

Glaciares y Recursos Hídricos en la Cuenca del río Santa



IRD:

Dr. Bernard Pouyaud
Ing. François Vignon

SENAMHI:

Ing. Jorge Yerren
Ing. Wilson Suárez
Ing. Fernando Vegas

INRENA-UGRH:

Ing. Marco Zapata
Ing. Jesús Gómez
Ing. Willy Tamayo

EGENOR:

Ing. Abel Rodríguez

Febrero de 2003

1 - LA CUENCA DEL RÍO SANTA

1-1 – Ubicación de la cuenca

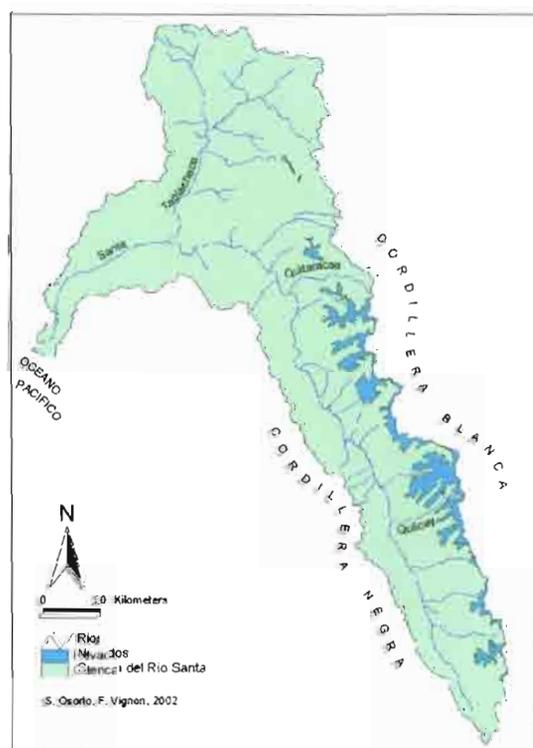
La Cuenca del río Santa, posee una superficie total de 11910 Km² hasta la estación Hidrológica "Puente Carretera" ubicada en la parte más baja de la Cuenca, y es la cuenca más extensa de la vertiente Occidental (o Pacífico) de la Cordillera en el Perú. (Mapa 1 y 2)

El mapa 1 muestra la ubicación de la cuenca del río Santa en el Perú. Su forma extraña se debe a que en la cuenca alta, el Santa corre entre dos cordilleras, la Cordillera Negra al oeste y la Cordillera Blanca al este. A la salida del Cañón del Pato, que marca la delimitación entre cuenca alta y cuenca baja, el río Santa da la vuelta al oeste y atraviesa perpendicularmente la banda de costa árida, para desembocar finalmente en el Pacífico en la altura de la ciudad de Chimbote.

En el mapa 2 se ve la cuenca del Río Santa, sus áreas nevadas y sus ríos principales. Las áreas nevadas están delimitadas sobre la base de los mapas a escala 1/100 000 del IGN, publicadas en el año 1970. La clasificación de campo es de 1967-68. Se nota la abundancia de glaciares en la Cordillera Blanca y su ausencia en la Cordillera Negra.



Mapa 1: Ubicación de la cuenca del río Santa en el Perú



Mapa 2: La cuenca del río Santa y sus áreas nevadas

1-2 – Parámetros fisiográficos de la cuenca

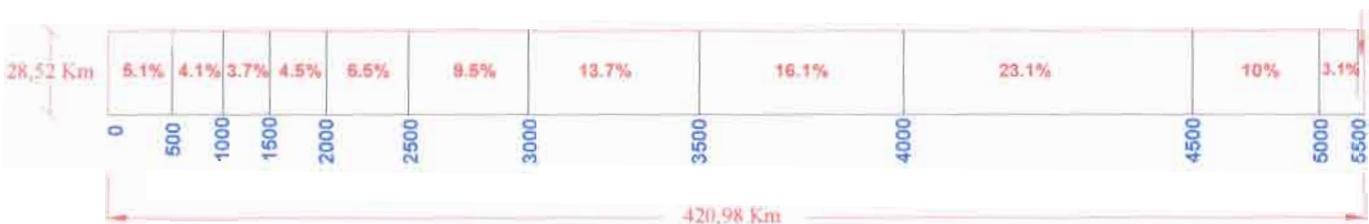
La cuenca del río Santa presenta un área total de 12005.50 Km², y de la cual el 99.2 % (11910 Km²) corresponde al área de recepción, medida desde el punto donde se ubica la estación HLM - Puente Carretera.

- Área Total = 12005.50 Km²
- Área de recepción = 11910.00 Km²
- Perímetro de la cuenca = 889.00 Km

La cuenca presenta una forma irregular y alargada que influye en forma directa en el escurrimiento superficial, lo cual podemos confirmar al observar en su factor de forma el cual posee un valor muy bajo 0.11 y en su rectángulo equivalente (Figura 1), donde podemos observar que el lado menor del rectángulo equivalente representa el 6.7% de su lado mayor, lo que nos indica que la escorrentía superficial en las laderas producto de la precipitación, tienen un efecto directo sobre los caudales de los ríos.

- Coeficiente de compacidad = 2.30
- Factor de Forma = 0.11
- Rectángulo Equivalente: Lado mayor = 420.98 Km
Lado menor = 28.52 Km

Figura N°1: Rectángulo Equivalente de la cuenca del río Santa



El río Santa tiene una longitud de 335.60 Km presentando una pendiente media de 2.03% desde su nacimiento hasta su desembocadura, presentando una pendiente pronunciada de 4% entre las desembocaduras de la quebrada Los Cedros y Quitarcasa, en el sector conocido como "Cañón del Pato"

- Pendiente media = 2.03 %
- Altitud máxima = 6768.0 m.s.n.m (nevado Huascarán Sur)
- Altitud mínima = 0.0 m.s.n.m

2 - DATOS DISPONIBLES: LA RED HIDRO-PLUVIOMÉTRICA

2-1 - Datos hidrométricos

En el banco de datos del Senamhi, hemos encontrado datos hidrológicos de algunas estaciones, a los cuales podemos complementar con los datos encontrados en el banco de datos de Egenor, provenientes de Electroperú. Desde el año 2001, la Unidad de Glaciología y Recursos hídricos (UGRH) del Inreña ha reiniciado con el apoyo de IRD la gestión de dos estaciones hidrológicas muy cercanas a los glaciares. Estas son las estaciones de Artesoncocha y Yanamarey.

En la tabla 1 se pueden ver la ubicación, la altura, el periodo de observación y la institución que opera cada una de las 20 estaciones donde hemos encontrado datos confiables. Hoy en día sólo están funcionando las 6 estaciones Egenor (en verde), más las dos estaciones de UGRH. No hemos encontrado datos para las estaciones de Conocochoa y Huillca.

Tabla N° 1 : Estaciones hidrológicas de la cuenca del río Santa

NOMBRE	RIO	LATITUD (°Sur)	LONGITUD (°Oeste)	ALTITUD (m)	INICIO	FIN	GESTION
RECRETA	SANTA	10:02:27	77:19:33	4018	1953	1995	EGENOR
MIRAFLORES	SANTA	9:29:46	77:32:29	2994	1987	1997	EGENOR
LA Balsa	SANTA	8:52:39	77:49:38	1861	1954	2001	EGENOR
CONDORCERRO	SANTA	8:39:30	78:15:43	477	1956	1997	EGENOR
PUENTE CARRETA	SANTA	8:58:12	78:37:48	18	1931	1988	SENAMHI
HUACAMARCANGA	HUACAMARCANGA	8:06:00	78:18:00	4000	1977	1995	EGENOR
MANTA	MANTA	8:36:31	77:53:03	1920	1968	1997	EGENOR
CHUQUICARA	CHUQUICARA	8:38:51	78:13:55	532	1954	1997	EGENOR
QUITARACSA	QUITARACSA	8:47:52	77:51:08	1480	1953	1999	EGENOR
LOS CEDROS	LOS CEDROS	8:52:18	77:49:43	1878	1952	2002	EGENOR
COLCAS	COLCAS	8:55:24	77:50:33	2048	1953	1998	EGENOR
ARTESONCOCHA	ARTESONCOCHA	8:58:38	77:38:41	4300	1996	2002	UGRH
PARÓN	PARÓN	9:00:14	77:41:20	4112	1953	2002	EGENOR
LLANGANUCO	LLANGANUCO	9:04:43	77:39:05	3916	1953	1997	EGENOR
CHANCOS	QDA. HONDA	9:19:15	77:34:47	2872	1953	1999	EGENOR
QUILLCAY	QUILLCAY	9:31:24	77:31:39	3091	1953	1998	EGENOR
YANAMAREY	YANAMAREY	9:39:36	77:16:38	4600	2001	2002	UGRH
OLLEROS	OLLEROS	9:40:01	77:27:49	3456	1970	1998	EGENOR
QUEROCOCHA	QUEROCOCHA	9:43:35	77:19:57	4037	1953	1998	EGENOR
PACHACOTO	PACHACOTO	9:51:09	77:24:08	3745	1953	1997	EGENOR
CONOCOCHA	SANTA	10:07:09	77:17:00	4068	?	?	EGENOR
HUILLCA	SAFUNA	8:47:39	77:36:47	3980	?	?	EGENOR

En la tabla 2 se pueden ver con mayor precisión los datos hidrológicos disponibles. El verde claro corresponde a los años con datos mensuales completos, el verde oscuro a los años con datos mensuales incompletos y el amarillo a los años sin datos algunos.

2-2 - Datos pluviométricos

En el banco de datos del Senamhi, hemos encontrado datos pluviométricos sobre algunas estaciones, que después pudimos completar con los datos encontrados en el banco de datos de Egenor, provenientes de Electroperú.

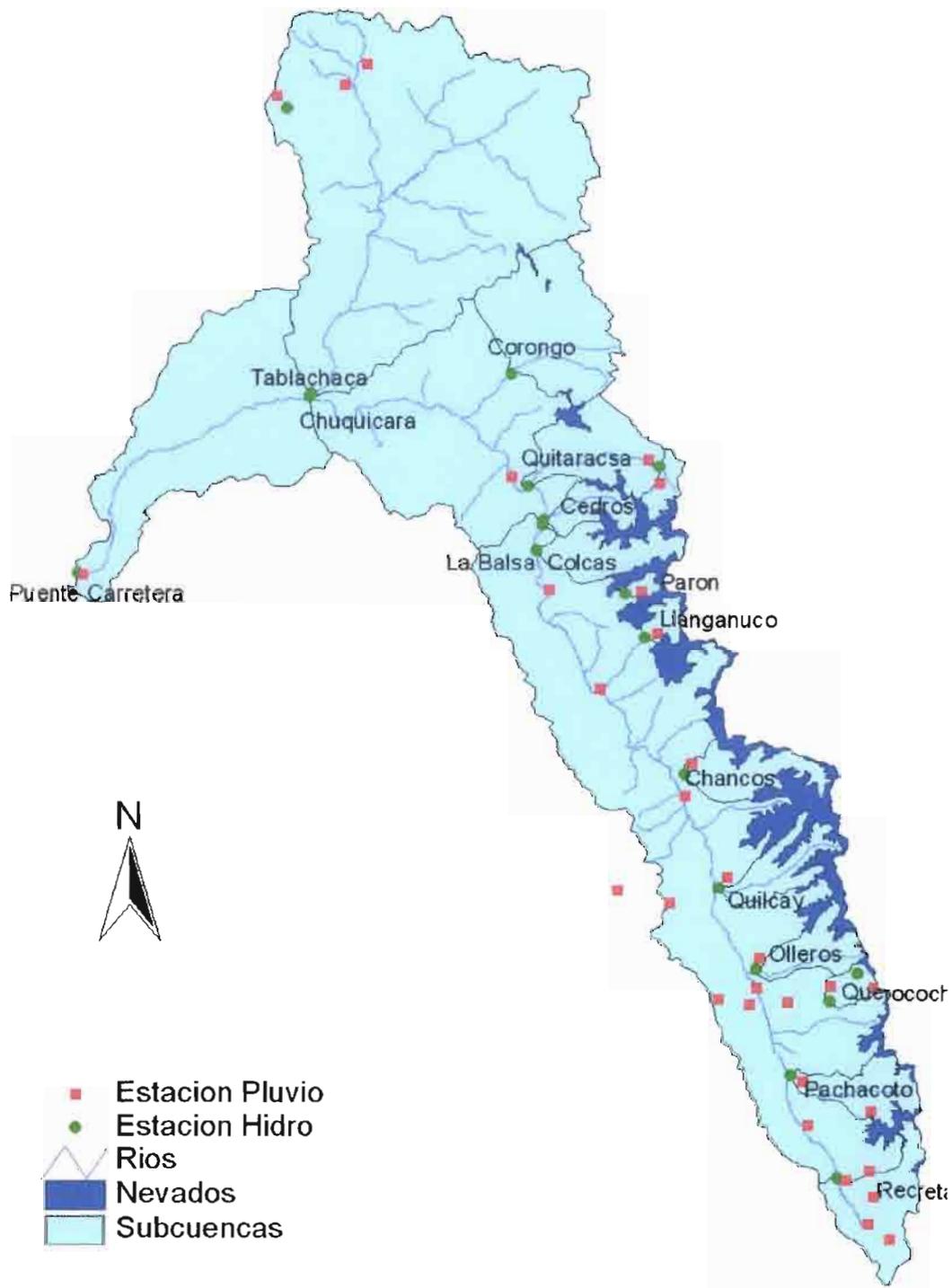
En la tabla 3 se pueden ver la ubicación, la altura y el periodo de observación de las 36 estaciones pluviométricas donde hemos encontrado datos confiables.

Tabla 3: Estaciones pluviométricas de la cuenca del río Santa

NOMBRE	LATITUD (*Sur)	LONGITUD (*Oeste)	ALTITUD (m)	Inicio	Fin
ANTA	9:21:00	77:36:00	2748	1971	2000
CACHICADAN	8:06:00	78:09:00	2892	1964	1998
CAHUIISH	9:41:05	77:15:17	4550	1953	1999
CARAZ	9:02:43	77:48:25	2286	1946	1996
CHACCHAN	9:33:00	77:46:12	2285	1964	1998
CHANCOS	9:19:10	77:34:30	2895	1953	1999
CHUQUICARA				1982	1985
COLLOTA	9:57:02	77:19:33	3910	1953	2000
CONOCOCHA	10:08:00	77:17:00	4150	1957	1968
EL CHORRO				1982	1985
HIDROELECTRICA	8:48:12	77:50:49	1386	1945	2001
HUANCAMARCANGA	8:06:00	78:18:00	4000	1971	1998
HUANCAPETI	9:45:00	77:31:48	4420	1953	1999
HUARAZ	9:29:34	77:30:49	3050	1971	2000
HUILLCA	8:46:46	77:36:41	3950	1977	1999
LAGUNA UTUTO	9:40:48	77:30:00	4200	1981	1998
LAMPAS-ALTO	10:09:27	77:13:32	4100	1971	1998
LAMPAS-BAJO				1957	1988
LLANGANUCO	9:04:43	77:39:05	3918	1953	2000
MILPO	9:52:48	77:13:48	4400	1963	1998
MOLLEPATA	8:10:48	77:58:12	3758	1963	1998
PACHACOTO	9:51:12	77:24:04	3786	1953	2000
PARÓN	9:00:32	77:41:15	4185	1949	2001
PUNTA CALLAN	9:32:39	77:37:20	4225	1982	1999
PUNTA-MOJON	10:05:00	77:12:21	4390	1953	2000
QUEROCOCHA	9:43:46	77:19:57	4087	1965	2001
QUIRUNCANCHA	9:43:54	77:29:47	4010	1953	1999
QUITACOCHA				1979	1991
RECRETA	10:02:27	77:17:00	4020	1953	2000
RECUAY	9:43:12	77:27:00	3394	1966	1998
SAFUNA	8:50:00	77:37:00	4400	1969	1975
SAN-LORENZO				1965	1971
SHACAYPAMPA	9:45:13	77:23:46	3820	1953	2000
TICAPAMPA	9:45:09	77:26:32	3480	1948	1993
YANACOCHA	10:02:27	77:12:27	4450	1953	2000
YUNGAY	9:09:09	77:44:28	2557	1953	2000

Sobre la tabla 4 se pueden ver con mayor precisión los datos disponibles. El verde claro corresponde a los años con datos mensuales completos, el verde oscuro a los años con datos mensuales incompletos y el amarillo a los años sin datos algunos.

En la mapa 3 se pueden ver todas las estaciones pluviométricas e hidrológicas de la cuenca del río Santa. También se han representado las más importantes subcuencas de la cuenca del río Santa que estudiaremos después.



