	81	721	2526	109	129	0.22	0.25	477	186	295	188	129	27	0.46
10	Río Piga hasta Collacagua (Huasco)	4292	333	65	398	1430	112	143	0.22	0.24	261	126	238	116	143	5	0.19
11	Río Guatacondo hasta Copaquire	4347	156	33	189	599	97	39	0.20	0.23	95	90	187	44	39	1	0.14
12	Río Loa hasta Lequena	4102	1522	574	2096	7573	110	512	0.22	0.22	1154	63	173	703	512	71	0.37
13	Río Salado	3602	1210	1141	2351	8009	105	558	0.21	0.21	844	23	128	989	558	332	0.77
14	Río Salado hasta Curti	4285	432	115	547	2374	133	285	0.25	0.24	460	126	259	228	285	11	0.20
15	Río San Pedro de Atacama	4027	1068	324	1392	3725	82	739	0.17	0.21	484	47	129	283	739	282	0.62
16	Canal Cuno hasta Socaire	4727	125	13	138	242	54	165	0.13	0.21	28	68	122	11	165	144	0.94
17	Río de La Ola (Pedernales)	4026	573	646	1219	1785	46	629	0.12	0.20	99	5	51	204	629	287	0.68
18	Río Lamas (Maricunga)	4919	637	419	1056	1677	50	258	0.13	0.20	126	10	60	157	258	40	0.39
19	Río Jorquera	3799	2558	1541	4099	6506	50	725	0.13	0.20	507	10	60	585	725	27	0.19
20	Río Pulido	3569	1343	562	1905	3484	58	1567	0.14	0.20	339	19	77	277	1567	1062	0.82
21	Río Manflas	3566	602	345	947	1705	57	572	0.14	0.20	148	14	71	155	572	305	0.73
22	Río Tránsito hasta Río Carmen	3361	2935	1043	3978	9135	72	4079	0.16	0.21	1065	32	104	716	4079	2773	0.82
23	Río Tránsito hasta Angostura de Pinte	3709	1875	780	2655	6811	81	3681	0.17	0.21	832	34	115	595	3681	2587	0.84
24	Río el Carmen hasta Río el Tránsito	3471	2105	887	2992	6723	71	2325	0.16	0.21	746	27	98	566	2325	1331	0.76
25	Río Carmen hasta San Félix	3632	1990	718	2708	6128	71	2836	0.16	0.21	705	31	102	481	2836	1955	0.83

12046

Fuente: Elaboración propia a partir de datos e información básica obtenida del estudio SIT N° 221.

El ajuste lineal obtenido para los parámetros f1 y f2 se muestra en la siguiente figura

Figura . Ajuste de parámetros f1 y f2



La comparación de caudales observados y calculados según las siguientes figuras.

Figura 2. Comparación entre caudal calculado Q1 y caudal observado (l/s)

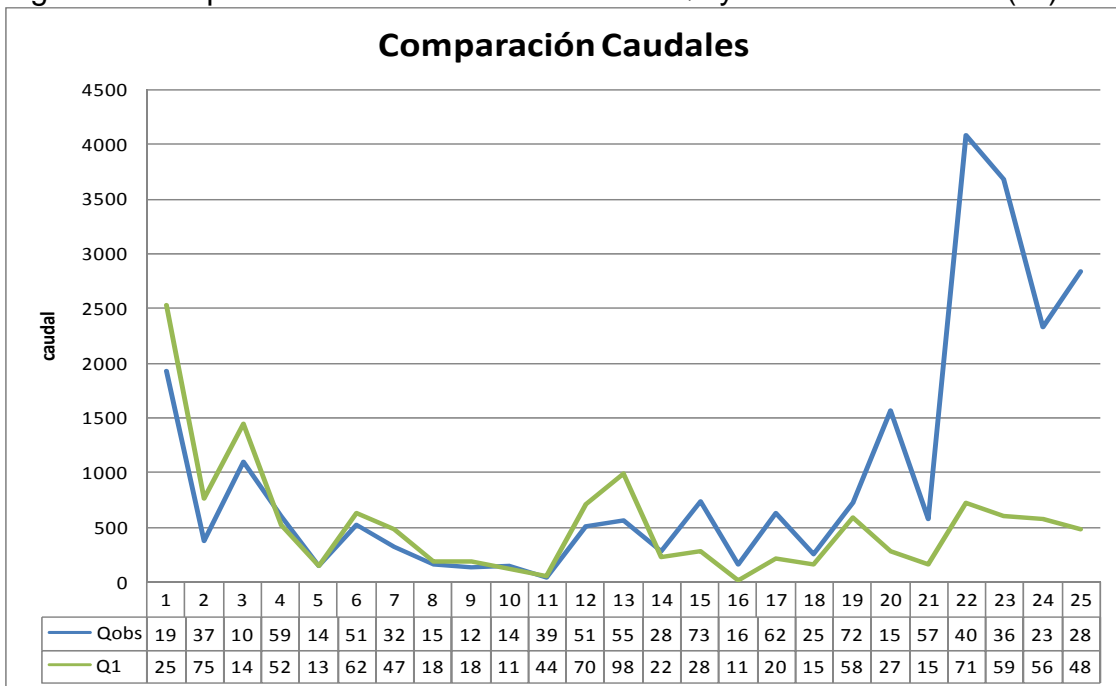
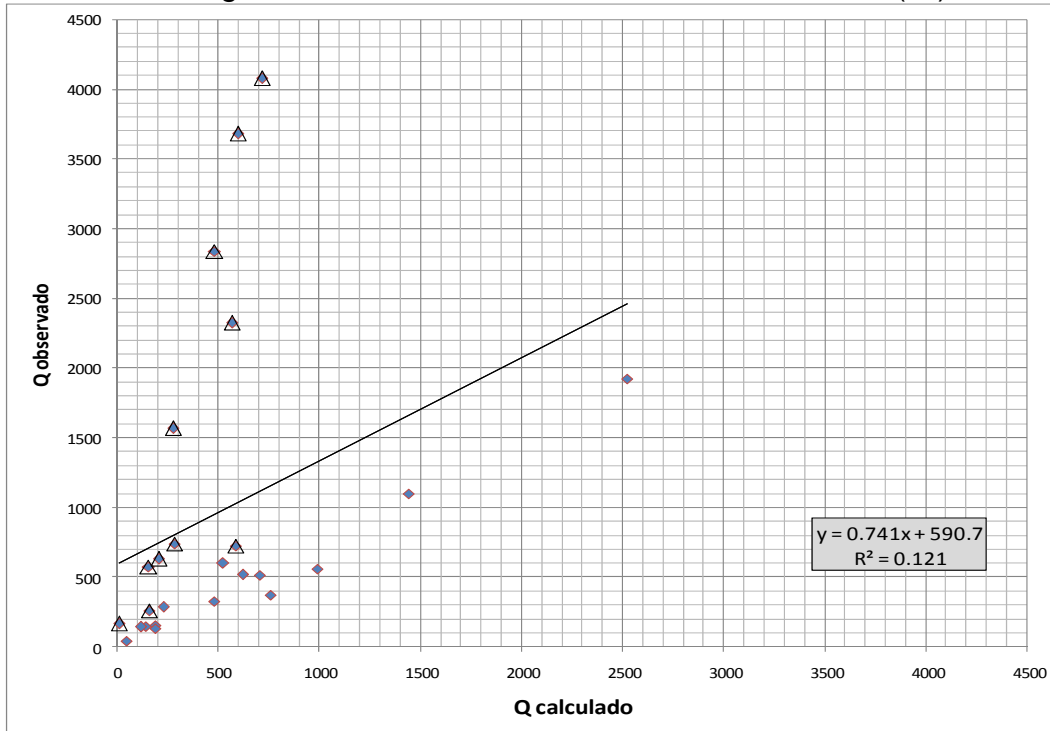
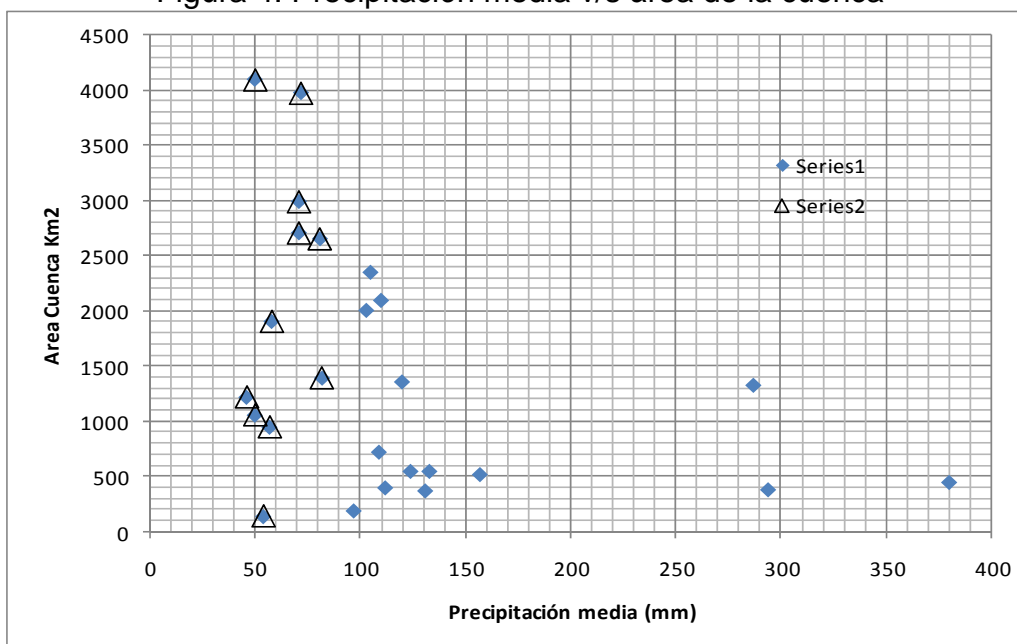


Figura 3. Caudal observado v/s caudal calculado (l/s)



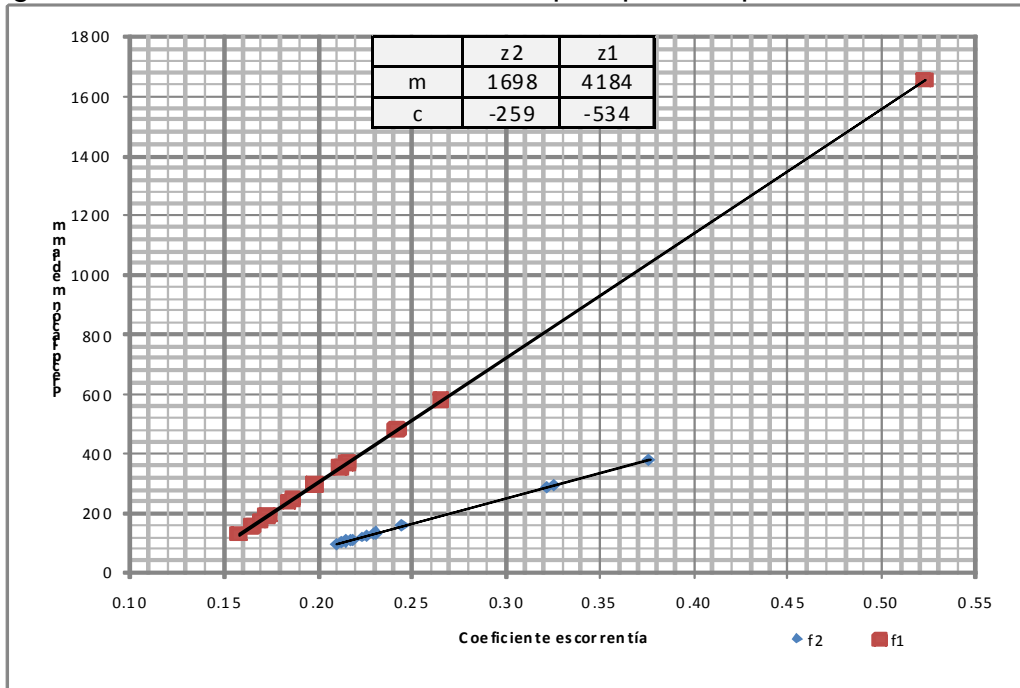
Se puede apreciar que el comportamiento de las 25 cuencas sigue dos grupos o tendencias perfectamente identificables, una de ellas con caudales estimados muy inferiores a los observados, y la otra, con caudales estimados un poco por debajo de los observados. A partir de lo anterior, se pudo desagregar estas dos tendencias sobre la base de un umbral de 100 mm de precipitación media anual aproximadamente, tal como se aprecia en la siguiente figura.

Figura 4. Precipitación media v/s área de la cuenca



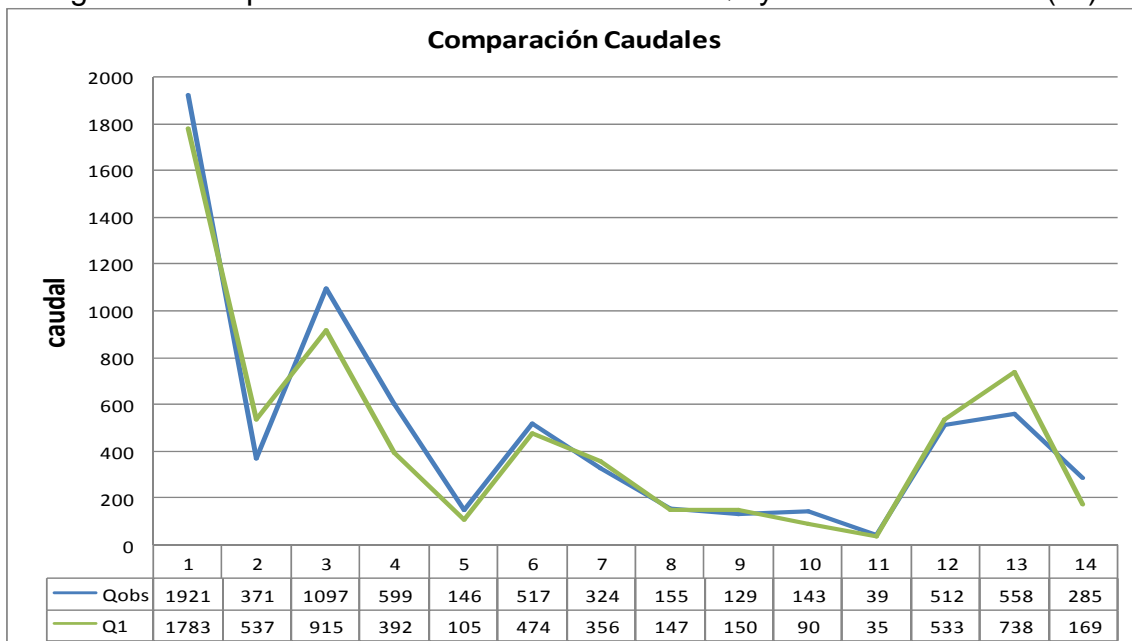
Prescindiendo del grupo de cuencas bajo el umbral de 100 mm, se estableció una nueva correlación, cuya calibración alcanzó los siguientes resultados.