Mapa 3: Ubicación de las estaciones hidrológicas y pluviométricas de la cuenca del río Santa

3 – ESTUDIO HIDROLÓGICO DE LA CUENCA DEL RÍO SANTA

3-1 - Definición de las variables estudiadas

Para el estudio de las características hidrológicas de cada cuenca, y poder comparar las subcuencas de diferentes tamaños, necesitamos trabajar con variables normalizadas por el área total. Así vamos a estudiar, para ver después la influencia de la cobertura glaciar, los parámetros hidrológicos siguientes:

- La *Lámina Escurrida* (L_{esc} , en mm o m, que es el volumen V_s de agua que sale de la cuenca por la desembocadura del río en un tiempo determinado, dividido por el área A de la cuenca):

$$L_{esc} = V_s / A$$

- lo que da lo mismo, el *Caudal Específico* (Q_{esp} , en $m^3/s/Km^2$ o $l/s/Km^2$) que es el caudal Q de salida de la cuenca dividido por el área A de la cuenca):

$$Q_{esp} = Q / A$$

- El *Déficit Hídrico* (DH , que es la precipitación promedia sobre la cuenca P menos la lámina escurrida L_{esc}). El déficit hídrico representa entonces la cantidad de agua que de cierta manera “queda” en la cuenca, ya sea en las lagunas, en el suelo, en los glaciares, en la vegetación; o que se evapora sin llegar a la desembocadura del río. Un déficit hídrico negativo indica que hay una fuente de agua en la cuenca (laguna, glaciar o capa freática):

$$DH = P - L_{esc}$$

Para todos esos parámetros, se pueden calcular valores medios sobre periodos convenientes para el estudio: promedio sobre una hora, un día, una década, un mes, un año, un decenio o más, interanual, etc. Lo que sea conveniente para la escala temporal del estudio.

En el caso del balance hidrológico de una cuenca como la del río Santa, lo más conveniente es trabajar a la escala de año hidrológico (septiembre a agosto) o de las dos épocas climáticas principales del año, la época seca (mayo a agosto) y la época de lluvia (inicio: septiembre a diciembre, fin: enero a abril).

3-2 – Áreas de las subcuencas y áreas glaciares

Para el presente estudio teníamos que medir las áreas de las subcuencas delimitadas por las estaciones hidrológicas, con este fin en el caso de la cuenca del río Santa, tenemos la cobertura total de los mapas en 1/100000 del IGN, publicados en 1970 con una clasificación de campo en los años 1967 y 1968. Luego hemos medido con un planímetro manual sobre esos mapas las áreas totales « A » de cada una de las subcuencas y también las áreas « A_{gla} » de las partes con glaciares, lo que da el porcentaje « % $_{gla}$ » de cobertura glacial alrededor de este año 1970. Después, hemos hecho en Huaraz con una empresa privada un MNT (Modelo Numérico de Terreno) que permite el cálculo automático de los mismos parámetros. Para toda la cordillera Blanca, el investigador austriaco Cristian Georges del Institut für Geographie de la Universidad de Innsbruck ha hecho también un MNT desde las imágenes SPOT del 22/07/1991, y se pueden calcular automáticamente los mismos parámetros (áreas totales de las subcuencas « A », áreas glaciares « A_{gla} » y porcentaje « % $_{gla}$ » de cobertura glacial) para esta fecha en el año 1991.

Existe un mapa en 1/100000, publicado en el año 2000 para la parte norte de la cordillera Blanca que permite las medidas manuales de esas zonas del norte de la cordillera, pero todavía no del sur.

Tabla 5: Áreas de las subcuencas y áreas glaciares (km²) en los años 1970 y 1991

NOMBRE	LATITUD	LONGITUD	ALTITUD	1970			1991		
				A (km ²)	A_{gla} (km ²)	% $_{gla}$	A (km ²)	A_{gla} (km ²)	% $_{gla}$
RECRETA	10:02:27	77:19:33	4018	290	6,0	0,02	290	5,1	0,02
MIRAFLORES	9:29:46	77:32:29	2994	2390	226	0,09			
LA BALSA	8:52:39	77:49:38	1861	4840	580	0,12			
CONDORCERRO	8:39:30	78:15:43	477	10353	630	0,06			
PUENTE CARRETA	8:58:12	78:37:48	18	11910	630	0,05			
CHUQUICARA	8:38:51	78:13:55	532	3126	1	0,00			
HUILLCA	8:47:39	77:36:47	3980				41,5	13,9	0,33
QUITARACSA	8:47:52	77:51:08	1480	390	36,0	0,09	390	30,0	0,08
MANTA	8:36:31	77:53:03	1920	557	4,0	0,01			
LOS CEDROS	8:52:18	77:49:43	1878	116	26,0	0,22	116	24,0	0,21
COLCAS	8:55:24	77:50:33	2048	236	51,0	0,22	236	39,0	0,17
PARÓN <1994	9:00:14	77:41:20	4112	48,8	25,0	0,51	48,8	23,2	0,48
PARÓN >1994	8:59:57	77:41:05	4215	45,0	22,0	0,49	45,0	21,2	0,47
ARTESONCOCHA	8:58:38	77:38:41	4300				8,4	6,6	0,79
CHACRARAJU	8:58:55	77:38:25	4300				5,7	4,2	0,74
LLANGANUCO	9:04:43	77:39:05	3916	87,0	35,0	0,40	87,0	33,7	0,39
CHANCOS	9:19:15	77:34:47	2872	271	90,5	0,33	271	65,3	0,24
QUILLCAY	9:31:24	77:31:39	3091	250	92,5	0,37	250	45,9	0,18
OLLEROS	9:40:01	77:27:49	3456	176	28,5	0,16			
URUASHRAJU	9:35:53	77:19:34	4610				4,8	3,6	0,75
QUEROCOCHA	9:43:35	77:19:57	4037	66,0	4,0	0,06	66,0	2,1	0,03
YANAMAREY	9:39:36	77:16:38	4600				2,2	1,6	0,73
PACHACOTO	9:51:09	77:24:08	3745	210	24,3	0,12	210	20,3	0,10
SAFUNA Alta	8:50:06	77:37:00	4250				6,7	4,8	0,72

En la tabla 5 se puede ver la evolución de estos parámetros, entre los años 1970 y 1991 para las subcuencas del río Santa. Son datos medios provenientes de todas las fuentes indicadas anteriormente, como resultados de cálculos automáticos o manuales. Las celdas en amarillo corresponden a los datos que no se pueden calcular.

Se puede anotar valores bastante diferentes de la deglaciación según las partes de la cordillera y la altura media de las cuencas: las cuencas las más altas (Parón, Llanganuco) tienen una velocidad de deglaciación, visto a través de la evolución de porcentaje «%_{glia}» de cobertura glaciar, mucho menor que las cuencas de menor altura (Chancos, Quillcay, Querococha).

En el caso de la cuenca Parón, los dos valores se explican con el cambio de superficie de la cuenca antes y después de la perforación del túnel para bajar las aguas de la laguna Parón, y la desaparición del limnigrafo río abajo en 1994.

3-3 – Caudales promedios interanuales de las subcuencas del río Santa

En el archivo « Datos Hidrológicos-18-Santa » tenemos los valores de caudales mensuales y medios anuales para todas las subcuencas, disponibles más o menos en el periodo de 1953 - 1997. En el caso del río Parón, hemos retenido los valores medios mensuales antes del mes de agosto de 1992 donde empezó la utilización de la laguna Parón para hacer una regulación de los caudales. Hemos agrupado estos valores en la tabla 6, agregando valores similares para la pequeña cuenca glaciar de Artesoncocha (río arriba de la laguna Parón) donde tenemos buenos datos sobre el periodo 2000 - 2002.

Tabla 6: Caudales mensuales y anuales medios interanuales de las subcuencas del Río Santa

Q (m ³ /s)	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	Medio
RECRETA	0.5	0.8	1.2	2.2	4.0	7.0	8.9	4.9	1.8	0.9	0.7	0.6	2.8
MIRAFLORES	13.1	20.4	34.4	44.4	64.6	74.4	78.9	62.8	25.6	14.1	9.6	9.7	37.7
LA BALSA	36.0	52.3	72.1	96.7	131.2	174.2	214.7	145.2	67.2	38.3	31.2	30.9	90.8
CONDORCERRO	52.9	79.7	110.6	152.1	188.0	244.6	335.4	251.4	101.2	63.6	49.3	46.6	139.5
PUENTE CARRETA	54.6	67.6	88.0	142.4	211.5	320.6	393.4	313.8	167.4	104.6	71.7	54.7	166.6
HUACAMARCANGA	1.9	2.1	2.4	2.6	3.0	3.9	3.8	3.6	2.5	2.1	1.8	1.8	2.6
CHUQUICARA	8.4	12.4	16.7	21.4	31.2	55.8	73.9	56.6	22.9	13.0	8.9	8.2	27.4
QUITARACSA	5.9	8.3	9.5	10.7	14.2	18.5	19.9	15.4	9.4	7.1	6.7	5.4	10.8
MANTA	2.6	4.3	6.0	8.4	11.1	14.3	17.0	14.2	6.9	4.2	3.0	2.5	7.9
LOS CEDROS	2.5	2.9	3.2	3.7	4.2	4.6	6.2	4.4	3.1	2.6	2.3	2.5	3.4
COLCAS	3.2	4.0	5.3	6.7	8.3	9.7	10.1	7.9	4.7	3.7	3.1	3.1	5.8
PARON <1992	1.2	1.3	1.5	1.9	2.4	2.8	2.6	2.4	2.0	1.6	1.3	1.2	1.9
LLANGANUCO	2.0	2.2	2.9	3.5	3.9	4.3	4.5	3.7	2.7	2.2	2.0	2.0	3.0
CHANCOS	4.9	6.9	8.5	10.6	11.9	14.9	15.0	11.5	6.9	4.8	4.2	4.4	8.7
QUILLCAY	3.8	5.4	7.5	9.0	10.5	12.0	12.3	9.6	6.7	3.8	3.1	3.4	7.2
OLLEROS	2.5	4.0	6.2	6.1	7.1	8.5	8.9	6.5	3.5	2.3	1.7	1.9	4.9
QUEROCOCHA	0.6	1.1	1.5	2.1	2.7	3.6	3.6	2.5	1.3	0.7	0.5	0.5	1.7
PACHACOTO	1.8	2.9	3.9	5.1	6.5	8.1	9.0	6.1	3.0	1.8	1.4	1.5	4.3
ARTESONCOCHA	0.380	0.525	0.664	0.798	0.847	0.739	0.644	0.414	0.276	0.256	0.234	0.273	0.504

Con las áreas « A » calculadas anteriormente, se pueden obtener los valores correspondientes de los caudales específicos ($Q_{esp} = Q / A$) y de las láminas escurridas mensuales y anuales en promedio interanual (L_{esc}) que se encuentran en las tablas 7 y 8.

Tabla 7: Caudales específicos mensuales y anuales medios interanuales de las subcuencas del río Santa

Q _{esp} (m ³ /s/km ²)	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	Medio
RECRETA	0.0018	0.0029	0.0042	0.0076	0.0138	0.0242	0.0308	0.0169	0.0063	0.0032	0.0024	0.0019	0.0097
MIRAFLORES	0.0065	0.0088	0.0144	0.0186	0.0270	0.0311	0.0330	0.0263	0.0107	0.0069	0.0041	0.0040	0.0158
LA BALSA	0.0074	0.0108	0.0149	0.0198	0.0271	0.0360	0.0444	0.0300	0.0139	0.0081	0.0064	0.0064	0.0188
CONDORCERRO	0.0051	0.0077	0.0107	0.0147	0.0182	0.0236	0.0324	0.0243	0.0098	0.0061	0.0048	0.0045	0.0135
PUENTE CARRETA	0.0046	0.0057	0.0074	0.0120	0.0178	0.0269	0.0330	0.0263	0.0141	0.0088	0.0060	0.0046	0.0139
CHUQUICARA	0.0027	0.0040	0.0050	0.0068	0.0100	0.0179	0.0236	0.0181	0.0071	0.0042	0.0032	0.0026	0.0088
QUITARACSA	0.0182	0.0213	0.0242	0.0275	0.0363	0.0474	0.0509	0.0396	0.0240	0.0181	0.0146	0.0140	0.0278
MANTA	0.0046	0.0078	0.0108	0.0151	0.0198	0.0257	0.0305	0.0255	0.0124	0.0076	0.0054	0.0045	0.0141
LOS CEDROS	0.0213	0.0247	0.0276	0.0318	0.0369	0.0400	0.0446	0.0378	0.0268	0.0216	0.0199	0.0213	0.0294
COLCAS	0.0136	0.0171	0.0228	0.0266	0.0352	0.0410	0.0428	0.0309	0.0198	0.0159	0.0133	0.0131	0.0246
PARON <1992	0.0253	0.0260	0.0307	0.0390	0.0482	0.0578	0.0543	0.0488	0.0402	0.0327	0.0273	0.0252	0.0380
LLANGANUCO	0.0226	0.0266	0.0333	0.0403	0.0448	0.0491	0.0512	0.0426	0.0309	0.0254	0.0233	0.0229	0.0343
CHANCOS	0.0182	0.0255	0.0315	0.0390	0.0440	0.0549	0.0552	0.0426	0.0256	0.0177	0.0156	0.0162	0.0322
QUILLCAY	0.0182	0.0215	0.0299	0.0360	0.0420	0.0478	0.0494	0.0384	0.0227	0.0153	0.0126	0.0138	0.0267
OLLEROS	0.0142	0.0225	0.0297	0.0347	0.0404	0.0484	0.0506	0.0368	0.0197	0.0130	0.0098	0.0107	0.0276
QUEROCOCHA	0.0064	0.0171	0.0236	0.0319	0.0403	0.0551	0.0552	0.0376	0.0190	0.0102	0.0069	0.0069	0.0261
PACHACOTO	0.0067	0.0138	0.0186	0.0241	0.0310	0.0384	0.0431	0.0291	0.0141	0.0088	0.0068	0.0070	0.0203
ARTESONCOCHA	0.0452	0.0626	0.0790	0.0950	0.1009	0.0880	0.0767	0.0493	0.0329	0.0205	0.0278	0.0326	0.0600

Tabla 8 : Láminas escurridas mensuales y anuales medios interanuales de las subcuencas del río Santa

L_{esc} (m)	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	Medio
RECRETA	0.005	0.008	0.011	0.020	0.037	0.058	0.083	0.044	0.017	0.008	0.006	0.005	0.305
MIRAFLORES	0.014	0.023	0.037	0.050	0.072	0.076	0.068	0.068	0.029	0.015	0.011	0.011	0.497
LA BALSA	0.019	0.029	0.039	0.053	0.073	0.087	0.119	0.076	0.037	0.021	0.017	0.017	0.592
CONDORCERRO	0.013	0.021	0.028	0.039	0.049	0.057	0.087	0.063	0.026	0.016	0.013	0.012	0.426
PUENTE CARRETA	0.012	0.015	0.019	0.032	0.048	0.065	0.088	0.068	0.038	0.023	0.016	0.012	0.439
CHUQUICARA	0.007	0.011	0.013	0.018	0.027	0.043	0.063	0.047	0.019	0.011	0.008	0.007	0.276
QUITARACSA	0.039	0.057	0.063	0.074	0.097	0.115	0.136	0.103	0.064	0.047	0.039	0.037	0.676
MANTA	0.012	0.021	0.028	0.041	0.053	0.052	0.062	0.066	0.033	0.020	0.014	0.012	0.446
LOS CEDROS	0.055	0.066	0.072	0.085	0.096	0.097	0.119	0.098	0.072	0.056	0.053	0.057	0.928
COLCAS	0.035	0.046	0.058	0.077	0.094	0.099	0.115	0.080	0.053	0.041	0.038	0.038	0.772
PARON <1992	0.065	0.070	0.080	0.104	0.129	0.140	0.145	0.127	0.108	0.085	0.073	0.067	1.197
LLANGANUCO	0.059	0.068	0.086	0.108	0.120	0.119	0.137	0.110	0.083	0.065	0.062	0.061	1.082
CHANCOS	0.047	0.068	0.082	0.104	0.118	0.133	0.148	0.110	0.069	0.048	0.042	0.043	1.015
QUILLCAY	0.040	0.057	0.077	0.096	0.113	0.116	0.132	0.099	0.061	0.040	0.034	0.037	0.905
OLLEROS	0.037	0.050	0.077	0.093	0.108	0.117	0.136	0.095	0.053	0.034	0.026	0.029	0.859
QUEROCOCHA	0.024	0.046	0.061	0.085	0.108	0.133	0.148	0.097	0.051	0.026	0.018	0.018	0.822
PACHACOTO	0.022	0.037	0.048	0.065	0.083	0.093	0.119	0.076	0.038	0.023	0.018	0.018	0.640
ARTESONCOCHA	0.117	0.168	0.205	0.254	0.270	0.213	0.205	0.128	0.088	0.079	0.075	0.087	1.893

Esos últimos datos permiten hacer una comparación entre subcuencas de tamaños muy diferentes, presentadas sobre el gráfico 1. La distribución de las láminas escurridas mensuales de la subcuenca de Artesoncocha ($\%_{gla} = 0,79$) es bastante diferente de las distribuciones de las subcuencas con menos glaciares como Parón ($\%_{gla} = 0,51$), Llanganuco ($\%_{gla} = 0,40$), Chancos ($\%_{gla} = 0,33$), etc., y muy diferente de las distribuciones de las subcuencas sin glaciares como Chuquicara ($\%_{gla} = 0,00$), Recreta ($\%_{gla} = 0,02$), o lo mismo La Balsa ($\%_{gla} = 0,12$), que tienen un comportamiento mayormente pluvial que nivo-glacial al revés de los otros.