Figura 5. Coeficiente de escorrentía v/s precipitación para nueva condición.



En la figura siguiente se presenta la comparación entre caudal calculado y observado para esta nueva condición.

Figura 6. Comparación entre caudal calculado Q1 y caudal observado (l/s)



Los resultados obtenidos en esta nueva condición se presentan en la tabla siguiente.

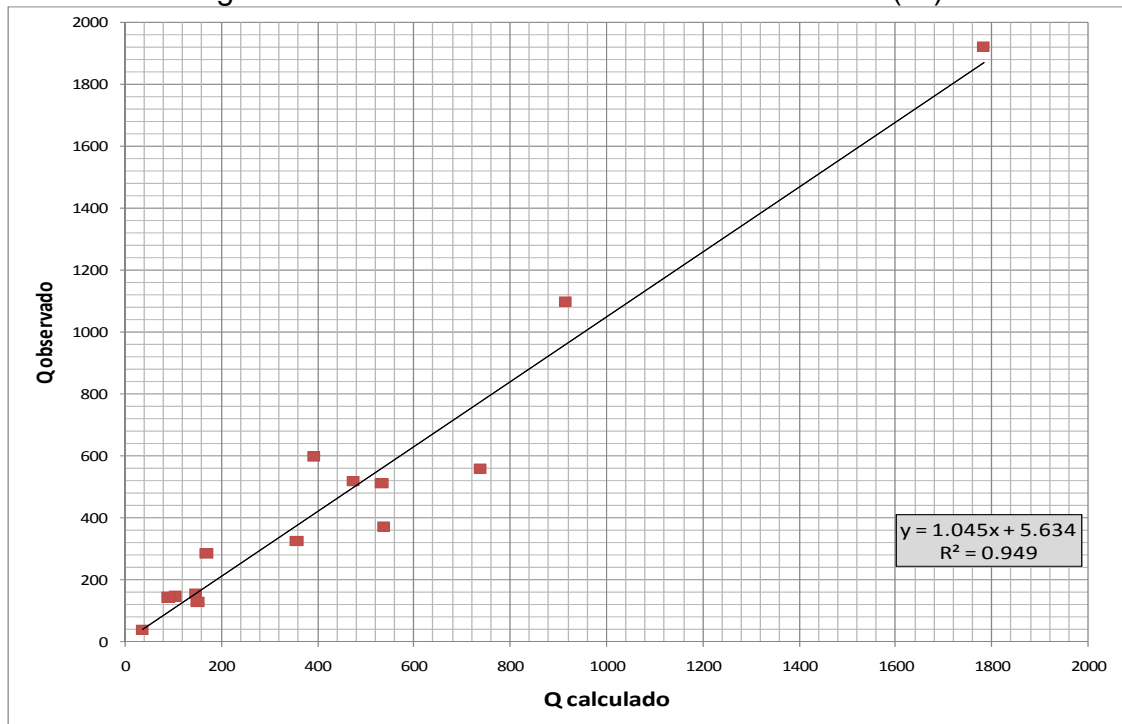
Tabla 2.
Cálculo de parámetros y escurrentía para cuencas de control. Nueva condición

	Nombre de la cuenca	media cuenca (msnm)	Área zona 2 (km ²)	Área zona 1(km ²)	Área total (km ²)	Q _{pp}	P anual prom	Q _{salida} (l/s)	f2	f1	Q2	P ₂₋₁	P1	Q1	Qobs	d ² /Qobs	d/Qobs
						(l/s)	(mm)										
1	Río Lluta Alto	4345	614	713	1327	12452	287	1921	0.32	0.22	1796	79	366	1783	1921	10	0.07
2	Río Lluta bajo Río Azufre	4448	170	211	381	3690	294	371	0.33	0.22	516	77	371	537	371	74	0.45
3	Río Caquena	4672	260	188	448	5474	380	1097	0.38	0.27	1179	198	578	915	1097	30	0.17
4	Río San José alto	3386	980	378	1358	5287	120	599	0.22	0.17	832	69	189	392	599	71	0.34
5	Río Codpa hasta Cala-Cala	3901	326	44	370	1588	131	146	0.23	0.21	311	223	354	105	146	12	0.28
6	Río Camarones hasta Conanoxa	3177	1435	571	2006	6728	103	517	0.21	0.17	999	55	158	474	517	4	0.08
7	Quebrada Camiña hasta Altusa	4084	506	13	519	2623	157	324	0.24	0.52	617	1497	1654	356	324	3	0.10
8	Quebrada de Tarapaca hasta Siba	4214	508	40	548	2226	124	155	0.23	0.24	450	355	479	147	155	0	0.05
9	Río Collacagua hasta Peñablanca	4294	640	81	721	2526	109	129	0.22	0.20	479	187	296	150	129	4	0.17
10	Río Piga hasta Collacagua (Huasc)	4292	333	65	398	1430	112	143	0.22	0.18	258	125	237	90	143	20	0.37
11	Río Guatacondo hasta Copaquire	4347	156	33	189	599	97	39	0.21	0.17	101	96	193	35	39	0	0.10
12	Río Loa hasta Lequena	4102	1522	574	2096	7573	110	512	0.22	0.17	1153	63	173	533	512	1	0.04
13	Río Salado	3602	1210	1141	2351	8009	105	558	0.21	0.16	863	24	129	738	558	58	0.32
14	Río Salado hasta Curti	4285	432	115	547	2374	133	285	0.23	0.19	420	115	248	169	285	47	0.41

334

A partir de esto se correlacionaron los datos para esta nueva condición, lo que se muestra en la figura siguiente.

Figura 7. Caudal calculado v/s caudal observado (l/s)



El ajuste obtenido para este caso fue altamente satisfactorio.

Se estima que el comportamiento de estas 14 cuencas está relacionado exclusivamente con el umbral de precipitación y no por la localización geográfica de estas, como podría deducirse considerando que de las cuencas originales corresponden a las ubicadas más al norte.

Consecuentemente, y tomando en cuenta que en el norte existe un aumento de la precipitación con la altura, en cuencas de vertiente Pacífica o cercanas a una precipitación media umbral, la relación podría hacerse válida a una mayor altura.

Queda pendiente, por falta de antecedentes, un eventual ajuste debido al error derivado de asumir que el flujo subterráneo pasante bajo las estaciones de control fluviométrico era nulo.

2.2 Determinación de la recarga neta

Estimar la recarga de acuíferos en cuencas sin control hidrométrico es una materia compleja, sobre todo si para ello se cuenta sólo con información hidrológica general como la precipitación media anual y una estimación de escorrentía total según la relación propuesta en la etapa anterior, punto 2.1. Ambas en el contexto de una condición de equilibrio de largo plazo.