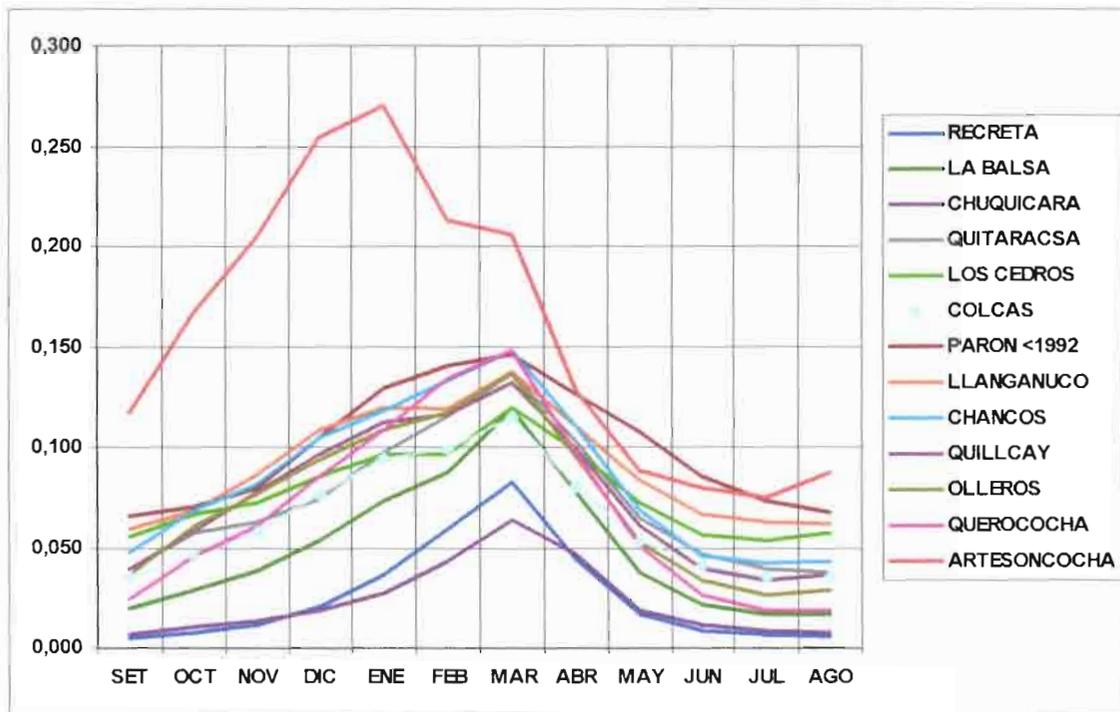


Gráfico 1: Láminas escurridas mensuales, medias interanuales, para algunas de las subcuencas del río Santa

3-4 – Caudales medios interanuales de las subcuencas del río Santa y porcentaje de cobertura glaciar en 1970 y 1991

Los datos que tenemos corresponden a cuencas cuyos porcentajes de cobertura glaciar varían de 0% hasta casi 80% por lo cual parece entonces indispensable comparar entre sí los principales parámetros hidrológicos de estas diferentes cuencas para caracterizar el funcionamiento hidrológico de los glaciares tropicales como parte muy importante en el funcionamiento de estas cuencas a nivel de los recursos hídricos. De hecho, estos datos corresponden a tres tipos de cuencas:

- *Las cuencas sucesivas formadas por el mismo río Santa, desde río arriba hasta río abajo (estaciones Recreta, Miraflores, La Balsa, Condorcero, Puente Carretera) con observaciones que se inician en los años 50 (con la excepción notable de Puente Carretera disponible desde 1933) para acabar a fines de los años 90, o excepcionalmente con datos hasta hoy en día.*
- *Las cuencas de alta montaña, afluentes del río Santa, provenientes principalmente de los valles glaciares suspendidas en las pendientes de la Cordillera Blanca, cuyos datos cubran también los años 50 hasta 90.*
- *El caso particular de la cuenca glaciar de Artesoncocha, río arriba de la laguna Parón, que fue instalada en el año 1996 por IRD y Electroperú, pero no dispone de datos confiables antes del fin del año 2000, después de su reinicio por el UGRH-Inreña y el IRD a esta fecha. Los datos de las cuencas de Yanamarey y Shallap, recientemente instaladas, van agregarse a este inventario.*

Tenemos entonces un conjunto de datos referidos principalmente al periodo 1953-1997 para cuencas con porcentaje de cobertura glaciar entre 0 y 50 %, a los cuales podemos agregarles los datos de Artesoncocha, con casi 80 % de cobertura glaciar, pero referido a un periodo 2000-2002.

Hemos presentado anteriormente las superficies glaciares calculadas en los años 1970 y 1991, según las actualizaciones sucesivas de la cartografía peruana y la llegada de los datos satelitales. El estudio de las correlaciones entre L_{esc} , la lámina escurrida (el mejor parámetro hidrológico para la comparación entre cuencas de tamaño diferente) y $\%_{gla}$, el porcentaje de cobertura glaciar, fue emprendido sucesivamente con los dos grupos de valores de los años 1970 y 1991.

3-4-1 – Estudio de L_{esc} / $\%_{gla}$ desde las características glaciares del año 1970

La tabla 9 reúne los datos de lámina escurrida para el conjunto de las cuencas, en promedio interanual y para el año hidrológico, la época seca, la época de lluvia, su inicio y su fin con los valores del $\%_{gla}$ en el año 1970.

Tabla 9: Porcentaje de cobertura glaciar en 1970 y lámina escurrida media interanual para el año hidrológico, la estación de lluvia, su inicio y su fin, y la época seca

NOMBRE	% gla	09-->04	09-->12	01-->04	05-->08	L _{esc} Año
RECRETA	0.02	0.2655	0.0437	0.2218	0.0367	0.3050
MIRAFLORES	0.09	0.4284	0.1242	0.3042	0.0659	0.4973
LA Balsa	0.12	0.4961	0.1398	0.3562	0.0926	0.5918
CONDORCERRO	0.06	0.3564	0.1009	0.2555	0.0669	0.4251
PUENTE CARRETA	0.05	0.3477	0.0782	0.2694	0.0888	0.4391
CHUQUICARA	0.00	0.2291	0.0489	0.1802	0.0455	0.2765
QUITARACSA	0.09	0.6842	0.2330	0.4511	0.1879	0.8759
MANTA	0.01	0.3644	0.1013	0.2631	0.0795	0.4462
LOS CEDROS	0.22	0.6884	0.2781	0.4104	0.2380	0.9284
COLCAS	0.22	0.6041	0.2159	0.3881	0.1650	0.7720
PARÓN <1992	0.51	0.8604	0.3194	0.5410	0.3330	1.1974
ARTESONCOCHA	0.79	1.5604	0.7441	0.8163	0.3287	1.8932
LLANGANUCO	0.40	0.8073	0.3212	0.4861	0.2724	1.0824
CHANCOS	0.33	0.8107	0.3018	0.5089	0.1997	1.0147
QUILLCAY	0.37	0.7308	0.2709	0.4600	0.1709	0.9053
OLLEROS	0.16	0.7240	0.2672	0.4569	0.1413	0.8693
QUEROCOCHA	0.06	0.7025	0.2159	0.4866	0.1142	0.8222
PACHACOTO	0.12	0.5392	0.1722	0.3670	0.0972	0.6398

El gráfico 2 se ha elaborado con el conjunto de las cuencas, incluyendo la cuenca de Artesoncocha cuyos datos están fuera del periodo 1953-1997 y toma el periodo 2000-2002. Es probable que la lámina escurrida media interanual, calculada con datos muy recientes para la cuenca Artesoncocha, tenga un valor significativamente sobrestimado en relación con los valores medios interanuales de las otras cuencas calculadas con datos de un periodo más antiguo. Por lo tanto, el gráfico 3 no incluye la cuenca Artesoncocha.

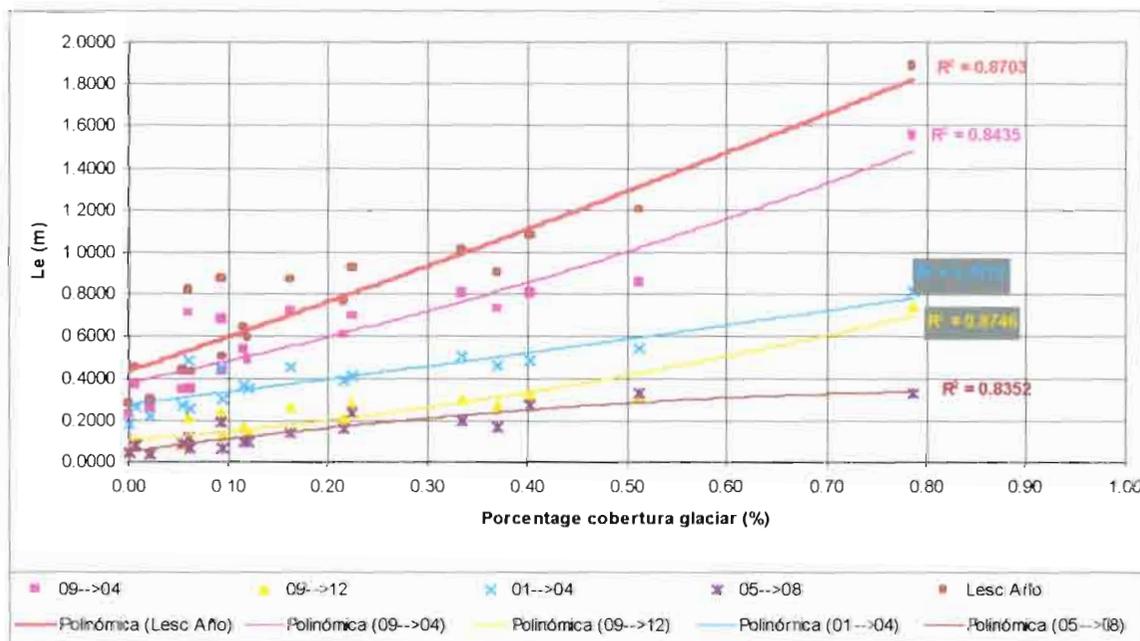


Gráfico 2: Porcentaje de cobertura glaciar en 1970 y lámina escurrida media interanual para el año hidrológico, la estación de lluvia, su inicio y su fin, y la época seca (incluyendo la cuenca Artesoncocha)

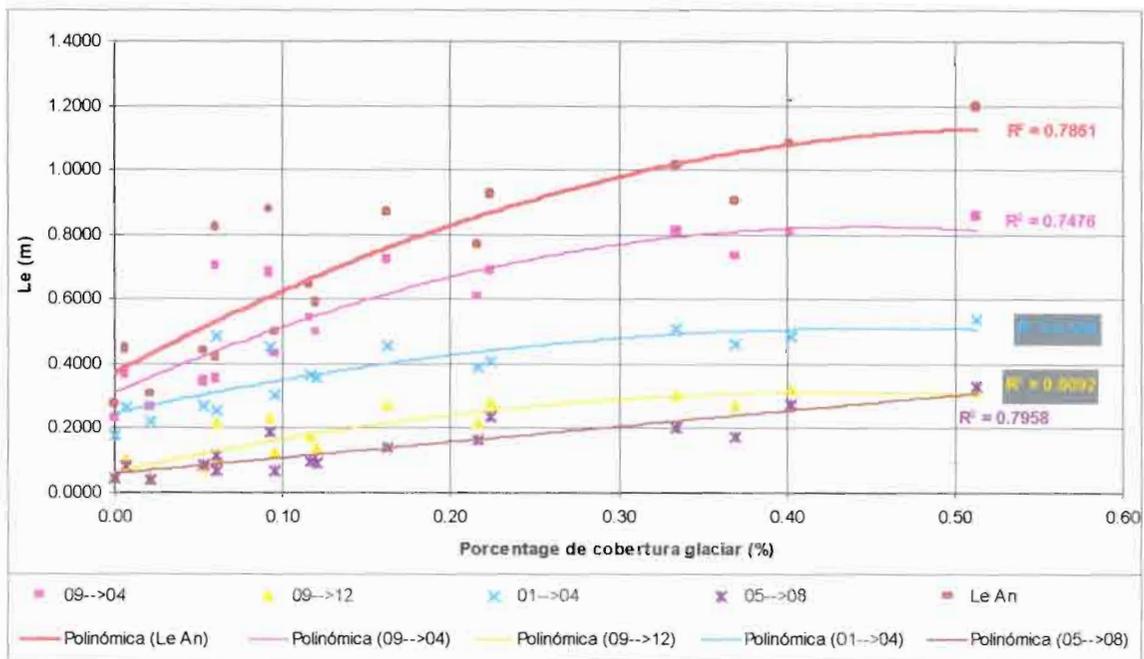


Gráfico 3: Porcentaje de cobertura glaciaria en 1970 y lámina escurrida media interanual para el año hidrológico, la estación de lluvia, su inicio y su fin, y la época seca (sin la cuenca Artesoncocha)

Las correlaciones obtenidas en ambos casos son extrañamente buenas y muestran el importante papel de los glaciares en el funcionamiento hidrológico y la regulación del régimen de estas cuencas de alta montaña.

3-4-2 – Estudio de $L_{es} / \%_{gla}$ desde las características glaciares del año 1991

La tabla 10 reúne los datos de lámina escurrida para el conjunto de las cuencas, en promedio interanual para el año hidrológico, la época seca, la época de lluvia, su inicio y su fin con los valores del $\%_{gla}$ en el año 1991.

Tabla 10: Porcentaje de cobertura glaciaria en 1991 y lámina escurrida media interanual para el año hidrológico, la estación de lluvia, su inicio y su fin, y la época seca

NOMBRE	$\%_{gla}$	09->04	09->12	01->04	05->08	Les Año
RECRETA	0,02	0,2655	0,0437	0,2218	0,0367	0,3050
MIRAFLORES	0,09	0,4284	0,1242	0,3042	0,0659	0,4973
LA BALSA	0,12	0,4961	0,1398	0,3562	0,0926	0,5918
CONDORCERRO	0,06	0,3564	0,1009	0,2555	0,0669	0,4251
PUENTE CARRETA	0,05	0,3477	0,0782	0,2694	0,0888	0,4391
CHUQUICARA	0,00	0,2291	0,0489	0,1802	0,0455	0,2765
QUITARACSA	0,08	0,6842	0,2330	0,4511	0,1879	0,8759
MANTA	0,01	0,3644	0,1013	0,2631	0,0795	0,4462
LOS CEDROS	0,21	0,6884	0,2781	0,4104	0,2380	0,9284
COLCAS	0,17	0,6041	0,2159	0,3881	0,1650	0,7720
PARÓN<1992	0,48	0,8604	0,3194	0,5410	0,3330	1,1974
ARTESONCOCHA	0,79	1,5604	0,7441	0,8163	0,3287	1,8932
LLANGANUCO	0,39	0,8073	0,3212	0,4861	0,2724	1,0824
CHANCOS	0,24	0,8107	0,3018	0,5089	0,1997	1,0147
QUILLCAY	0,18	0,7308	0,2709	0,4600	0,1709	0,9053
OLLEROS	0,16	0,7240	0,2672	0,4569	0,1413	0,8693
QUEROCOCHA	0,03	0,7025	0,2159	0,4866	0,1142	0,8222
PACHACOTO	0,10	0,5392	0,1722	0,3670	0,0972	0,6398

El gráfico 4 se ha elaborado con el conjunto de las cuencas, incluyendo la cuenca de Artesoncocha cuyos datos están fuera del periodo 1953-1997 y toma el periodo 2000-2002. El gráfico 5 no incluye la cuenca Artesoncocha.