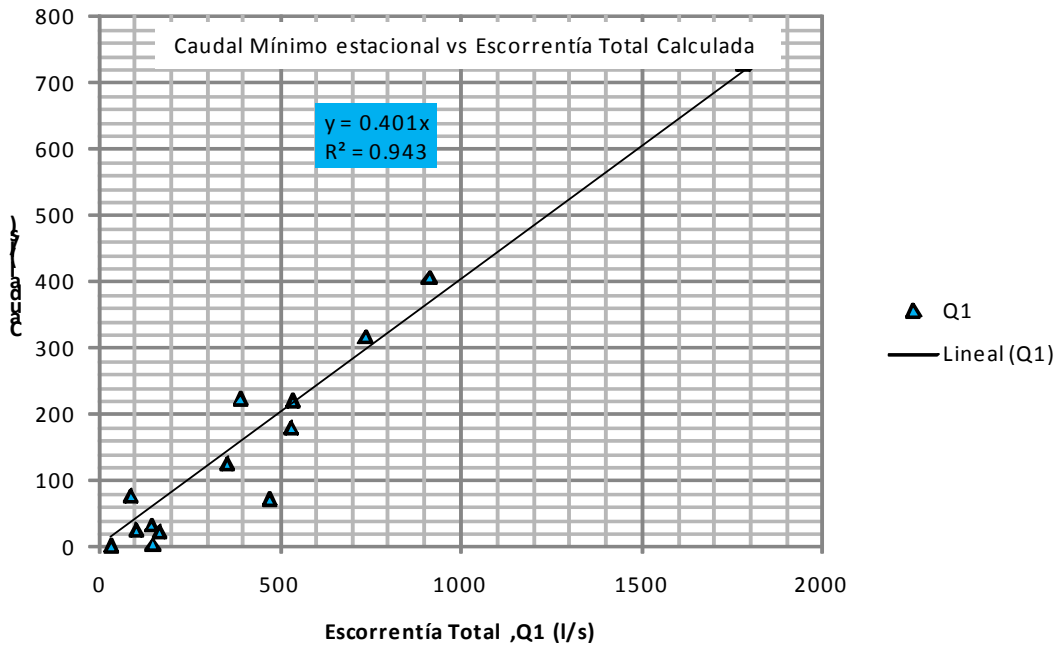
Consecuentemente, el trabajo metodológico estuvo centrado en el análisis del comportamiento estacional de los caudales medios mensuales controlados históricamente a la salida de las 14 cuencas seleccionadas de la etapa anterior, con el objeto de encontrar la relación entre ellos y/o con la escorrentía total. Para ello se adoptaron las siguientes hipótesis y conceptos hidrológicos de base:

- a. Tal como en el punto 2.1, los caudales medidos a la salida de las cuencas representarían la escorrentía total, y por lo tanto, los flujos subterráneos pasantes serían despreciables
- b. Se define la recarga neta de la cuenca, como el caudal base de salida compuesto por el agua que infiltra y transita en algún momento en forma subterránea, tal que su permanencia dentro de la cuenca es superior al de un año hidrológico.
- c. La recarga neta o caudal base de salida de la cuenca puede ser estimado, en términos de caudal medio mensual, como el promedio de los mínimos decadales observados entre los meses de junio, julio y agosto. Lo anterior sobre la base que:
 - Las precipitaciones de invierno en las cuencas seleccionadas son minoritarias y escasas, y mayoritariamente sólidas. Las bajas temperaturas limitan el deshielo y las pérdidas se producen principalmente por sublimación. Por lo que no habría aportes significativos a la escorrentía de salida en esos meses.
 - Durante el verano, el caudal base persiste aun cuando el caudal de salida puede ser menor al observado en invierno, debido a que se encuentra disminuido por la evaporación y evapotranspiración que alcanza su máximo anual, llegando incluso a consumir la totalidad del flujo base en años secos, o en períodos de sequía interanual.
 - Existe consenso en interpretar las series hidrológicas del norte bajo la perspectiva de ciclos hidrológicos decadales, a partir de lo cual resulta razonable estimar el flujo base como el promedio del conjunto de 4 mínimos decadales observados históricamente.

Los cálculos efectuados se pueden ver en anexo, y en las figuras siguientes se señalan las correlaciones encontradas entre el promedio de los mínimos

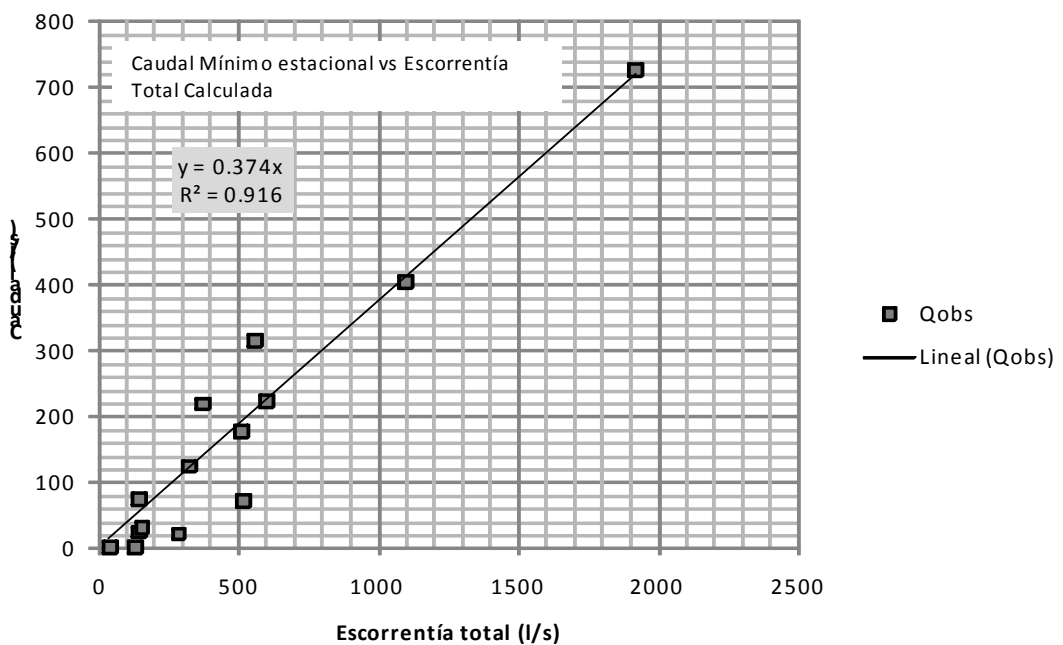
decadales y la escorrentía total estimada y/u observada para las 14 cuencas seleccionadas

Figura 8



Y respecto de los valores de escorrentía total observada, la siguiente:

Figura 9



Conforme estos resultados se puede asumir que entre un 37 a 40 % de la escorrentía total de salida de una cuenca altiplánica corresponde a flujo base o recarga neta.

3. APLICACIÓN METODOLOGICA

Tanto las hipótesis asumidas para el desarrollo de la primera parte, punto 2.1, como para la segunda (punto 2.2), determinan el alcance de la metodología propuesta.

Así, queda claro que aplica en cuencas y subcuencas altiplánicas o de vertiente Pacífica cuya precipitación media anual supera los 100mm.