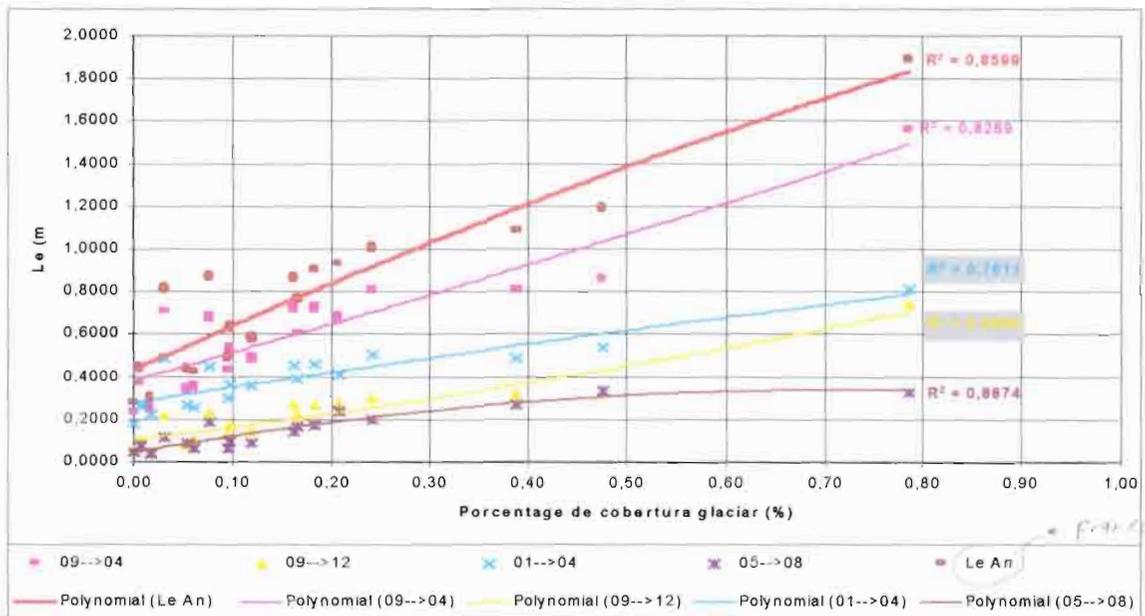


Gráfico 4: Porcentaje de cobertura glaciar en 1991 y lámina escurrida media interanual para el año hidrológico, la estación de lluvia, su inicio y su fin, y la época seca (incluyendo la cuenca Artesoncocha)

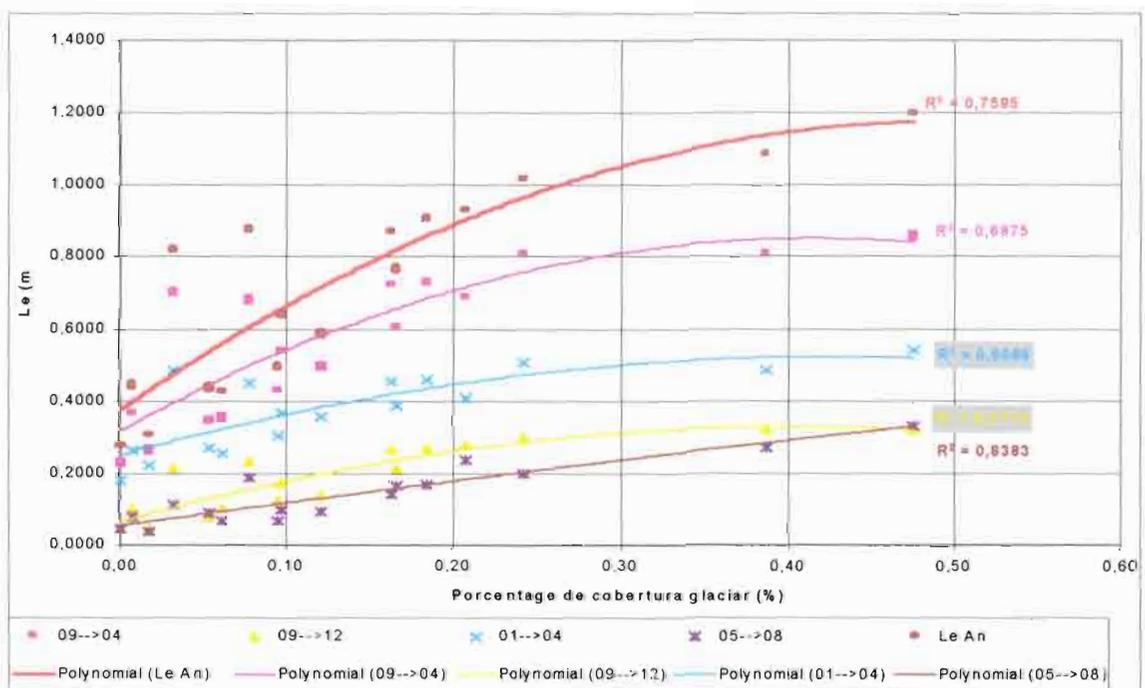


Gráfico 5: Porcentaje de cobertura glaciar en 1991 y lámina escurrida media interanual para el año hidrológico, la estación de lluvia, su inicio y su fin, y la época seca (sin la cuenca Artesoncocha)

En el gráfico 6 siguiente hemos sacado las cuencas donde no se pueden medir las superficies glaciares en el año 1991.

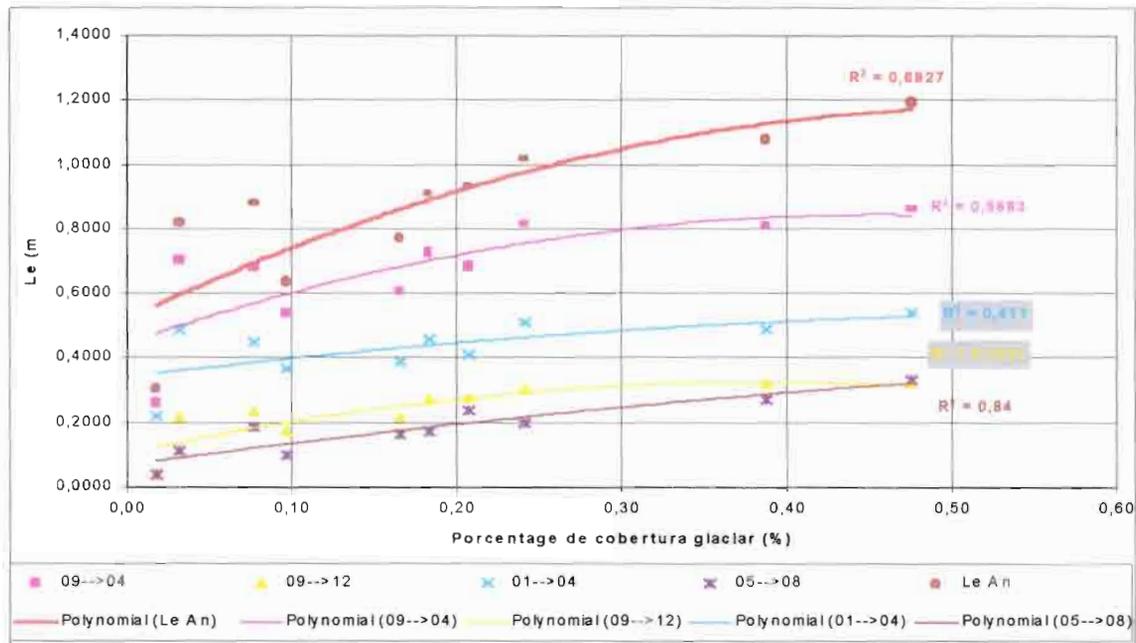


Gráfico 6: Porcentaje de cobertura glaciar en 1991 y lámina escurrida media interanual para el año hidrológico, la estación de lluvia, su inicio y su fin, y la época seca (sin la cuenca Artesoncocha), sin las estaciones donde no se puede medir las superficies glaciares en el año 1991.

Se puede ver que las correlaciones, en todas circunstancias, son las mejores para la época seca donde toda el agua viene de los glaciares. Para las otras épocas del año, incluyendo la estación de lluvia, los valores de la lámina escurrida en Quitaracsa y Querococha son mayores que las otras. Para Quitaracsa, eso proviene del hecho que la pluviometría del lado noreste de la cordillera Blanca es más importante. En el caso de Querococha también la pluviometría es mayor que al norte en Parón o Llanganuco debido a que las cumbres del sur de la cordillera (alrededor de 5500 msnm en Yanamarey), son mas bajas y permiten mas fácilmente la penetración del aire húmedo del Amazonas, al contrario de lo que sucede al centro de la cuenca donde, la cordillera es más alta (más de 6000 msnm en Parón o Llanganuco).

La calidad de estas correlaciones, sobre todo en la época seca, hace que se pueda tener una buena estimación de la lámina escurrida de los ríos en las cuencas de la cordillera Blanca, y por lo tanto, también el caudal medio interanual y de sus recursos hídricos, para ello se requiere únicamente conocer el porcentaje de superficie glaciar estimado sobre las mapas de 1970, o mejor de 1991.

Estas primeras correlaciones constituyen una importante contribución al conocimiento de los recursos hídricos, y así también de su futuro, si se puede hacer una previsión de la evolución del porcentaje de cobertura glaciar.

3-4-3 – Comparación entre las correlaciones de los años 1970 y 1991

En el gráfico 7 hemos presentado las correlaciones entre los valores de las láminas escurridas medias interanuales y los porcentajes de cobertura glaciar calculados en 1970 y 1991.

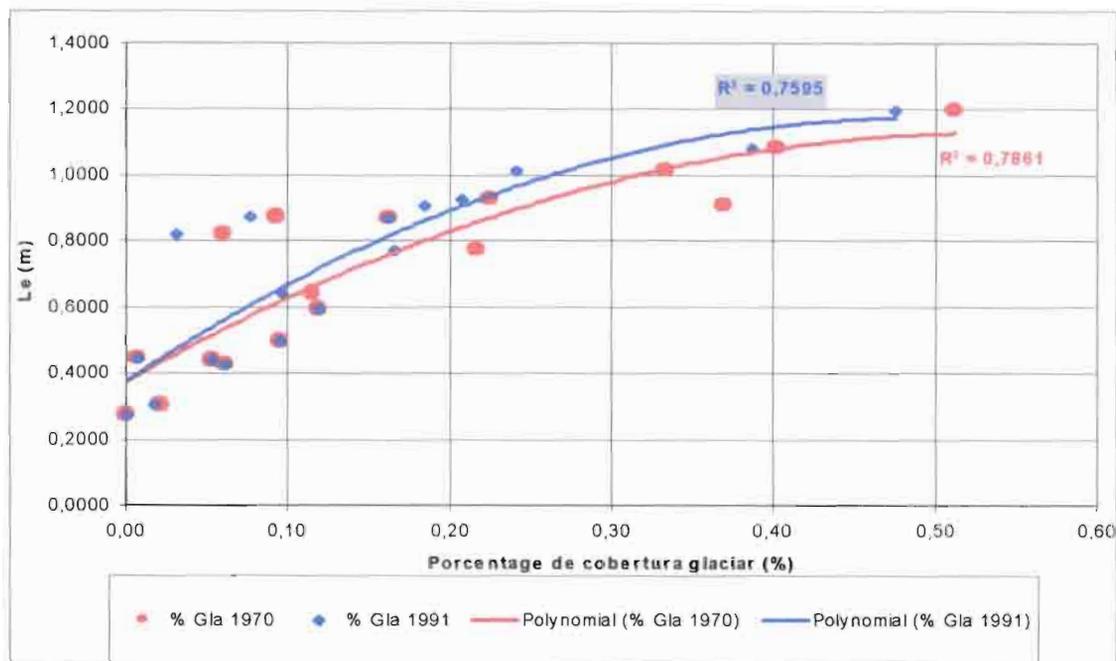


Gráfico 7: Comparación de las correlaciones entre el porcentaje de cobertura glaciar en 1970 y 1991 y la lámina escurrida (sin la cuenca Artesoncocha)

Las diferencias más grandes se observan en el caso de las cuencas Quillcay y Chancos donde el porcentaje de cobertura glaciar ha cambiado mucho entre 1970 y 1991 (Quillcay: 37 % hasta 18 %; Chancos : 30 % hasta 24 %). Una explicación de este comportamiento original podría ser el hecho que estas cuencas no tienen glaciares de gran altura como las de Quitaracsa, Los Cedros, Parón o Llanganuco. Es evidente que el cambio climático afecta más a los glaciares pequeños o más bajos que a sus hermanos más grandes o más altos, es decir que también se puede hacer una previsión de la probable evolución de cada una de las cuencas y de sus recursos hídricos versus la altura media de sus glaciares.

En el gráfico 8 siguiente hemos agregado la cuenca de Artesoncocha. Sabemos que los valores de esta cuenca están fuera del periodo 1953-1997 y toma el periodo 2000-2002, y probablemente sobrevaluados (En los últimos años en los datos de Artesoncocha, vamos a ver que tenemos un escurrimiento más fuerte, sin embargo, entre 2000 y 2002 teníamos un periodo "La Niña", más fría y con escurrimientos menores). Las correlaciones mejoran con Artesoncocha, pero hay que tener en cuenta que están un poco "forzadas", sin embargo es un indicador del orden de tamaño de la lámina escurrida para las cuencas con gran porcentaje glaciar.

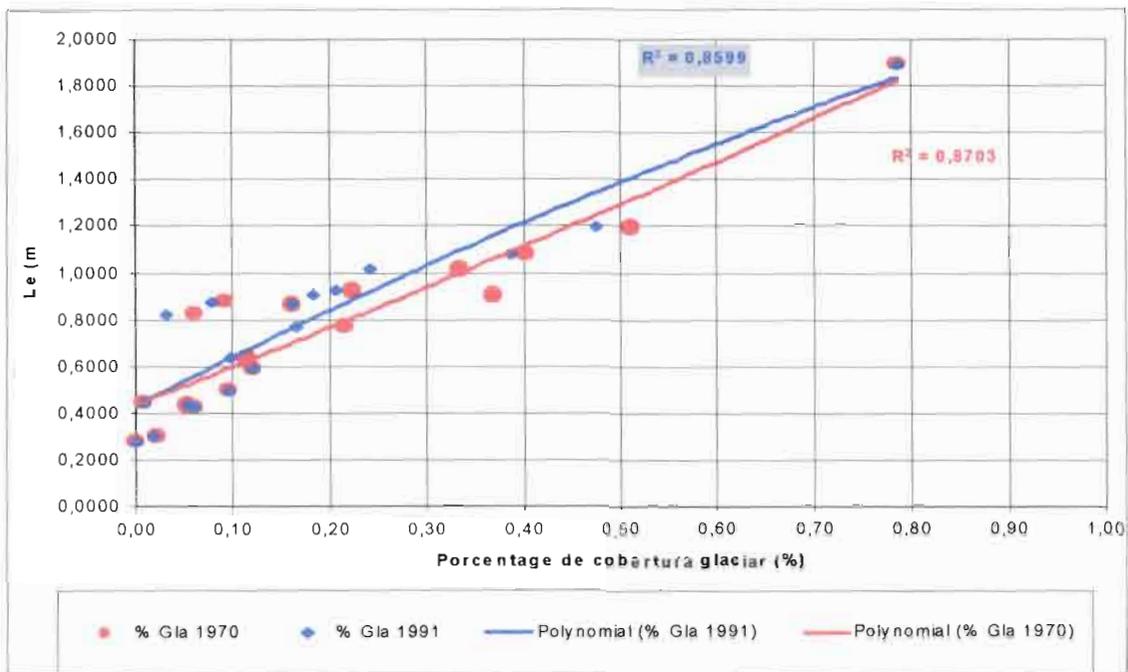


Gráfico 8: Comparación entre las correlaciones entre el porcentaje de cobertura glaciar en 1970 y 1991 y la lámina escurrida (con la cuenca Artesoncocha)

Al contrario, el gráfico 9 presenta únicamente las cuencas donde tenemos buenas medidas de las superficies glaciares a la vez en 1970 y 1991, y con datos hidrológicos completos de 1953 hasta 1997.

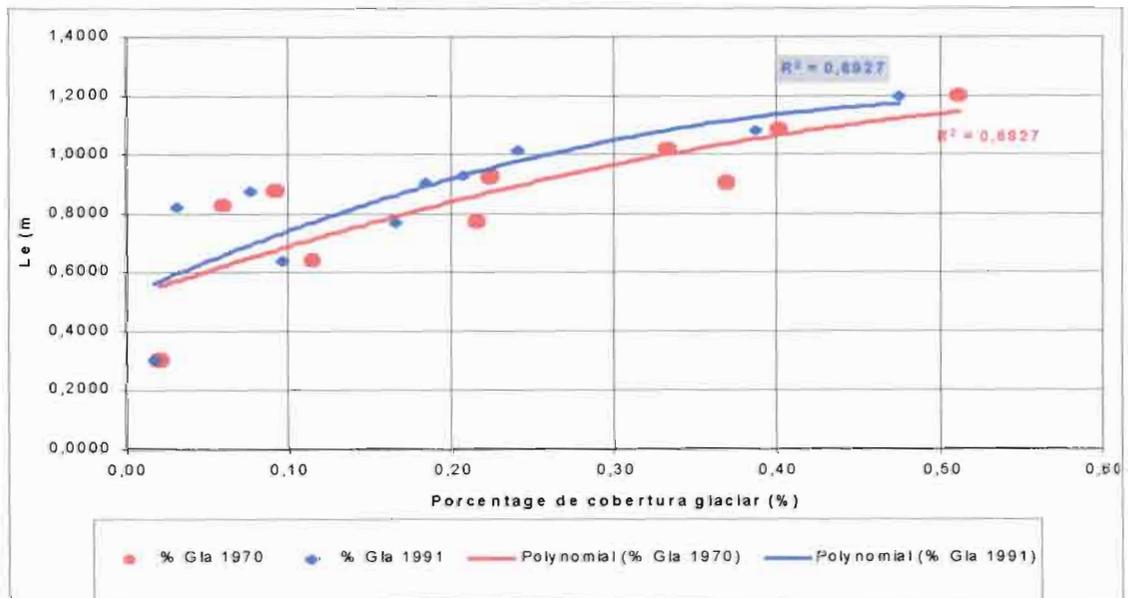


Gráfico 9: Comparación de las correlaciones entre el porcentaje de cobertura glaciar para las cuencas con medidas de las superficies glaciares a la vez en 1970 y 1991 (sin la cuenca Artesoncocha)

Las correlaciones no son tan buenas, pero quedan con valores bastante significativos.

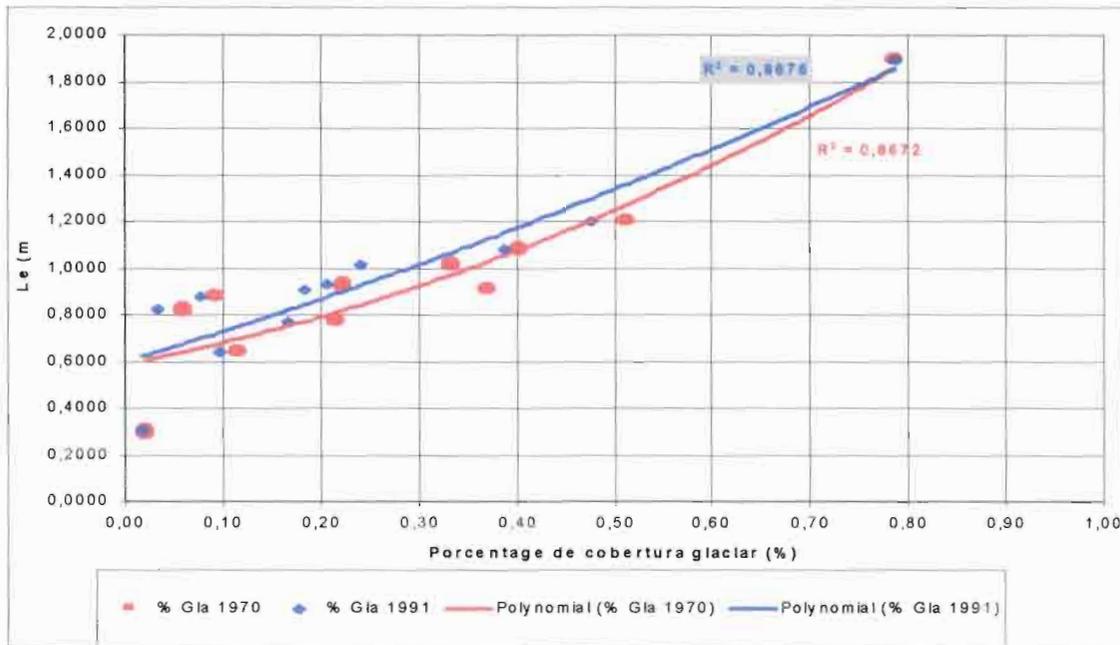


Gráfico 10: Comparación de las correlaciones entre el porcentaje de cobertura glaciar para las cuencas con medidas de las superficies glaciares a la vez en 1970 y 1991 (con la cuenca Artesoncocha)

Es el caso también en el gráfico 10 donde hemos agregado la cuenca Artesoncocha. Las mejores correlaciones provienen de agregar de una manera bastante artificial los datos de Artesoncocha.

3-5 – Caudales promedios decenales de las subcuencas del río Santa

Las tablas 11 y 12 presentan los valores de los caudales y láminas escurridas medias decenales, calculadas para cada una de las 18 cuencas. En la tabla 11, las celdas en **lavanda** tienen datos confiables, al contrario de las celdas en **ciruela** donde tenemos algunas dudas sobre la calidad de los datos. En la tabla 12 es lo mismo con los colores verde claro y verde oscuro. En el caso de Parón, hemos separado los datos del decenio del 90 debido a que los datos después de agosto de 1992 están afectados por la gestión más “agresiva” de la laguna Parón. Pero, desde el año 1984, con la apertura del túnel, el funcionamiento de la laguna Parón ha cambiado y los datos posteriores no son homogéneos con los precedentes. En el caso de La Balsa hemos reconstruido algunos datos de los decenios 60 y 70 con datos de Condorcerro. También tenemos fuertes dudas sobre la calidad de los últimos datos de Chancos en el decenio del 90, probablemente están sobrevaluados.

Tabla 11: Caudales medios decenales para las cuencas del río Santa

Q (m³/s)	1930-39	1940-49	1950-59	1960-69	1970-79	1980-89	1990-99
Recreta			3,00	3,07	2,76	2,69	2,31
Miraflores						36,2	38,6
LaBalsa			93,3	87,6	90,5	82,8	99,6
Condorcerro			136,4	132,8	154,5	139,4	130,8
PuenteCarretera	160,7	128,0	160,6	130,0	170,3	264,4	151,1
Chuquicara			27,9	19,8	30,2	27,9	26,7
Quitaracsa			11,1	11,2	10,4	10,4	11,2
Manta					8,60	8,06	6,33
LosCedros			3,31	3,71	3,52	3,30	3,36
Colcas			6,57	5,52	6,29	5,73	5,69
Parón <1992			1,63	1,49	1,79	2,34	
Llanganuco			2,97	2,71	3,00	3,26	2,97
Chancos			7,61	7,87	8,61	9,06	10,47
Quillcay			7,13	7,53	7,21	7,17	6,77
Olleros					5,08	4,66	4,66
Querococha			1,62	1,72	1,79	1,90	1,73
Pachacoto			4,27	4,50	4,32	4,24	3,84
Artesoncocha							0,605

Tabla 12: Láminas escurridas medias decenales para las cuencas del río Santa

L _{esc} (m)	1930-39	1940-49	1950-59	1960-69	1970-79	1980-89	1990-99
Recreta			0,326	0,333	0,300	0,292	0,251
Miraflores						0,477	0,510
LaBalsa			0,608	0,571	0,590	0,540	0,549
Condorcerro			0,415	0,405	0,471	0,425	0,398
PuenteCarretera	0,426	0,339	0,425	0,344	0,451	0,700	0,400
Chuquicara			0,282	0,199	0,305	0,281	0,270
Quitaracsa			0,897	0,905	0,838	0,842	0,906
Manta					0,487	0,456	0,358
LosCedros			0,899	1,010	0,956	0,896	0,912
Colcas			0,744	0,738	0,841	0,766	0,761
Parón <1992			1,055	0,963	1,155	1,510	
Llanganuco			1,078	0,962	1,088	1,183	1,078
Chancos			0,874	0,916	1,002	1,055	1,219
Quillcay			0,899	0,950	0,909	0,905	0,854
Olleros					0,910	0,835	0,832
Querococha			0,728	0,822	0,854	0,859	0,827
Pachacoto			0,641	0,676	0,649	0,637	0,576
Artesoncocha							1,896

Estos datos fueron utilizados para construir el gráfico 11 donde hemos agregado algunas curvas de tendencia. Podemos ver que las estaciones con fuerte contribución glaciar (Parón, Llanganuco, Chancos) tienen una tendencia precisa al crecimiento de esos dos parámetros, es decir de los recursos hídricos. Esta conclusión no está afectada por lo que sabemos de la calidad de los últimos datos de Parón o Chancos. Sin embargo las estaciones como Recreta o Chuquicara presentan una reducción de sus recursos hídricos, que proviene sin duda de un creciente uso de grandes bofedales presentes en estas cuencas, que son bien aprovechados por los campesinos.

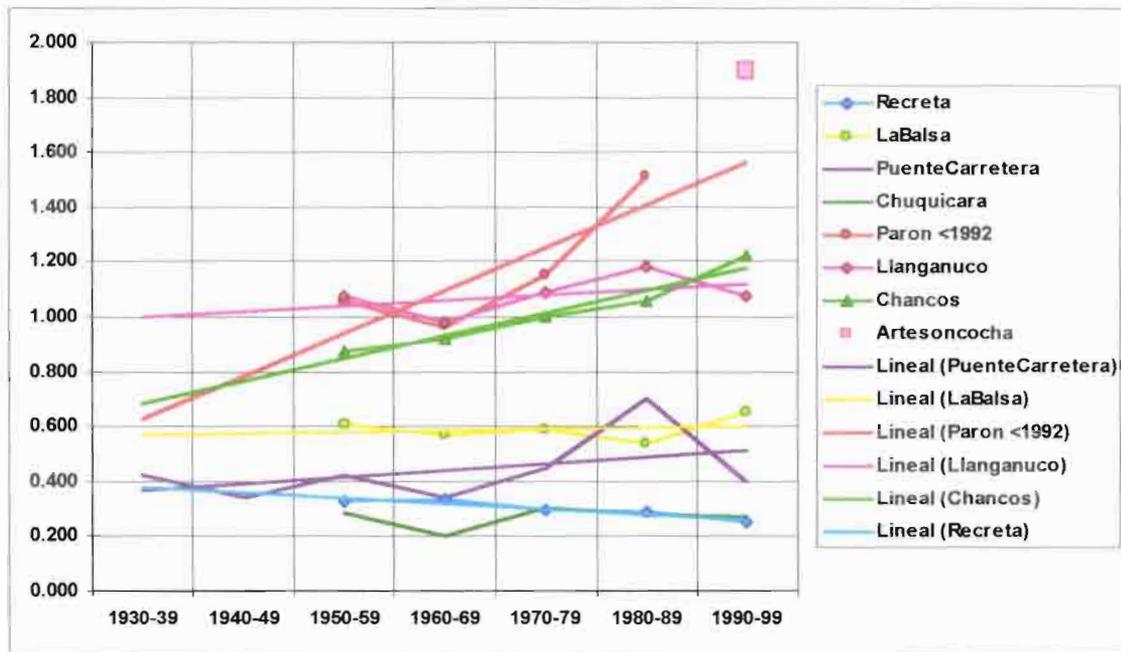


Gráfico 11: Láminas escurridas (m) medias decenales para las cuencas del río Santa

Las estaciones de La Balsa y Puente Carretera (con mayor intensidad) muestran una tendencia al crecimiento de los recursos hídricos que se debe en gran parte a las crecidas importantes en los dos fenómenos El Niño de 1982-83 y 1997-98, y al año 1998-99 "extremadamente húmedo", cuyos efectos fueron devastadores en la parte baja del río Santa al punto de sacar la estación de Puente Carretera.

3-6 – Caudales anuales de las subcuencas del río Santa

Las tablas 13 y 14 presentan los caudales y láminas escurridas medias anuales para todas las cuencas, con las mismas especificaciones de color.

Tabla 13: Caudales medios anuales para las cuencas del río Santa

Q (m³/s)	RECRETA	MIRAFLORES	LA BALSA	CONDORCERRO	PUENTE CARRETERA	CHUQUICARA	QUITARACSA	MANTA	LOS CEDROS	COLCAS	PARON	LLANGANUCO	CHANCOS	QUILLCAY	OLLEROS	QUEROCOCHA	PACHACOTO	ARTESONCOCHA
31-32					277,8													
32-33					188,5													
33-34					88,3													
34-35					88,3													
35-36					188,5													
36-37					134,1													
37-38					218,8													
38-39					194,8													
39-40					188,5													
40-41					111,2													
41-42					127,8													
42-43					88,4													
43-44					143,4													
44-45					136,3													
45-46					134,6													
46-47					138,8													
47-48					114,8													
48-49					117,3													
49-50					188,5													
50-51					147,7													
51-52					182,8													
52-53	5,18				171,7								8,10					
53-54	2,86		88,8		128,8	25,8	12,4		3,85	5,40	1,34	2,37	7,38	7,00		1,57	4,17	
54-55	3,60		107,8		188,5	31,8	12,3		3,15	3,78	1,38	2,57	6,83	6,47		1,80	4,38	
55-56	3,23		81,8	148,7	287,9	29,0	11,8		2,48	5,57	1,28	2,29	8,38	8,26		1,38	4,08	
56-57	2,48		80,1	141,1	120,4	30,7	8,8		2,88	5,33	1,80	3,18	8,32	5,88		1,24	3,33	
57-58	2,48		88,8	118,8	182,2	24,2	15,1		4,18	5,97	1,96	3,44	7,41	7,02		1,35	4,62	
58-59	2,86		77,7	125,7	181,8		10,8		3,48	6,58	1,45	3,15	8,86	8,27		1,48	4,64	
59-60	3,57		117,7	148,8	167,8		18,8		3,41	4,91	1,51	3,02	8,15	8,85		1,76	5,00	
60-61	3,38		86,8	143,3	127,2		12,2		3,94	6,25	1,72	2,97	8,84	8,47		1,84	4,87	
61-62	4,83		104,3	188,8	184,4		13,2		4,38	5,76	1,37	2,54	8,44	8,14		1,87	6,03	
62-63	4,08		83,1	145,2	126,7		11,2		3,58	5,42	1,39	2,88	8,01	7,78		1,88	5,38	
63-64	3,57		86,7	151,8	141,3		11,5		3,78	5,68	1,62	2,73	8,83	8,38		1,92	5,03	
64-65	2,31		72,8	123,3	111,2		8,8		3,11	4,88	1,48	2,22	6,23	5,71		1,51	3,44	
65-66	1,83		78,8	113,8	112,7	18,8	11,7		3,81	5,36	1,37	3,14	7,43	7,04		1,76	4,88	
66-67	4,04		114,3	142,8	143,7	27,8	12,8		4,37	6,11	1,42	2,75	8,44	8,17		1,97	4,82	
67-68	1,47		82,4	84,8	87,8	15,8	8,8	7,74	2,87	4,58	1,30	2,36	8,20	5,88		1,35	3,34	
68-69	1,48		72,5	108,3	81,7	17,4	10,3	6,78	3,52	5,18	1,75	2,82	7,74	7,38		1,30	3,22	
69-70	3,88		98,8	122,4	158,7		11,2	11,33	3,91	5,68	1,81	3,27	8,87	8,86		2,07	5,18	
70-71	4,30		135,3	240,3	188,8	34,3	16,8	10,08	3,41	6,35	1,68	2,88	8,30	8,97	8,25	2,02	4,95	
71-72	4,91		102,8	176,7	228,1	34,2	16,5	8,78	4,11	6,29	1,58	2,92	7,24	7,47	5,28	1,88	4,57	
72-73	3,57		95,1	173,3	181,4	40,1	12,5	11,82	4,18	6,84	1,90	3,37	7,28	6,73	4,72	1,87	4,98	
73-74	4,58		128,8	173,2	203,5	40,8	14,3	13,80	3,78	6,88	1,57	2,74	7,45	8,18	8,02	2,43	5,82	
74-75	2,27		88,3	188,8	187,1	53,7	12,8	16,43	3,44	5,88	1,45	2,84	7,54	7,08	4,82	1,72	3,78	
75-76	2,81		73,1	157,1	95,2	32,1	8,2	8,78	2,18	4,88	1,48	2,48	8,82	8,50	5,28	1,81	3,83	
76-77	1,88		78,4	134,4	158,8	25,7	8,4	7,18	5,18	6,47	1,87	3,28	8,57	8,82	4,40	1,34	3,78	
77-78	1,43		70,1	88,7	124,3	11,5	7,8	4,32	3,48	5,74	1,88	3,13	13,48	8,47	4,33	1,72	3,57	
78-79	1,88		88,5	127,1	140,3	23,5	8,8	8,81	3,40	7,97	2,18	3,23	9,77	7,84	5,48	2,08	4,34	
79-80	6,80		97,8	82,1	217,3	6,8	7,7	4,98	3,32	6,77	2,27	3,42	8,88	8,14	4,28	1,78	3,62	
80-81	4,04		74,8	145,3	284,7	37,5	16,4	9,18	3,58	7,38	2,41	3,48	8,78	8,08	4,51	2,02	5,01	
81-82	2,86		81,8	138,8	182,7	21,8	18,3	5,18	3,41	6,80	2,06	3,20	8,78	7,45	4,44	2,20	4,18	
82-83	2,48		103,3	184,4	418,7	36,8	13,1	8,51	3,38	7,41	2,34	3,88	12,84	8,41	7,18	2,38	4,38	
83-84	4,18		118,5	213,3	282,1	42,4	12,2	11,18	3,45	5,96	2,21	3,81	9,98	7,55	5,85	2,34	4,81	
84-85	2,29		72,3	161,8	183,4	18,8	8,8	5,86	2,38	3,72	2,78	2,84	7,88	5,11	4,28	1,88	3,98	
85-86	2,43		87,8	188,2	327,8	22,2	8,5	7,53	3,93	5,23	2,38	3,08	7,81	5,88	3,98	1,94	4,08	
86-87	2,35	36,7	82,1	128,1	287,8	25,8	19,2	7,48	3,33	7,08	2,48	3,51	8,08	7,48	3,55	1,50	4,08	
87-88	2,38	41,3	88,3	188,7	274,8	28,4	18,8	7,87	3,78	5,28	2,41	3,58	8,84	7,58	4,44	1,88	3,23	
88-89	3,15	41,4	81,8	138,1		31,8	10,8	8,71	3,88	3,25	2,18	2,75	7,85	7,43	5,34	1,88	4,40	
89-90	0,82	25,3	57,8	78,8	188,4	14,8	8,0	6,58	2,73	4,88	2,18	2,85	8,51	6,77	2,88	0,88	3,88	
90-91	1,84	30,3	78,3	112,8	173,8	18,7	18,3	8,90	3,62	5,38	2,48	3,11	8,47	7,83	2,42	1,38	3,32	
91-92	0,78	25,4	51,8	88,8	183,3	7,7	8,4	3,02	2,84	4,37	2,88	2,77	5,11	7,84	8,83	1,03	2,88	
92-93	2,47	37,4	78,7	178,8	148,5	41,3	11,8	8,53	3,83	8,48	2,55	2,97	8,75	8,88	5,87	1,88	3,82	
93-94	4,82	81,1	124,1	188,8	182,8	48,1	13,8	7,88	4,41	5,48	1,60	3,08	8,34	7,85	4,88	2,71	3,28	
94-95	1,87	33,8	72,8	112,8	131,7	17,3	8,0	4,42	3,13	4,71		3,88	8,32	7,24	4,38	1,60	3,52	
95-96	1,18	44,5	86,1	167,2	147,7	37,8	13,3	9,12	3,88	3,74		3,15	8,82	7,14	4,58	1,88	4,82	
96-97		28,2	58,2	81,1	84,3	11,8	7,5	5,54	2,88	3,58		2,51	7,88	4,75	4,34	1,18	3,78	
97-98			183,8				13,3		2,88	11,38			25,88	8,27	5,88	3,11		
98-99			118,3				11,7		3,52				14,19					
99-00			135,8						2,88									
00-01			38,2						2,57									
01-02																		8,574
MoyAn	2,82	38,8	90,8	138,5	165,8	27,3	10,8	7,85	3,43	5,78	1,87	2,98	8,72	7,20	4,81	1,73	4,28	0,505
Max	5,18	61,1	193,0	240,3	418,7	53,7	14,3	13,80	4,41	11,38	2,78	3,96	25,58	8,97	7,19	3,11	6,03	
Min	0,78	25,3	51,8	66,0	81,7	6,8	7,6	3,02	2,46	3,25	1,16	2,22	5,11	4,75	2,88	0,99	2,30	
EcTy	1,14	10,8	24,4	37,2	62,7	11,4	1,7	2,45	0,50	1,32	0,43	0,39	3,08	0,98	0,94	0,43	0,82	