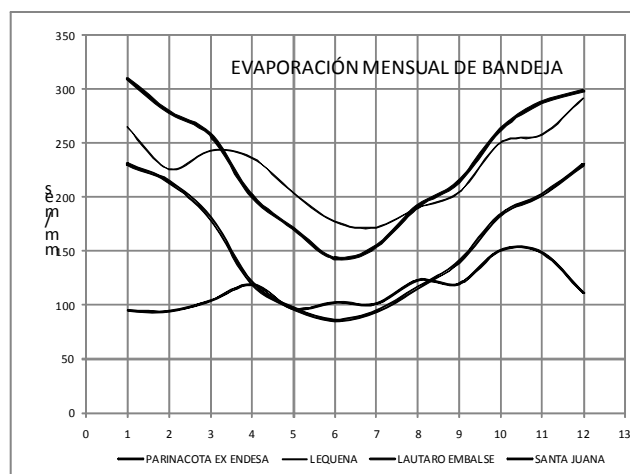
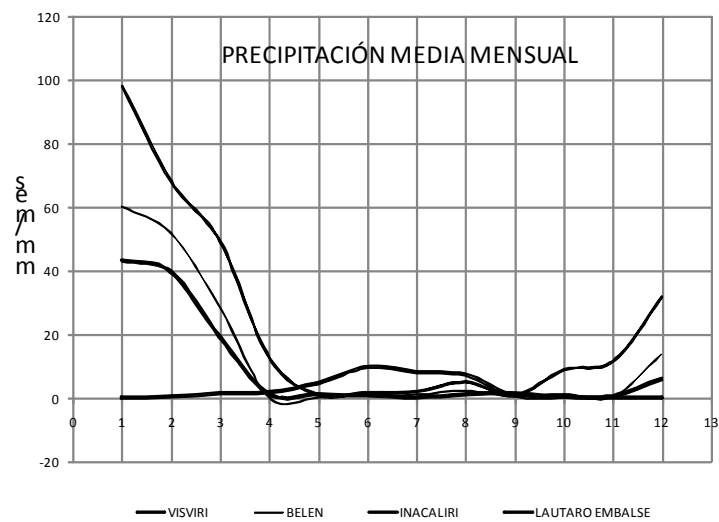
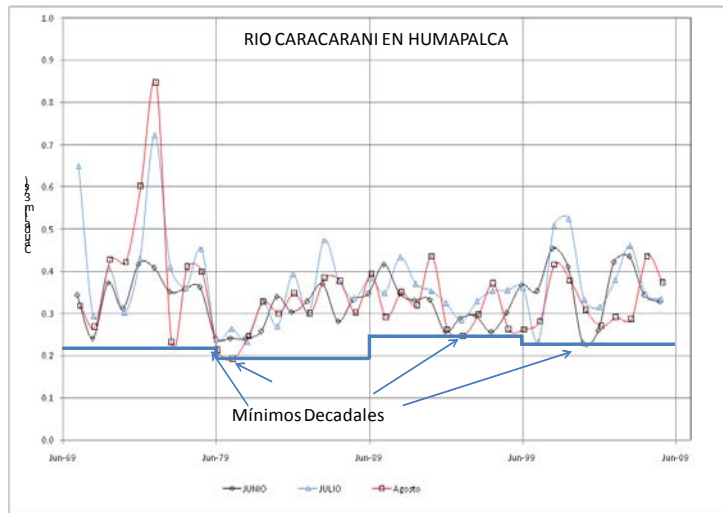
Sin embargo, también existen restricciones no tan claras que podrían aparecer con la aplicación metodología en un sector específico con una capacidad de evacuación subterránea no despreciable, y que podrían requerir ajustes conceptuales, que por el momento no se encuentran resueltos, como por ejemplo:

- Al asumir que en todas las estaciones fluviométricas seleccionadas no existía un flujo subterráneo pasante significativo, el flujo base de largo plazo debía formar parte del hidrograma de la estación de control fluviométrico. Sin embargo, a lo largo de una cuenca cualquiera la condición de flujo subterráneo cero no es válida necesariamente, y pueden existir sectores específicos con una gran capacidad de transmisión de caudal subterráneo, permitiendo transitar todo el caudal base y parte de la escorrentía estacional. Evidentemente, en estos casos se genera un recurso subterráneo adicional al de largo plazo o recarga neta (R_n), que por el momento definiremos como recarga prima (R'), y que para todos los efectos consideraremos como recursos de mediano a corto plazo que requerirán de estudios específicos que por el momento escapan al alcance de una evaluación preliminar. Estas cuencas, o mejor dicho, estas secciones de paso, se identifican por presentar escurrimiento superficial sólo en algunos meses del año, así como, poseer una formación acuífera consistente con el nivel de caudales involucrados.
- Un caso especialmente interesante es el de cuencas o secciones de paso que no presentan flujo superficial alguno, como por ejemplo, las zonas de orilla en salares o zonas terminales de cuencas altiplánicas endorreicas, específicamente en sectores previos a la manifestación de los afloramientos naturales propios de estos sistemas. En estos casos, la escorrentía total estimada correspondería a la suma de la R_n más la R' .

Sobre la base de lo anterior resulta recomendable desarrollar análisis mas detallados orientados a despejar estos puntos a fin de que la aproximación metodológica pueda mejorarse. No obstante lo dicho los resultados obtenidos

permiten la estimación de la escorrentía y recarga, con un criterio conservador, pudiendo ser utilizada como herramienta de trabajo.