Tabla 14: Láminas escurridas medias anuales para las cuencas del río Santa

L _{esc} (mm)	RECRETA	MIRAFLORES	LA Balsa	CONDORCERRO	PUENTE CARRETERA	CHUQUICABA	QUITARACSA	MANTA	LOS CEDROS	COLCAS	PARON	LLANGANUCO	CHANCOS	QUILLCAY	OLLEROS	QUEROCOCHA	PACHACOTO	ARTESONCOCHA
31-32					738													
32-33					283													
33-34					254													
34-35					263													
35-36					493													
36-37					350													
37-38					578													
38-39					489													
39-40					443													
40-41					295													
41-42					318													
42-43					247													
43-44					389													
44-45					381													
45-46					408													
46-47					318													
47-48					304													
48-49					311													
49-50					429													
50-51					381													
51-52					318													
52-53	553				485								843					
53-54	313		585		338	241	880		397	721	1085	1134	858	823		734	838	
54-55	379		700		282	321	893		837	767	838	822	784	816		861	887	
55-56	351		588	447	501	263	345		888	744	829	807	742	784		881	800	
56-57	291		523	436	319	319	775		772	712	1064	1147	738	735		584	458	
57-58	279		579	384	483	244	855		1131	787	1265	1248	883	348		645	579	
58-59	327		508	383	478		873		841	868	1238	1133	998	1043		714	888	
59-60	388		767	455	444		878		828	858	1043	1083	1085	1118		838	791	
60-61	359		564	437	337		863		1070	836	1138	832	1045	1088		782	773	
61-62	525		679	568	515		1085		1193	785	888	820	882	1027		841	895	
62-63	433		808	442	344		864		379	724	888	842	832	871		884	887	
63-64	399		438	485	374		838		1028	758	1085	888	1084	1055		818	738	
64-65	251		459	378	294		773		848	822	759	893	725	739		731	818	
65-66	199		514	347	308	182	845		882	793	1017	1138	885	889		842	808	
66-67	438		748	432	381	261	1017		1174	818	918	968	882	1031		842	893	
67-68	160		497	288	258	189	884	438	302	312	341	857	729	713		683	488	
68-69	161		473	324	218	175	833	583	888	1129	1059	861	832		823	483		
69-70	419		634	373	423		807	841	1084	757	1037	1187	1043	1091		899	778	
70-71	487		882	722	526	348	878	571	981	868	1086	1038	968	1121	1118	864	743	
71-72	438		871	520	604	345	851	549	1118	848	1030	1058	842	842	845	858	884	
72-73	388		830	525	507	404	1011	889	1154	834	1228	1223	847	848	845	798	745	
73-74	488		788	528	538	411	1156	778	1088	820	1012	864	887	1033	1079	1189	888	
74-75	246		582	576	485	542	869	591	938	778	833	859	877	893	884	822	584	
75-76	385		478	479	352	323	744	487	734	828	846	802	771	829	847	883	581	
76-77	265		481	488	509	280	760	406	885	885	1208	1171	1114	873	788	838	555	
77-78	156		457	381	336	116	812	245	848	773	1215	1133	1588	818	775	885	538	
78-79	265		567	387	371	257	778	340	837	844	1418	1179	1131	883	877	887	651	
79-80	97		372	250	575	88	819	230	891	805	1468	1238	1038	774	768	800	528	
80-81	440		488	504	780	378	844	518	873	1042	1555	1262	1138	1019	898	868	752	
81-82	288		483	414	431	218	835	489	828	882	1333	1180	1138	838	798	1058	625	
82-83	271		872	382	1188	372	1082	482	822	891	1513	1434	1471	1088	1287	1148	825	
83-84	453		720	850	747	428	880	833	838	788	1429	1388	1138	848	1062	1118	747	
84-85	284		471	310	433	200	880	321	888	488	1781	857	885	645	783	802	508	
85-86	264		572	395	867	224	767	428	798	889	1524	1108	889	745	754	758	810	
86-87	255	484	535	380	798	258	822	422	365	842	1893	1271	1058	844	838	717	881	
87-88	259	548	583	425	727	288	884	434	1088	705	1580	1297	1121	834	788	884	785	
88-89	342	548	589	424		321	875	493	1058	434	1488	896	814	837	858	782	881	
89-90	108	334	373	238	488	148	650	373	742	888	1388	1034	738	834	535	473	370	
90-91	200	400	487	344	488	193	838	381	885	718	1382	1128	888	887	812	848	488	
91-92	78	335	338	281	483	78	798	171	772	584	1888	1038	584	828	794	488	348	
92-93	268	483	518	620	398	414	882	378	888	855	1842	1077	798	1844	1015	891	573	
93-94	902	897	909	582	482	483	1122	435	1200	784	1035	1183	1087	843	885	1233	789	
94-95	204	443	473	344	348	177	787	256	857	828		1087	888	813	787	718	529	
95-96	128	588	813	508	391	382	1074	518	1054	500		1141	1082	801	828	848	724	
96-97		345	379	278	223	129	613	314	724	488		810	817	589	777	528	588	1044
97-98			1258				1075		810	1520			1632		780	1058	1488	
98-99			718				844		888									
99-00			885				779											
00-01			830				888											1645
01-02																		2158
Medio	306	483	592	425	438	278	877	445	832	772	1210	1080	1015	909	862	828	640	1896
Max	555	807	1258	732	1109	542	1156	770	1206	1520	1781	1434	2977	1131	1287	1488	905	
Min	76	334	338	201	216	88	612	171	668	434	750	803	594	589	535	473	348	
EcTy	124	140	159	113	168	115	137	139	135	177	277	142	356	124	168	205	123	

También, tenemos algunas dudas sobre la calidad de los datos de las celdas rojas y rosa. En el gráfico 12 en la página siguiente se muestran las láminas escurridas anuales de las cuencas donde el cambio de régimen de Parón se indica de forma muy clara.

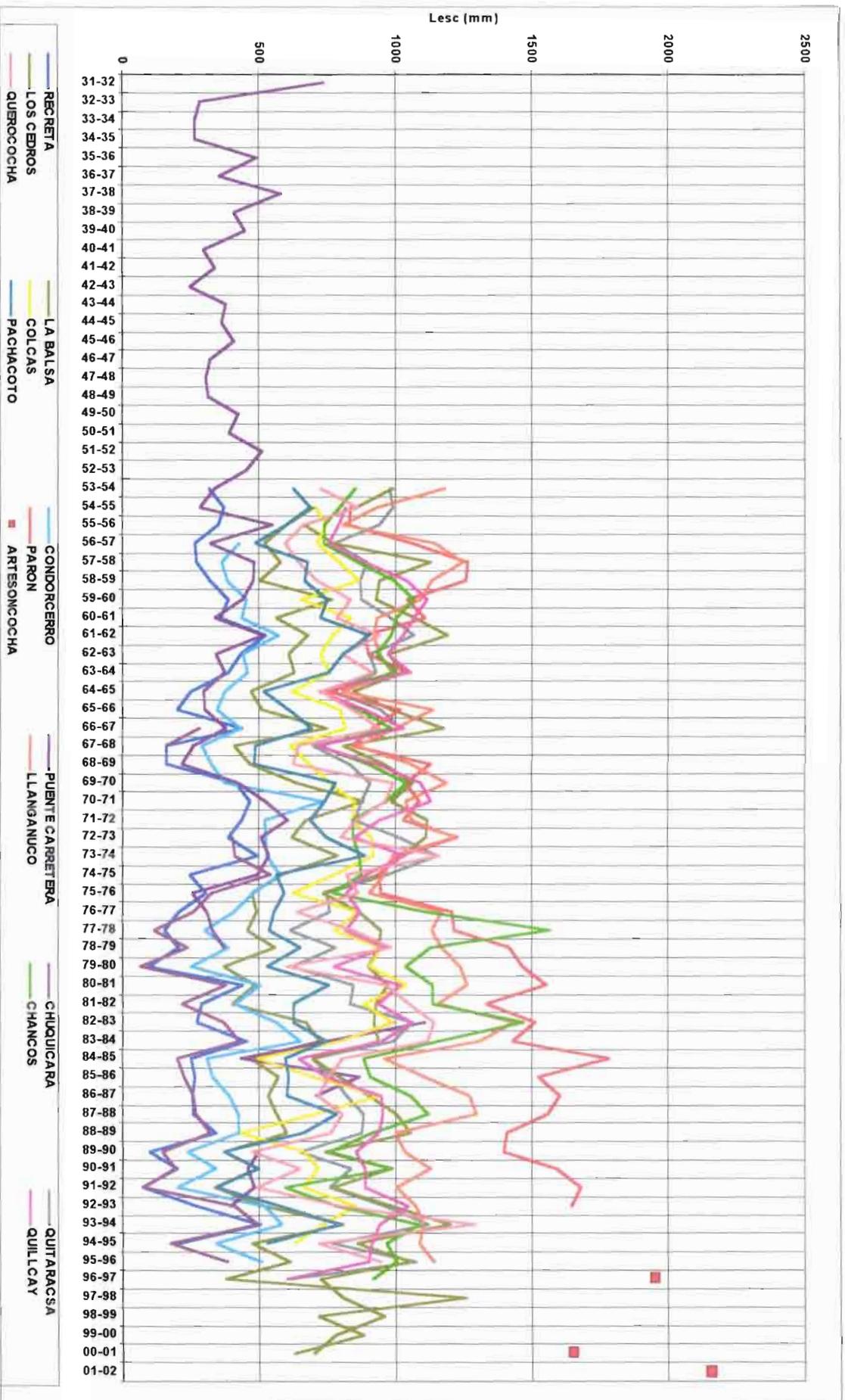


Gráfico 12: Láminas escurridas (mm) medias anuales para las subcuencas del río Santa

4 – ESTUDIO PLUVIOMÉTRICO DE LA CUENCA DEL RÍO SANTA

4-1 – Precipitación media anual

La tabla 15 presenta todos los datos de precipitación que tenemos en el banco de datos. Las celdas con color rosa corresponden a los datos homogeneizados para 7 estaciones.

Tabla 15: Precipitación media total mensual y anual de las estaciones de la cuenca del río Santa.

AÑO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	Año-hidroológico
Anta	24,6	58,2	66,8	79,8	97,6	129,8	127,3	69,6	23,4	3,6	0,2	3,6	684,6
Cachicadan	30,3	68,5	61,7	100,2	128,9	155,3	174,1	104,5	31,2	15,5	8,0	9,4	887,4
Cahuish	37,4	85,8	88,8	120,3	129,8	160,6	167,3	113,7	55,3	14,1	4,5	11,5	989,2
Caraz	1,9	8,5	11,5	12,5	24,5	39,4	58,0	21,8	2,6	0,9	0,1	0,2	182,0
Chachan	5,5	14,4	18,9	32,7	40,5	57,7	58,8	24,9	3,2	0,7	0,1	1,0	258,3
Chancos	9,2	36,2	45,7	58,3	86,4	92,8	127,7	74,1	17,6	1,8	0,3	1,9	552,1
Chancos	9,3	36,2	45,7	58,3	86,4	93,0	127,7	74,1	17,6	1,9	0,3	2,0	552,4
Chuquicara	0,0	0,5	0,0	4,2	6,4	6,1	6,6	5,3	0,1	0,0	0,0	0,0	29,1
Collota	7,6	32,3	38,4	59,6	75,3	90,7	103,6	49,5	18,0	0,9	0,2	1,5	477,5
Conococha	12,3	40,4	43,1	56,0	87,1	116,5	137,1	58,1	12,1	0,4	1,8	1,6	566,4
El Chorro	2,3	26,3	11,5	24,7	40,5	48,3	56,4	13,8	5,6	0,0	0,0	0,0	229,3
Hidroeléctrica	2,9	14,1	14,3	18,2	30,5	42,8	45,3	16,3	6,6	0,3	0,2	0,6	192,1
Huancamarcanga	27,3	57,9	54,6	70,8	100,6	144,4	163,2	75,3	29,3	17,3	7,8	12,3	760,7
Huancapeti	9,1	26,3	44,8	49,3	64,1	90,1	106,5	49,5	18,1	3,0	0,2	0,9	461,9
Huaraz	24,5	59,8	56,6	81,1	104,5	115,1	119,6	73,3	21,5	3,5	1,3	4,5	665,4
Huaraz-Quillcay	23,7	61,5	56,4	83,1	109,8	117,5	127,2	76,6	22,2	3,7	1,4	5,6	688,8
Huilca	44,0	89,0	110,0	111,8	145,3	127,6	167,6	109,1	52,6	56,2	11,6	24,7	1049,3
Laguna Ututo	13,2	58,5	78,3	93,8	110,6	109,8	125,0	91,1	55,5	4,0	0,3	5,5	745,6
Lampas Alto	15,7	55,8	62,6	93,2	125,8	134,9	150,7	83,8	36,6	5,2	1,9	7,6	773,9
Lampas Bajo	19,0	64,3	63,9	76,9	139,1	129,8	156,1	71,0	19,7	2,8	3,6	2,7	748,9
Llanganuco	16,4	43,3	58,2	75,7	91,2	107,9	134,6	74,4	23,5	2,9	1,0	4,3	633,3
Llanganuco	16,0	43,6	58,2	75,9	93,4	108,9	135,4	73,4	23,4	2,9	1,0	4,5	636,6
Milpo	55,9	86,1	89,3	111,1	127,0	123,9	127,8	80,8	35,4	13,6	11,1	21,4	883,3
Mollepata	8,1	41,2	34,9	64,7	95,5	109,9	138,2	62,3	11,7	4,4	1,1	1,5	573,6
Pachacoto	10,2	40,6	48,7	69,6	94,7	108,1	120,3	63,9	22,3	2,8	0,4	2,0	583,6
Pachacoto	10,2	40,6	48,7	69,4	94,5	107,9	120,3	63,6	22,3	2,8	0,4	1,9	582,6
Parón	50,8	68,6	79,8	95,0	116,2	145,1	139,1	78,6	37,8	10,0	3,8	10,0	834,7
Parón	40,6	69,9	77,4	97,2	119,0	146,3	141,6	79,3	36,1	9,8	3,6	9,6	830,3
Punta Callan	10,6	49,7	75,4	69,0	84,1	85,6	114,8	73,8	48,3	5,7	0,5	0,8	618,2
Punta Moron	11,0	39,6	51,6	77,2	106,2	134,8	139,7	70,7	21,3	2,9	0,6	2,5	658,1
Querococha	41,3	88,1	94,4	125,6	150,4	155,7	169,5	89,3	38,0	13,3	6,7	13,5	985,8
Querococha	32,7	84,0	87,0	114,5	146,6	158,1	159,8	92,2	37,7	10,3	4,6	10,2	935,5
Quiruncancha	11,8	37,6	46,5	62,5	68,8	95,2	118,4	54,4	23,4	2,7	0,4	2,0	523,7
Quitacocha	15,6	90,6	77,3	99,1	125,2	168,4	175,5	89,5	11,4	2,0	0,1	3,3	857,8
Recreta	7,1	23,2	34,3	54,9	80,6	96,5	112,7	49,5	17,4	1,1	0,4	1,9	479,6
Recreta	7,1	23,2	34,3	55,5	80,6	96,3	112,7	49,5	17,3	1,1	0,4	1,9	479,8
Recuay	30,2	91,9	81,6	95,5	114,7	119,8	137,8	80,9	27,0	4,2	2,4	8,2	794,3
Safuna	87,7	158,2	149,6	189,7	182,3	217,0	254,0	181,3	77,8	40,3	24,7	39,7	1602,4
San Lorenzo	44,9	95,7	72,9	120,2	117,6	112,4	147,2	75,6	37,7	2,7	5,8	22,0	854,7
Shacaypampa	14,3	49,0	58,0	80,2	95,0	120,4	123,9	70,8	26,6	2,9	0,8	2,8	644,7
Ticapampa	34,4	70,2	74,4	84,5	113,7	124,3	132,0	76,7	21,5	2,7	2,2	7,4	744,1
Yanacocha	21,5	56,6	72,4	90,4	133,1	166,9	179,1	96,6	37,0	4,6	1,8	5,6	865,7
Yungay	7,4	17,4	24,0	26,6	46,1	71,2	82,4	40,6	6,1	1,2	0,2	0,6	323,8

En la tabla 16 hemos considerado únicamente los datos de las 15 "mejores" estaciones (más la estación de Safuna, la única del lado noreste de la cordillera Blanca) que son las estaciones utilizadas para el desarrollo de los trabajos siguientes. Esta presentación esta hecha en forma de año hidrológico, es a decir de septiembre a agosto.

Tabla 16: Precipitación media total mensual y anual de las "mejores" estaciones de la cuenca del río Santa.

AÑO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	Año-Hidrológico
Safuna	87,7	158,2	149,6	189,7	182,3	217,0	254,0	181,3	77,8	40,3	24,7	39,7	1602,4
Cahuish	37,4	85,8	88,8	120,3	129,8	160,6	167,3	113,7	55,3	14,1	4,5	11,5	989,2
Caraz	1,9	8,5	11,5	12,5	24,5	39,4	58,0	21,8	2,6	0,9	0,1	0,2	182,0
Chancos	9,3	36,2	45,7	58,3	86,4	93,0	127,7	74,1	17,6	1,9	0,3	2,0	552,4
Collota	7,6	32,3	38,4	59,6	75,3	90,7	103,6	49,5	18,0	0,9	0,2	1,5	477,5
Huaraz-Quillcay	23,7	61,5	56,4	83,1	109,8	117,5	127,2	76,6	22,2	3,7	1,4	5,6	688,8
Llanganuco	16,0	43,6	58,2	75,9	93,4	108,9	135,4	73,4	23,4	2,9	1,0	4,5	636,6
Pachacoto	10,2	40,6	48,7	69,4	94,5	107,9	120,3	63,6	22,3	2,8	0,4	1,9	582,6
Parón	40,6	69,9	77,4	97,2	119,0	146,3	141,6	79,3	36,1	9,6	3,6	9,6	830,3
Punta Moron	11,0	39,6	51,6	77,2	106,2	134,8	139,7	70,7	21,3	2,9	0,6	2,5	658,1
Querococha	32,7	84,0	87,0	114,5	146,6	156,1	159,8	92,2	37,7	10,3	4,6	10,2	935,5
Recreta	7,1	23,2	34,3	55,5	80,6	96,3	112,7	49,5	17,3	1,1	0,4	1,9	479,8
Shacaypampa	14,3	49,0	58,0	80,2	95,0	120,4	123,9	70,8	26,6	2,9	0,8	2,8	644,7
Ticapampa	34,4	70,2	74,4	84,5	113,7	124,3	132,0	76,7	21,5	2,7	2,2	7,4	744,1
Yanacocha	21,5	56,6	72,4	90,4	133,1	166,9	179,1	96,6	37,0	4,6	1,8	5,6	865,7
Yungay	7,4	17,4	24,0	26,6	46,1	71,2	82,4	40,6	6,1	1,2	0,2	0,6	323,8

El gráfico 13 muestra la distribución mensual de la precipitación, siempre alcanzando su valor máximo en marzo. Los valores de la estación de Safuna son más altos que los otros, lo que es consecuencia de: el periodo de medida es más corto y corresponde a un periodo más lluvioso, y la precipitación proveniente del lado amazónico es mucho más grande.

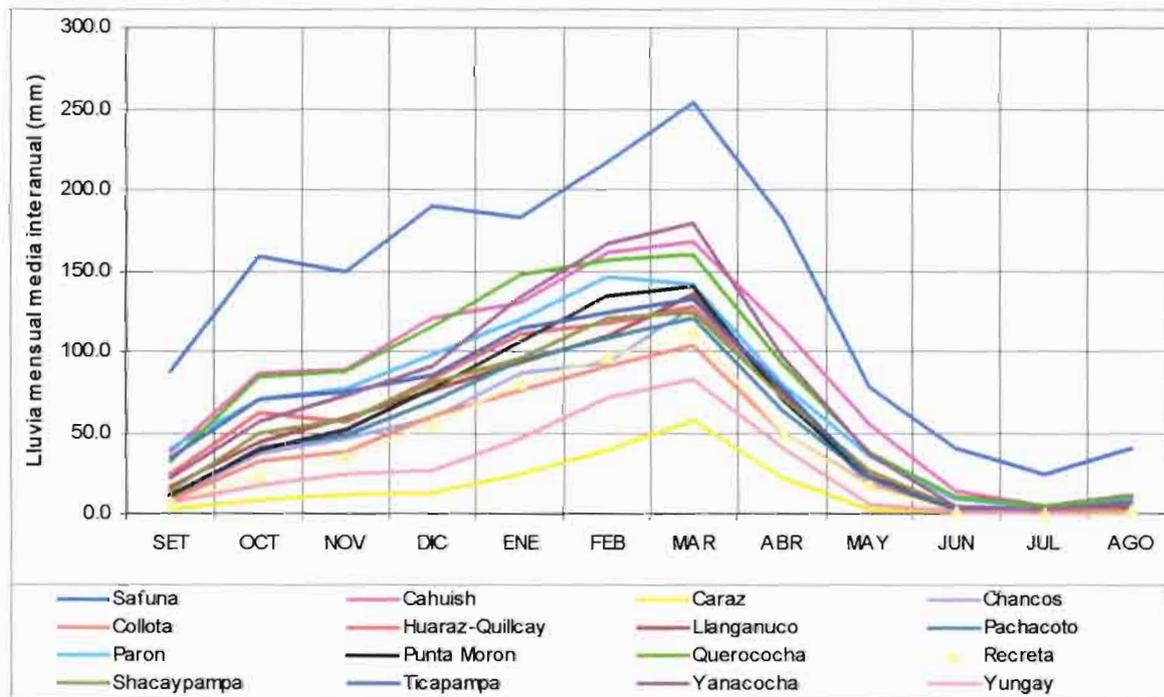


Gráfico 13: Precipitación media total mensual y anual de las "mejores" estaciones de la cuenca del río Santa.

4-2 – Precipitación promedio decenal

La tabla 17 presenta los valores medios decenales de la precipitación con las mismas normas de color. También hemos considerado en esta tabla, el promedio interanual para compararlo con el promedio de los 6 valores promedios decenales.

Tabla 17: Precipitaciones medias decenales de las estaciones de la cuenca del río Santa

AÑO	LATini	LONGini	ALTini	Inicio	Fin	T-hid	41-50	51-60	61-70	71-80	81-90	91-00	Moy10
Anta	9:21:00	77:36:00	2748	1971	2000	684,6				670,5	680,6	702,2	684,4
Cachicadan	8:06:00	78:09:00	2892	1964	1998	887,4			877,3	890,0	702,6	1073,4	885,9
Cahuish	9:41:05	77:15:17	4550	1953	1999	989,2		878,4	965,4	1010,5	1045,5	1043,6	988,7
Caraz	9:02:43	77:48:25	2286	1946	1996	182,0	237,0	228,2	144,0	173,7	180,3	207,3	195,1
Chachan	9:33:00	77:46:12	2285	1964	1998	258,3			152,0	209,1	190,8	255,6	201,9
Chancos	9:19:10	77:34:30	2895	1953	1999	552,1		545,5	464,1	520,2	653,2	574,7	551,5
Chancos	9:19:10	77:34:30	2895	1953	1999	552,1		545,5	464,1	521,1	653,7	574,9	551,8
Chuquicara				1982	1985	29,1						29,1	29,1
Collota	9:57:02	77:19:33	3910	1953	2000	477,5		547,1	460,5	471,5	501,7	411,0	478,3
Conococha	10:08:00	77:17:00	4150	1957	1968	566,4		537,9	577,5				557,7
El Chorro				1982	1985	229,3						229,3	229,3
Hidroeléctrica	8:48:12	77:50:49	1386	1945	2001	192,1	165,8	167,3	184,1		181,0	245,2	171,3
Huancamarcanga	8:06:00	78:18:00	4000	1971	1998	760,7				1006,1	765,0	487,2	752,8
Huancapeti	9:45:00	77:31:48	4420	1953	1999	461,9		508,6	429,5	424,1	449,7	514,3	465,2
Huaraz	9:29:34	77:30:49	3050	1971	2000	665,4		536,0	508,0	719,2	786,7	765,6	663,1
Huaraz-Quillcay	9:29:34	77:30:49	3050	1971	2000	688,8		545,8	541,8	774,6	786,8	760,2	681,8
Huilca	8:46:46	77:36:41	3950	1977	1999	1049,3				674,7	1093,9	1121,6	963,4
Laguna Ututo	9:40:48	77:30:00	4200	1981	1998	745,6					625,1	894,7	759,9
Lampas Alto	10:09:27	77:13:32	4100	1971	1998	773,9				705,8	741,3	760,4	735,8
Lampas Bajo				1957	1988	748,9			678,0	771,3			724,6
Llanganuco	9:04:43	77:39:05	3918	1953	2000	633,3		623,4	666,7	621,5	651,3	600,9	632,5
Llanganuco	9:04:43	77:39:05	3918	1953	2000	636,6		624,9	672,8	621,5	654,7	602,7	635,3
Milpo	9:52:48	77:13:48	4400	1963	1998	883,3			901,7	695,7	937,6	956,9	872,9
Mollepata	8:10:48	77:58:12	3758	1963	1998	573,6			439,9	509,0	596,9	814,7	590,1
Pachacoto	9:51:12	77:24:04	3786	1953	2000	583,6		654,6	553,1	573,2	630,9	517,6	585,9
Pachacoto	9:51:12	77:24:04	3786	1953	2000	582,6		654,6	553,1	573,2	630,9	518,3	586,0
Paron	8:59:57	77:41:05	4215	1949	2001	834,7		996,2	723,4	813,7	790,4	856,5	836,0
Paron	8:59:57	77:41:05	4215	1949	2001	830,3		906,5	785,4	820,3	790,8	842,4	829,5
Punta Callan	9:32:48	77:37:15	4275	1982	1999	618,2					638,6	589,3	614,0
Punta Moron	10:05:00	77:12:21	4390	1953	2000	658,1		759,2	670,1	624,6	657,5	588,2	659,9
Querococha	9:43:46	77:19:57	4087	1965	2001	985,8			990,1	1056,4	1059,0	868,1	993,4
Querococha	9:43:46	77:19:57	4087	1965	2001	935,5		807,0	681,8	1058,7	1055,1	861,6	932,8
Quiruncancha	9:43:54	77:29:47	4010	1953	1999	523,7		564,9	495,8	525,1	503,2	537,5	525,3
Quitacocha				1979	1991	857,8				565,2	939,7		752,4
Recreta	10:02:27	77:17:00	4020	1953	2000	479,6		489,4	488,7	440,7	471,9	516,9	481,5
Recreta	10:02:27	77:17:00	4020	1953	2000	479,8		489,6	488,8	440,7	472,0	510,7	480,3
Recuay	9:43:12	77:27:00	3394	1966	1998	794,3			643,3	791,7	830,3	843,6	777,2
Safuna	8:50:00	77:37:00	4400	1969	1975	1602,4			1400,7	1667,1			1563,9
San Lorenzo				1965	1971	854,7			799,6				799,6
Shacaypampa	9:45:13	77:23:46	3820	1953	2000	644,7		666,1	630,4	631,2	644,2	657,0	645,8
Ticapampa	9:45:09	77:26:32	3480	1948	1993	744,1		751,2	746,1	720,0	781,4	695,3	738,8
Yanacocha	10:02:27	77:12:27	4450	1953	2000	865,7		921,4	887,4	889,1	906,4	802,5	859,4
Yungay	9:09:09	77:44:28	2557	1953	2000	323,8		365,7	252,7	278,8	366,2	348,8	322,5

En la tabla 18 figuran únicamente las 15 mejores estaciones de la cuenca del río Santa que hemos considerado para presentarlas luego sobre el gráfico 14, donde no se ve alguna tendencia de crecimiento o decrecimiento sobre estos 5 decenios.

Tabla 18: Precipitación media decenal de las “mejores” estaciones de la cuenca del río Santa

AÑO	LATini	LONGini	ALTini	Inicio	Fin	T-hid	41-50	51-60	61-70	71-80	81-90	91-00	Moy10
Cahuish	9:41:05	77:15:17	4550	1953	1999	989,2		878,4	965,4	1010,5	1045,5	1043,6	988,7
Caraz	9:02:43	77:48:25	2286	1946	1996	182,0	237,0	228,2	144,0	173,7	180,3	207,3	195,1
Chancos	9:19:10	77:34:30	2895	1953	1999	552,4		545,5	464,1	521,1	653,7	574,9	551,8
Collota	9:57:02	77:19:33	3910	1953	2000	477,5		547,1	460,5	471,5	501,7	411,0	478,3
Huaraz-Quillcay	9:29:34	77:30:49	3050	1971	2000	688,8		545,8	541,8	774,6	786,8	760,2	681,8
Llanganuco	9:04:43	77:39:05	3918	1953	2000	636,6		624,9	672,0	621,5	654,7	602,7	635,3
Pachacoto	9:51:12	77:24:04	3786	1953	2000	582,6		654,6	553,1	573,2	630,9	518,3	586,0
Paron	8:59:57	77:41:05	4215	1949	2001	830,3		908,5	785,4	820,3	790,8	842,4	829,5
Punta Moron	10:05:00	77:12:21	4390	1953	2000	658,1		769,2	670,1	824,0	657,5	588,2	669,9
Querococha	9:43:46	77:19:57	4087	1965	2001	935,5		807,0	881,9	1058,7	1055,1	861,6	932,8
Recreta	10:02:27	77:17:00	4020	1953	2000	479,8		489,6	488,8	440,7	472,0	510,7	480,3
Shacaypampa	9:45:13	77:23:46	3820	1953	2000	644,7		665,1	630,4	631,2	644,2	667,0	645,8
Ticapampa	9:45:09	77:26:32	3480	1948	1993	744,1		751,2	746,1	720,0	781,4	695,3	738,8
Yanacocha	10:02:27	77:12:27	4450	1953	2000	865,7		921,4	887,4	889,1	906,4	692,5	859,4
Yungay	9:09:09	77:44:28	2557	1953	2000	323,8		365,7	252,7	278,8	366,2	348,8	322,5

El comportamiento de la estación de Huaraz parece un poco particular. Sería posible que el cambio de sitio de esta estación, después del trágico evento de 1970, explique el crecimiento de los decenios desde el 70 en adelante.

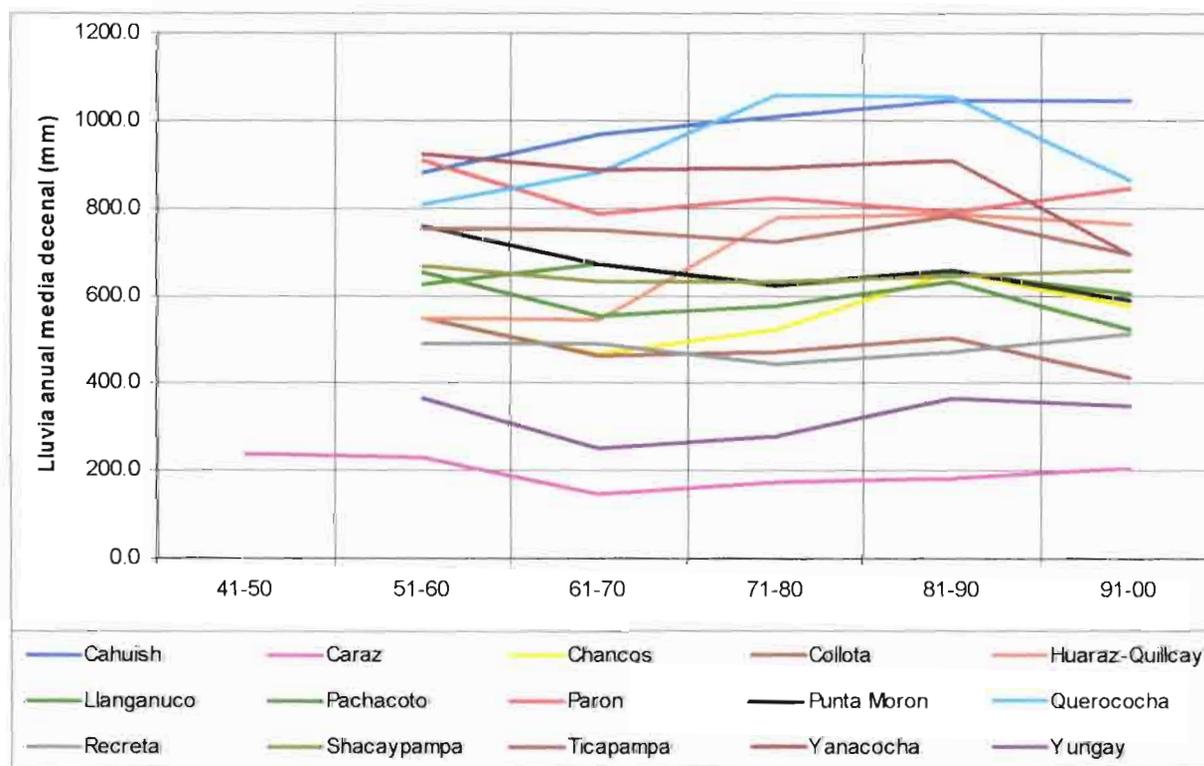


Gráfico 14: Precipitación media decenal, de las “mejores” estaciones de la cuenca del río Santa

4-3 – Precipitación anual

Las tablas 19 y 20 contienen todos totales anuales de precipitación disponibles en las estaciones de la cuenca del río Santa.