ANEXOS



Cuenca	RIO LLUTA EN ALCERRECA				RIO CARACARANI EN HUMAPA				RIO CAQUENA EN VERTEDERO				ACUEDUCTO AZAPA EN BOCAT				RIO CODPA EN CALA-CALA				
	año	jun	jul	ago	Min	jun	jul	ago	Min	jun	jul	ago	Min	jun	jul	ago	Min	jun	jul	ago	Min
1970	1.180	1.853	1.014	1.014	0.345	0.648	0.320	0.320	0.854	0.901	0.859	0.854	0.554	0.606	0.589	0.554	0.307	0.466	0.252	0.252	
1971	0.662	1.618	1.429	0.662	0.242	0.294	0.268	0.242	0.875	0.897	0.889	0.875	0.598	0.594	0.546	0.546	0.087	0.084	0.087	0.084	
1972	1.346	1.357	1.201	1.201	0.373	0.406	0.428	0.373	0.504	0.439	0.526	0.439	0.000	0.000	0.112	0.000	0.112	0.096	0.115	0.096	
1973	1.367	1.429	1.284	1.284	0.312	0.303	0.423	0.303	0.439	0.333	0.333	0.333	0.000	0.000	0.000	0.000	0.184	0.141	0.138	0.138	
1974	1.709	1.723	2.224	1.709	0.417	0.430	0.601	0.417	0.207	0.238	0.257	0.207	0.868	0.837	0.841	0.837	0.069	0.081	0.084	0.069	
1975	2.542	1.808	1.539	1.539	0.409	0.722	0.846	0.409	0.672	0.711	0.721	0.672	0.096	0.089	0.530	0.089	0.099	0.081	0.108	0.081	
1976	1.580	1.588	1.591	1.580	0.352	0.410	0.231	0.231	0.641	1.160	1.128	0.641	0.877	0.898	0.829	0.829	0.362	0.318	0.303	0.303	
1977	1.492	1.530	1.530	1.492	0.358	0.361	0.410	0.358	1.349	0.356	1.398	0.356	0.278	0.256	0.262	0.256	0.057	0.051	0.043	0.043	
1978	0.917	1.529	1.467	0.917	0.364	0.453	0.400	0.364	1.077	1.129	1.067	1.067	1.036	1.042	0.830	0.830	0.164	0.157	0.127	0.127	
1979	1.410	1.397	1.298	1.298	0.244	0.239	0.213	0.213	1.121	1.177	1.112	1.112	0.902	0.894	0.768	0.768	0.231	0.205	0.186	0.186	
1980	0.810	0.810	0.831	0.810	0.242	0.265	0.191	0.191	1.042	1.116	1.079	1.042	0.629	0.524	0.477	0.477	0.105	0.100	0.105	0.100	
1981	0.975	1.265	1.715	0.975	0.241	0.234	0.248	0.234	0.986	0.534	0.748	0.534	0.708	0.734	0.696	0.696	0.149	0.185	0.254	0.149	
1982	1.327	1.204	1.132	1.132	0.258	0.328	0.327	0.258	1.174	1.094	0.921	0.921	0.625	0.634	0.548	0.548	0.278	0.273	0.288	0.273	
1983	1.326	1.305	1.288	1.288	0.340	0.270	0.301	0.270	0.952	0.919	0.844	0.844	0.546	0.276	0.154	0.154	0.054	0.077	0.045	0.045	
1984	1.540	1.556	1.430	1.430	0.305	0.393	0.348	0.305	1.123	1.079	1.010	1.010	0.851	0.945	0.782	0.782	0.141	0.086	0.083	0.083	
1985	1.367	1.180	1.218	1.180	0.328	0.300	0.300	0.300	0.368	0.305	1.074	0.305	0.761	0.830	0.863	0.761	0.078	0.058	0.048	0.048	
1986	1.575	1.558	1.566	1.558	0.370	0.474	0.384	0.370	1.465	1.533	1.325	1.325	0.333	0.742	0.340	0.333	0.069	0.053	0.100	0.053	
1987	1.243	1.601	1.239	1.239	0.281	0.378	0.376	0.281	1.207	1.688	1.144	1.144	0.918	0.909	0.281	0.281	0.071	0.062	0.047	0.047	
1988	1.582	1.558	1.334	1.334	0.333	0.336	0.302	0.302	1.220	1.224	1.157	1.157	0.856	0.785	0.775	0.775	0.069	0.057	0.045	0.045	
1989	1.396	1.374	1.303	1.303	0.348	0.383	0.393	0.348	1.130	1.155	1.105	1.105	0.844	0.842	0.825	0.825	0.076	0.053	0.028	0.028	
1990	1.595	1.337	1.202	1.202	0.416	0.349	0.291	0.291	1.383	1.057	0.988	0.988	0.553	0.500	0.450	0.450	0.047	0.041	0.041	0.041	
1991	1.403	1.455	1.213	1.213	0.348	0.433	0.349	0.348	1.079	1.139	1.028	1.028	0.682	0.620	0.578	0.578	0.059	0.051	0.045	0.045	
1992	0.890	1.125	1.130	0.890	0.331	0.371	0.319	0.319	0.285	0.445	1.016	0.285	1.795	2.271	2.487	1.795	0.047	0.050	0.053	0.047	
1993	1.182	1.521	1.909	1.182	0.333	0.354	0.436	0.333	0.268	0.185	1.780	0.185	0.547	0.528	0.672	0.528	0.081	0.146	0.178	0.081	
1994	1.481	1.499	1.372	1.372	0.257	0.325	0.263	0.257	0.972	0.802	0.835	0.802	0.569	0.579	0.595	0.569	0.116	0.100	0.046	0.046	
1995	1.504	1.525	1.252	1.252	0.288	0.284	0.248	0.248	1.103	1.087	1.035	1.035	0.417	0.475	0.478	0.417	0.039	0.055	0.051	0.039	
1996	1.601	1.762	1.667	1.601	0.295	0.328	0.296	0.295	1.010	1.102	1.043	1.010	0.393	0.424	0.380	0.380	0.053	0.081	0.056	0.053	
1997	1.506	1.366	1.617	1.366	0.256	0.353	0.371	0.256	0.894	0.907	1.043	0.894	0.678	0.635	0.561	0.561	0.211	0.271	0.197	0.197	
1998	1.279	1.250	1.231	1.231	0.302	0.355	0.262	0.262	0.858	0.827	0.776	0.776	0.448	0.469	0.421	0.421	0.184	0.073	0.035	0.035	
1999	1.742	1.653	1.437	1.437	0.367	0.361	0.263	0.263	0.842	0.950	0.929	0.842	0.790	0.615	0.581	0.581	0.748	0.974	0.022	0.022	
2000	1.280	1.534	1.562	1.280	0.353	0.234	0.282	0.234	1.223	1.270	0.993	0.993	0.731	0.457	0.748	0.457	0.067	0.052	0.033	0.033	
2001	0.650	0.713	0.551	0.551	0.455	0.508	0.417	0.417	1.533	1.671	1.698	1.533	0.539	0.824	0.360	0.360	0.211	0.121	0.086	0.086	
2002	6.530	5.946	8.123	5.946	0.410	0.525	0.379	0.379	1.390	1.799	1.277	1.277	0.379	0.361	0.534	0.361	0.075	0.097	0.046	0.046	
2003	1.619	2.591	1.923	1.619	0.229	0.333	0.308	0.229	1.468	1.687	1.197	1.197	0.768	0.798	0.722	0.722	0.032	0.017	0.007	0.007	
2004	1.116	1.233	1.105	1.105	0.260	0.315	0.269	0.260	1.271	1.548	1.604	1.271	0.759	0.693	0.742	0.693	0.303	0.433	0.328	0.303	
2005	1.036	1.230	1.278	1.036	0.422	0.380	0.291	0.291	1.068	1.148	1.087	1.068	0.389	0.652	0.686	0.389	0.116	0.113	0.083	0.083	
2006	2.118	1.581	1.453	1.453	0.435	0.461	0.287	0.287	1.087	1.310	1.263	1.087	0.702	0.796	0.826	0.702	0.104	0.087	0.084	0.084	
2007	0.816	1.062	0.777	0.777	0.344	0.346	0.436	0.344	1.044	1.195	0.934	0.934	0.821	0.803	0.712	0.712	0.132	0.121	0.125	0.121	
2008	1.650	1.734	1.336	1.336	0.328	0.334	0.372	0.328	0.927	0.974	1.055	0.927	0.762	0.728	0.731	0.728	0.062	0.052	0.116	0.052	
				Min1	0.662			Min1	0.213			Min1	0.207			Min1	0.000			Min1	0.043
				Min2	0.810			Min2	0.191			Min2	0.305			Min2	0.154			Min2	0.028
				Min3	0.890			Min3	0.248			Min3	0.185			Min3	0.380			Min3	0.022
				Min4	0.551			Min4	0.229			Min4	0.927			Min4	0.360			Min4	0.007
				Prom	0.728			Prom	0.220			Prom	0.406			Prom	0.224			Prom	0.025

Cuenca	RIO CAMARONES EN CONANOXA				QUEBRADA CAMIÑA EN ALTUSA				Q. TARAPAÇA EN SIBAYA				RIO COLLACAGUA EN PEÑABI				RIO PIGA EN COLLACAGUA			
año	jun	jul	ago	Min	jun	jul	ago	Min	jun	jul	ago	Min	jun	jul	ago	Min	jun	jul	ago	Min
1970	0.553	0.487	0.214	0.214	0.653	0.915	0.414	0.414	0.273	0.414	0.242	0.242	0.048	0.071	0.037	0.037	0.277	0.480	0.240	0.240
1971	0.164	0.141	0.117	0.117	0.194	0.179	0.149	0.149	0.083	0.083	0.090	0.083	0.013	0.013	0.012	0.012	0.114	0.125	0.149	0.114
1972	0.194	0.145	0.170	0.145	0.244	0.198	0.198	0.198	0.064	0.058	0.071	0.058	0.014	0.012	0.013	0.012	0.110	0.110	0.119	0.110
1973	0.103	0.068	0.057	0.057	0.446	0.326	0.266	0.266	0.115	0.092	0.096	0.092	0.035	0.027	0.024	0.024	0.236	0.218	0.181	0.181
1974	0.224	0.224	0.224	0.224	0.349	0.379	0.338	0.338	0.088	0.105	0.114	0.088	0.011	0.012	0.011	0.011	0.074	0.098	0.090	0.074
1975	0.135	0.096	0.116	0.096	0.204	0.161	0.176	0.161	0.104	0.087	0.125	0.087	0.013	0.010	0.013	0.010	0.092	0.084	0.101	0.084
1976	0.690	0.483	0.483	0.483	0.726	0.596	0.480	0.480	0.266	0.234	0.242	0.234	0.035	0.030	0.026	0.026	0.254	0.254	0.218	0.218
1977	0.024	0.019	0.016	0.016	0.088	0.075	0.053	0.053	0.033	0.030	0.028	0.028	0.000	0.000	0.000	0.000	0.035	0.035	0.027	0.027
1978	0.400	0.311	0.222	0.222	0.351	0.316	0.211	0.211	0.169	0.163	0.140	0.140	0.016	0.016	0.012	0.012	0.118	0.116	0.112	0.112
1979	0.291	0.226	0.194	0.194	0.405	0.414	0.417	0.405	0.193	0.180	0.174	0.174	0.036	0.032	0.027	0.027	0.138	0.141	0.133	0.133
1980	0.101	0.088	0.088	0.088	0.281	0.304	0.291	0.281	0.102	0.098	0.109	0.098	0.015	0.015	0.015	0.015	0.173	0.075	0.079	0.075
1981	0.120	0.120	0.154	0.120	0.388	0.337	0.396	0.337	0.116	0.148	0.216	0.116	0.239	0.191	0.241	0.191	0.164	0.155	0.109	0.109
1982	0.079	0.399	0.335	0.079	0.338	0.387	0.276	0.276	0.155	0.155	0.173	0.155	0.207	0.211	0.236	0.207	0.140	0.134	0.105	0.105
1983	0.342	0.362	0.387	0.342	0.299	0.267	0.251	0.251	0.182	0.120	0.073	0.073	0.253	0.009	0.005	0.005	0.186	0.170	0.160	0.160
1984	0.734	0.629	0.489	0.489	0.265	0.364	0.341	0.265	0.108	0.151	0.141	0.108	0.328	0.288	0.434	0.288	0.140	0.124	0.117	0.117
1985	0.483	0.473	0.369	0.369	0.311	0.301	0.319	0.301	0.103	0.088	0.144	0.088	0.269	0.459	0.282	0.269	0.199	0.194	0.186	0.186
1986	1.009	0.363	0.286	0.286	0.380	0.368	0.371	0.368	0.091	0.111	0.118	0.091	0.014	0.017	0.016	0.014	0.146	0.145	0.147	0.145
1987	0.461	0.438	0.432	0.432	0.257	0.278	0.244	0.244	0.141	0.141	0.087	0.087	0.125	0.128	0.125	0.125	0.165	0.171	0.163	0.163
1988	0.282	0.323	0.217	0.217	0.290	0.309	0.287	0.287	0.018	0.022	0.028	0.018	0.143	0.135	0.149	0.135	0.182	0.160	0.125	0.125
1989	0.209	0.276	0.170	0.170	0.284	0.251	0.252	0.251	0.502	0.461	0.481	0.461	0.136	0.199	0.199	0.136	0.119	0.097	0.149	0.097
1990	0.215	0.208	0.139	0.139	0.213	0.214	0.202	0.202	0.055	0.118	0.094	0.055	0.182	0.189	0.189	0.182	0.144	0.140	0.096	0.096
1991	0.164	0.327	0.189	0.164	0.222	0.253	0.295	0.222	0.073	0.036	0.098	0.036	0.153	0.169	0.164	0.153	0.145	0.148	0.140	0.140
1992	0.070	0.093	0.093	0.070	0.213	0.213	0.216	0.213	0.047	0.077	0.094	0.047	0.000	0.000	0.175	0.000	0.086	0.088	0.074	0.074
1993	0.335	0.455	0.397	0.335	0.268	0.247	0.364	0.247	0.065	0.045	0.060	0.045	0.188	0.221	0.240	0.188	0.097	0.090	0.095	0.090
1994	0.348	0.342	0.219	0.219	0.210	0.208	0.251	0.208	0.059	0.051	0.071	0.051	0.191	0.159	0.170	0.159	0.102	0.139	0.143	0.102
1995	0.188	0.240	0.154	0.154	0.123	0.140	0.133	0.123	0.027	0.049	0.088	0.027	0.176	0.160	0.192	0.160	0.147	0.139	0.134	0.134
1996	0.157	0.194	0.167	0.157	0.125	0.117	0.112	0.112	0.065	0.067	0.109	0.065	0.153	0.118	0.117	0.117	0.196	0.173	0.168	0.168
1997	0.265	0.307	0.230	0.230	0.275	0.330	0.204	0.204	0.067	0.061	0.081	0.061	0.115	0.125	0.158	0.115	0.167	0.159	0.139	0.139
1998	0.189	0.266	0.177	0.177	0.189	0.445	0.116	0.116	0.029	0.037	0.049	0.029	0.247	0.236	0.179	0.179	0.087	0.100	0.114	0.087
1999	0.398	0.398	0.133	0.133	0.920	1.083	0.298	0.298	0.097	0.118	0.085	0.085	0.241	0.275	0.233	0.233	0.209	0.189	0.189	0.189
2000	0.122	0.140	0.122	0.122	0.247	0.331	0.253	0.247	0.201	0.152	0.125	0.125	0.168	0.185	0.159	0.159	0.151	0.163	0.142	0.142
2001	0.220	0.193	0.138	0.138	0.296	0.290	0.189	0.189	0.077	0.080	0.053	0.053	0.298	0.286	0.280	0.280	0.235	0.231	0.213	0.213
2002	0.216	0.168	0.216	0.168	0.711	0.575	0.657	0.575	0.251	0.227	0.185	0.185	0.208	0.192	0.193	0.192	0.142	0.141	0.127	0.127
2003	0.234	0.312	0.195	0.195	0.419	0.591	0.369	0.369	0.127	0.140	0.127	0.127	0.338	0.307	0.346	0.307	0.132	0.162	0.142	0.132
2004	1.077	1.254	0.917	0.917	0.411	0.534	0.341	0.341	0.125	0.144	0.153	0.125	0.530	0.163	0.127	0.127	0.168	0.183	0.178	0.168
2005	0.545	0.413	0.277	0.277	0.300	0.320	0.280	0.280	0.143	0.143	0.107	0.107	0.536	0.386	0.282	0.282	0.143	0.184	0.178	0.143
2006	0.868	0.815	0.802	0.802	0.137	0.105	0.091	0.091	0.166	0.132	0.130	0.130	0.526	0.183	0.115	0.115	0.232	0.216	0.220	0.216
2007	0.952	0.700	0.595	0.595	0.261	0.302	0.186	0.186	0.108	0.095	0.103	0.095	0.190	0.206	0.198	0.190	0.180	0.174	0.159	0.159
2008	0.348	0.344	0.496	0.344	0.486	0.299	0.267	0.267	0.326	0.162	0.201	0.162	0.005	0.005	0.010	0.005	0.173	0.185	0.166	0.166
			Min1	0.016			Min1	0.053			Min1	0.028			Min1	0.000			Min1	0.027
			Min2	0.079			Min2	0.244			Min2	0.018			Min2	0.005			Min2	0.075
			Min3	0.070			Min3	0.112			Min3	0.027			Min3	0.000			Min3	0.074
			Min4	0.122			Min4	0.091			Min4	0.053			Min4	0.005			Min4	0.127
			Prom	0.072			Prom	0.125			Prom	0.032			Prom	0.003			Prom	0.076

Cuenca	RIO HUATACONDO EN COPAQUIRE				RIO LOA ANTES REPRESA LEQUENA				RIO SALADO A. J. LOA				RIO SALADO A. J. CURTI			
	año	jun	jul	ago	Min	jun	jul	ago	Min	jun	jul	ago	Min	jun	jul	ago
1970	0.126	0.190	0.126	0.126	0.216	0.313	0.173	0.173	0.621	0.435	0.369	0.369	0.034	0.068	0.034	0.034
1971	0.031	0.031	0.031	0.031	0.518	0.418	0.158	0.158	0.693	1.045	0.700	0.693	0.060	0.060	0.060	0.060
1972	0.005	0.002	0.005	0.002	0.144	0.118	0.135	0.118	0.632	0.576	0.631	0.576	0.005	0.005	0.005	0.005
1973	0.153	0.076	0.076	0.076	0.267	0.193	0.193	0.193	0.768	0.829	0.679	0.679	0.214	0.214	0.107	0.107
1974	0.009	0.009	0.018	0.009	0.097	0.105	0.105	0.097	0.906	0.356	0.687	0.356	0.049	0.049	0.099	0.049
1975	0.021	0.021	0.042	0.021	0.569	0.571	0.542	0.542	0.522	0.584	0.565	0.522	0.031	0.015	0.031	0.015
1976	0.259	0.259	0.259	0.259	0.572	0.575	0.558	0.558	0.603	0.445	0.611	0.445	0.173	0.191	0.187	0.173
1977	0.015	0.015	0.015	0.015	0.629	0.631	0.629	0.629	0.664	0.266	0.658	0.266	0.024	0.150	0.134	0.024
1978	0.044	0.044	0.050	0.044	0.528	0.532	0.494	0.494	0.775	0.492	0.668	0.492	0.160	0.161	0.201	0.160
1979	0.043	0.044	0.044	0.043	0.412	0.428	0.444	0.412	1.044	0.885	0.805	0.805	0.135	0.108	0.108	0.108
1980	0.019	0.022	0.029	0.019	0.054	0.493	0.504	0.054	0.954	0.593	0.642	0.593	0.147	0.143	0.089	0.089
1981	0.022	0.022	0.025	0.022	0.495	0.508	0.513	0.495	0.847	0.565	0.685	0.565	0.080	0.075	0.095	0.075
1982	0.015	0.010	0.011	0.010	0.496	0.497	0.504	0.496	0.834	0.620	0.596	0.596	0.058	0.090	0.051	0.051
1983	0.012	0.013	0.004	0.004	0.511	0.548	0.488	0.488	0.781	0.466	0.633	0.466	0.078	0.147	0.070	0.070
1984	0.028	0.025	0.026	0.025	0.481	0.668	0.710	0.481	0.645	0.668	0.530	0.530	0.090	0.082	0.064	0.064
1985	0.031	0.037	0.041	0.031	0.572	0.594	0.547	0.547	0.672	0.445	0.440	0.440	0.074	0.108	0.066	0.066
1986	0.014	0.009	0.013	0.009	0.698	0.626	0.633	0.626	0.515	0.358	0.586	0.358	0.071	0.083	0.098	0.071
1987	0.027	0.028	0.040	0.027	0.563	0.665	0.724	0.563	0.894	1.177	0.593	0.593	0.056	0.050	0.051	0.050
1988	0.008	0.009	0.014	0.008	0.770	0.595	0.600	0.595	1.114	0.901	1.138	0.901	0.055	0.041	0.042	0.041
1989	0.018	0.008	0.014	0.008	0.546	0.584	0.591	0.546	0.549	0.441	0.522	0.441	0.058	0.034	0.030	0.030
1990	0.008	0.007	0.011	0.007	0.691	0.565	0.606	0.565	0.730	1.073	0.671	0.671	0.049	0.044	0.053	0.044
1991	0.014	0.016	0.020	0.014	0.602	0.639	0.612	0.602	0.809	1.000	0.583	0.583	0.052	0.104	0.040	0.040
1992	0.002	0.002	0.002	0.002	0.625	0.720	0.638	0.625	0.849	0.358	0.589	0.358	0.055	0.060	0.046	0.046
1993	0.000	0.000	0.002	0.000	0.531	0.571	0.598	0.531	0.883	0.586	0.784	0.586	0.061	0.072	0.082	0.061
1994	0.002	0.003	0.005	0.002	0.550	0.558	0.583	0.550	0.755	0.761	0.652	0.652	0.047	0.052	0.063	0.047
1995	0.002	0.002	0.002	0.002	0.521	0.516	0.542	0.516	0.798	0.253	0.692	0.253	0.155	0.150	0.160	0.150
1996	0.002	0.002	0.002	0.002	0.558	0.607	0.645	0.558	0.866	1.299	0.612	0.612	0.030	0.043	0.068	0.030
1997	0.002	0.002	0.002	0.002	0.739	0.684	0.702	0.684	0.691	0.365	0.549	0.365	0.074	0.083	0.094	0.074
1998	0.004	0.005	0.006	0.004	0.521	0.525	0.537	0.521	0.694	0.562	0.677	0.562	0.180	0.067	0.060	0.060
1999	0.384	0.384	0.000	0.000	0.589	0.535	0.540	0.535	0.890	0.888	0.753	0.753	0.176	0.183	0.138	0.138
2000	0.005	0.006	0.006	0.005	0.745	0.623	0.626	0.623	0.745	0.388	0.674	0.388	0.139	0.023	0.140	0.023
2001	0.087	0.073	0.048	0.048	0.065	0.065	0.049	0.049	0.865	0.430	0.617	0.430	0.315	0.281	0.236	0.236
2002	0.017	0.016	0.017	0.016	0.505	0.585	0.569	0.505	0.748	1.051	0.526	0.526	0.187	0.205	0.147	0.147
2003	0.010	0.011	0.011	0.010	0.567	0.589	0.559	0.559	0.509	0.494	0.456	0.456	0.222	0.220	0.189	0.189
2004	0.014	0.016	0.017	0.014	0.601	0.545	0.534	0.534	0.596	0.651	0.556	0.556	0.168	0.166	0.153	0.153
2005	0.020	0.007	0.008	0.007	0.566	0.586	0.581	0.566	0.681	0.727	0.703	0.681	0.168	0.174	0.157	0.157
2006	0.062	0.063	0.063	0.062	0.497	0.545	0.543	0.497	0.683	0.650	0.629	0.629	0.099	0.093	0.089	0.089
2007	0.015	0.012	0.009	0.009	0.515	0.522	0.510	0.510	0.824	0.611	0.572	0.572	0.228	0.268	0.216	0.216
2008	0.004	0.000	0.004	0.000	0.450	0.467	0.469	0.450	0.536	0.505	0.469	0.469	0.210	0.110	0.207	0.110
			Min1	0.002			Min1	0.097			Min1	0.266			Min1	0.005
			Min2	0.004			Min2	0.054			Min2	0.358			Min2	0.030
			Min3	0.000			Min3	0.516			Min3	0.253			Min3	0.030
			Min4	0.000			Min4	0.049			Min4	0.388			Min4	0.023
			Prom	0.002			Prom	0.179			Prom	0.316			Prom	0.022