Tabla 18: Precipitación total anual para las estaciones de la cuenca del río Santa

AÑO	Anta	Cachicadan	Cahuish	Caraz	Chachan	Chancos	Chancos	Chuquicara	Coliota	Conococho	El Chorro	Hidroeléctrica	Huancamanga	Huancapeti	Huaraz	Huaraz-Quilicay	Huillca	Laguna Uhuto	Lampas Alto	Lampas Bajo	Llanganuco	Llanganuco		
44-45												297,6												
45-46												211,2												
46-47				143,5								120,2												
47-48												162,6												
48-49												172,6												
49-50												136,2												
50-51												180,2												
51-52												202,3												
52-53												181,4												
53-54			1154,0	251,5		355,4	355,4	726,4				151,9		635,4	722,8	713,8					628,3	627,3		
54-55			798,3	280,2		537,0	537,2	637,3				155,3		514,7	610,9	583,3					444,3	607,7		
55-56			847,7	210,3		428,9	428,9	471,6				232,3		366,5	334,3	373,5					653,4	653,4		
56-57			600,1	122,2		562,1	562,1	418,7				210,7		487,8	375,0	377,9					478,3	478,3		
57-58			743,2	230,6		654,3	654,3	462,8	465,1			183,3		447,3	510,6	510,6				684,9	757,9	725,1		
58-59			910,8	127,5		556,2	556,2	545,0	559,5			114,9		533,5	494,6	494,6					516,5	750,4	750,4	
59-60			964,1	297,0		676,0	676,0	497,2	589,8			128,3		550,6	605,7	605,7					792,2	545,1	545,1	
60-61			1038,6	172,0		407,1	407,1	627,3	661,0			187,9		490,4	625,4	625,4					689,6	731,1	731,1	
61-62			1021,9	124,0		537,9	537,9	636,5	665,7			200,8		578,7	654,7	654,7					936,1	930,5	930,5	
62-63			997,5	229,7		567,1	567,1	463,8	562,1			197,1		485,3	642,2	642,2					710,6	719,5	719,5	
63-64			1061,7	157,0		568,6	568,6	453,4	603,3			140,7		465,8	633,2	633,2					671,2	696,6	711,0	
64-65			887,9	780,0	104,8	93,4	322,6	322,6	268,1	504,7		172,0		398,7	234,3	249,7					595,6	395,0	395,0	
65-66			908,2	906,0	93,6		411,7	411,7	314,4	441,0		148,0		308,1	426,9	426,9					632,6	688,2	688,2	
66-67			1066,7	997,3	199,8	294,6	616,6	616,6	505,9	736,6		265,7		490,7	639,8	659,6					365,1		763,9	
67-68			549,3	781,0	79,8	78,5	280,6	280,6	426,8			144,0		247,0	391,0	391,0						426,4	410,0	
68-69			746,9	777,9	83,9	106,6	391,8	391,8	319,9			153,2		338,6	332,8	332,8						440,1	440,1	
69-70			952,3	1264,5	199,8	281,2	536,9	536,9	506,1			227,2		541,3	588,2	602,2						729,0	729,0	
70-71			996,6	1020,9	282,2	294,4	555,0	555,0	495,9					505,0		961,5						520,9	520,9	
71-72	813,2	1248,2	1048,3	248,0	354,3	672,0	672,0	664,6				138,0	432,6			1090,1				888,3		733,6	733,6	
72-73	578,7	1064,4	1029,0	202,8	240,5	502,5	502,5	638,2				1361,0	662,0			831,9				922,3		709,4	709,4	
73-74	936,2	966,2	1005,6	167,8	253,5	561,0	561,0	721,2				1422,0	667,6	998,6		997,4				936,4		909,1	909,1	
74-75	698,8	1131,4	1132,9	333,6	293,2	670,4	670,4	394,4				1338,0	497,9	849,4	859,4					725,9		846,3	846,3	
75-76	762,1	930,1	1002,6	85,7	153,9	526,9	533,1	407,6				1001,0	335,2	682,6	682,6					758,6		664,8	664,8	
76-77	488,6	883,3	1135,9	129,7	143,0	446,7	449,2	366,0				888,5	408,8	644,3	586,9					625,4		497,0	497,0	
77-78	617,1	584,1	987,9	78,8	82,5	433,7	433,7	247,7				758,4	366,9	648,4	648,4	455,7				590,3		475,5	476,8	
78-79	641,0	704,3	904,6	174,7	167,4	523,7	523,7	329,3				625,9	253,0	695,5	695,5	914,0				581,0		619,4	619,4	
79-80	337,0	401,5	820,4	43,6	96,7	310,0	310,0	448,9				119,8	196,5	254,0	447,8	389,2	571,6			346,7		237,6	237,6	
80-81	809,9	1074,2	1016,3	198,9	298,7	721,1	721,1	498,6				111,0	1522,5	585,2	925,5	925,5	1017,2			908,3		738,6	738,6	
81-82	743,3		1131,0	139,2	169,1	435,7	435,7	519,5				146,2	515,2	398,8	609,1	609,1	1113,8			710,3		695,4	695,4	
82-83	711,5		968,6	202,9	423,7	965,4	965,4	73,9	433,5			292,2	179,2	996,9	463,0	932,4	932,4	928,9	765,5	747,5		641,3	641,3	
83-84	809,0		1226,2	347,6	156,0	701,3	701,3	29,3	608,0			362,9	316,8	839,0	669,3	1045,1	1045,4	925,6	430,8	597,7		774,1	774,1	
84-85	456,5		991,2	89,3	140,7	398,2	398,2	7,5	494,3			655,1	149,2	574,5	304,9	699,1	699,1	967,3	699,3	699,4		483,3	483,3	
85-86	584,0	1079,7	1002,4	160,3	81,0	565,9	565,9	519,3				153,2	1094,1	399,4	696,6	696,6	1087,4	696,8	750,3		536,5	536,5		
86-87	640,2	994,7	1088,7	150,1	81,9	687,5	687,5	358,9				144,4	604,0	493,0	847,1	847,1	1360,7	517,4	677,5		622,8	641,4		
87-88	634,3	592,7	1188,0	146,0	126,7	561,9	566,4	623,6				295,0	639,7	494,4	760,6	760,6	1172,0			767,7		601,1	615,7	
88-89	762,3	162,7	1000,5		301,6	875,7	875,7	937,4				183,6	646,2	470,8	770,4	770,4	985,9			732,6		914,8	917,8	
89-90	575,4	269,1	662,2		131,9	596,5	596,5	274,0				155,8	220,0	348,2	621,3	621,3	1282,3	294,7	419,3		603,6	602,8		
90-91	694,0	416,5	1341,8	212,2	137,7	643,6	643,6	452,2				302,0	217,7	664,3	778,9	778,9	1792,5			881,4		864,3	864,5	
91-92	467,2	327,2	661,1	68,9	172,0	408,7	411,4	382,4				185,1	120,6	363,2	602,6	602,6	1160,2			398,6		508,1	507,4	
92-93	653,6	1369,4	1243,3	196,3	222,4	726,0	726,0	622,3				121,6	638,0	351,9	645,9	663,5	1053,5			1497,5		702,8	702,0	
93-94	1093,5	1806,6	1637,4	308,8	233,6	1104,0	1104,0	618,2				394,2	374,5	851,8	827,8	829,2	1011,7	1258,5	1416,0		921,2	921,2		
94-95	596,6	725,4	924,9	131,3	141,5	362,4	362,4	449,3				116,1	353,7	511,6	621,8	622,8	1047,2	813,2	516,4		614,4	614,4		
95-96	694,5	1160,7	1080,8	287,4	339,5	709,8	709,8	497,4				290,1	432,9	636,8	662,2	662,2	910,0	1114,1	697,3		822,8	823,2		
96-97	472,6	666,3	777,0		497,6	132,5	132,5	145,6				168,0	307,5	198,9	559,7	563,4	1351,1	614,8			129,0	128,6		
97-98	1145,1	1953,5	912,3		1879,7	595,6	595,6	424,9				322,9	1348,4	616,0	951,0	951,0	1121,6	1062,8			614,3	614,3		
98-99	584,7		708,4					451,6				360,5		584,2	826,7	826,7	1060,1				638,0	638,0		
99-00												240,1			807,7	808,7					212,9	213,1		
00-01												191,2												
01-02																								
Moy	687,2	887,3	994,5	177,5	266,4	551,5	551,8	36,9	479,6	580,8	436,7	191,7	756,0	461,5	662,4	687,2	1068,2	741,9	765,0	752,5	630,9	634,8		
Max	1145,1	1953,5	1837,4	347,6	1879,7	1104,0	1104,0	73,9	808,0	735,6	655,1	384,2	1522,5	851,8	1045,1	1090,1	1792,5	1258,5	1497,5	965,1	930,5	930,5		
Min	337,0	162,7	600,1	43,6	76,5	132,5	132,5	7,5	145,6	441,0	292,2	111,0	120,6	138,9	234,3	249,7	455,7	294,7	346,7	595,5	129,0	128,6		
EcTy	188,4	401,9	205,9	75,6	309,8	178,2	178,2	33,8	133,8	92,7	192,4	65,5	428,9	127,3	188,7	200,8	266,0	300,3	268,4	137,5	186,6	184,2		

Tabla 19: Totales de pluviometría anuales para las estaciones de la cuenca del río Santa

AÑO	Milpo	Mollepata	Pachacoto	Pachacoto	Paron	Paron	Punta Callan	Punta Moron	Querococha	Querococha	Quiruncancha	Quitacocha	Recreta	Recreta	Recuay	Safuna	San Lorenzo	Shacaypampa	Ticapampa	Yanacocha	Yungay	
44-45																						
45-46																						
46-47																						
47-48																						
48-49																						
49-50					885,7	885,7																
50-51					862,2	862,2																
51-52					763,8	766,5													869,0			
52-53					754,5	754,5													770,0			
53-54			881,0	881,0	999,5	999,5		795,4		1117,0	581,3		502,9	502,9				942,7	711,1	690,5	367,4	
54-55			611,7	611,7	1281,5	1281,5		798,3		838,9	605,0		550,9	550,9				654,1	875,7	988,4	419,4	
55-56			516,0	516,0	1107,4	1107,4		796,9		615,1	540,1		418,2	418,2				542,0	714,5	1036,4	251,1	
56-57			680,6	680,4	1185,0	1185,0		488,2		487,0	464,0		460,4	461,7				533,8	621,9	683,7	284,5	
57-58			533,4	533,4	1546,6	733,1		591,3		834,2	485,7		533,0	533,0				667,9	688,5	713,9	400,2	
58-59			662,1	662,1	636,3	636,3		762,8		717,9	626,9		446,9	446,9				640,4	693,4	946,0	263,9	
59-60			610,6	610,8	889,8	889,8		891,2		1039,1	640,3		491,3	491,3				786,3	889,6	1098,4	517,1	
60-61			704,4	704,2	731,4	821,8		686,1		843,4	501,3		516,4	517,8				712,5	736,5	887,1	318,4	
61-62			714,0	714,0	852,4	916,4		962,6		981,5	671,1		787,5	787,5				862,1	730,9	1131,2		
62-63			600,3	600,3	718,5	779,8		829,2		986,3	666,7		482,0	482,0				816,9	829,7	1031,1	376,7	
63-64		487,0	622,9	622,9	748,3	938,8		769,1		846,8	528,5		547,2	547,2				703,5	868,8	1004,6	307,0	
64-65	828,0	537,0	394,6	394,6	611,4	689,4		546,3		767,4	400,4		372,6	372,6				314,0	624,0	686,0	200,2	
65-66	742,0	289,0	482,4	482,4	666,1	706,0		412,5	951,4	879,9	346,1		364,7	364,7			796,1	561,7	737,6	690,1	162,5	
66-67	1120,0	536,0	634,8	634,8	912,7	932,6		826,1	1108,9	1089,4	629,2		492,7	492,7	814,1			767,9	887,3	1113,6	374,8	
67-68	930,0	282,0	366,6	366,6	626,5	626,5		466,3	922,9	542,8	332,2		328,6	328,6	623,7			429,7	578,6	633,1	164,8	
68-69	730,0	375,0	366,2	366,2	643,9	643,9		409,8	875,0	793,6	357,9		332,9	332,9	482,2		692,2	519,8	566,5	666,6	186,9	
69-70	1015,0	563,0	646,1	646,1	728,2	800,7		775,3	1130,7	1127,4	636,2		661,9	661,9	760,0	1463,8	925,5	636,3	923,0	1042,0		
70-71	788,0	596,0	595,0	595,0	962,4	966,8		632,9	1294,2	1294,2	718,9		580,9	580,9	1077,4	1682,3	1114,3	751,9	948,9	913,7		
71-72	763,0	587,0	691,5	691,5	1028,3	1040,8		791,6	1138,4	1223,6	574,9		770,1	770,1	875,9	1639,5		826,1	884,4	997,0		
72-73	798,1	646,0	541,6	541,6	823,6	823,6		748,5	949,8	980,2	604,7		576,2	576,2	664,5	1489,3		626,9	810,7	961,2		
73-74	580,4	684,0	968,3	968,3	1138,8	1168,8		774,3	1346,9	1369,8	744,1		612,1	612,1				916,0	1016,2	1117,5		
74-75	572,0	612,0	569,5	569,5	872,3	872,3		716,1	1076,3	1094,9	594,2		394,7	394,7		1792,3		473,1	582,1	791,8		
75-76		369,2	543,1	543,1	866,2	866,2		645,3	1061,2	1061,2	469,0		313,3	313,3				638,3	590,2	893,6	170,1	
76-77		518,0	539,6	539,6	676,8	676,8		626,1	761,2	613,8	489,4		311,1	311,1				640,7	712,5	923,9	316,6	
77-78		324,0	406,9	406,9	721,2	721,2		494,6	1070,2	997,3	481,1		310,9	310,7				474,5	567,7	667,2	188,3	
78-79		462,0	627,8	627,8	632,3	632,3		500,1	978,9	988,2	356,8		367,2	367,2				546,1	646,4	788,0	471,7	
79-80		316,9	269,9	269,9	396,2	396,2		340,5	798,5	798,5	248,5	480,3	170,8	170,8	419,7			420,4	468,0	811,0	119,2	
80-81	1205,7	519,0	694,3	694,3	775,4	775,4		866,4	1197,6	1197,6	647,3	1207,4	606,0	606,0	1016,1			748,9	863,7	1159,8	398,7	
81-82	1216,3	582,6	661,4	661,4	866,0	866,2		612,9	1192,8	1104,8	437,1	1217,1	469,7	469,7	786,5			578,2	598,1	829,9	262,2	
82-83	1082,4	894,7	684,1	684,1	786,8	786,8	599,1	616,6	1211,6	1241,4	478,7	1291,1	598,4	598,4	798,1			622,6	841,9	874,2	513,5	
83-84	443,9	1143,1	871,8	871,8	1028,0	1028,0	834,1	766,5	1260,8	1266,5	676,6		711,0	711,0	977,5			841,7	1066,9	887,6	510,6	
84-85	542,3	373,2	574,9	574,9	667,9	667,9	412,0	664,9	916,8	916,8	326,2		232,3	232,3	827,3			566,6	724,8	888,3	267,1	
85-86	867,7	442,4	591,3	591,3	678,3	678,3	574,6	539,2	969,5	969,5	363,5		469,6	469,4	787,9			513,8	811,0	823,9		
86-87	1066,3	366,0	434,3	434,3	790,0	786,2	775,4	580,3	882,5	882,5	548,8		367,7	367,7	798,7			606,0	681,6	879,3	337,0	
87-88	1478,5	496,7	793,0	793,0	820,4	820,4	897,6	732,8	1066,4	1066,4	539,9		500,2	500,2	969,8			718,9	886,4	967,6	246,2	
88-89	960,9	0,0	674,5	674,5	832,8	834,1	908,1	766,6	1104,0	1104,0	566,8	963,0	461,6	461,6	890,9			797,8	946,7	927,5	417,0	
89-90	489,9		409,6	409,6	682,4	682,6	444,8	471,7	803,6	803,6	462,7	478,2	312,2	313,6	534,6			449,6	567,7	683,0	214,3	
90-91	696,4		539,6	539,6	933,0	828,8	617,3	766,8	702,7	702,7	897,7	674,6	348,3	348,3	727,4			778,7	603,4	866,3	310,6	
91-92	571,3	614,6	391,7	390,8	662,2	707,4	696,2	476,9	784,7	696,2	382,0		443,4	427,7	588,0			467,6	661,5	706,2	221,6	
92-93	956,2	1983,9	686,6	686,3	602,7	514,6	469,4	847,2	1069,1	1069,1	391,9		467,6	468,0	928,7			921,5	544,0	906,3	299,6	
93-94	1622,0	726,4	823,8	788,8	1124,8	1125,4	1182,2	1036,3	1590,9	1600,0	1013,8		766,8	766,8	1194,7			1204,3		1293,3	484,9	
94-95	870,7	237,8	461,8	461,6	818,7	808,8	460,5	476,2	848,3	848,3	487,7			437,7	661,4			534,3		893,8		
95-96	1027,4	628,8	864,5	864,2	779,1	778,7	646,6	891,2	1036,9	1036,3	672,9		747,9	748,3	900,3			770,7		1069,1		
96-97	738,7	363,8	170,6	170,6	701,8	691,8	246,4	216,2	665,4	666,4	146,9			220,6	602,0			419,1		276,6	426,6	
97-98	1267,3	528,6	665,3	665,3	892,9	892,9	606,8	568,5	722,9	722,9	563,5		777,2	777,2	1163,1			580,4		633,6	513,3	
98-99		487,3	497,3	497,3	962,8	962,8	577,0	462,0	490,1	584,3			766,0	766,0				337,9		536,7	227,6	
99-00					1012,2	1012,2			868,3	797,1				306,2								
00-01					894,1	894,1																
01-02						846,6																
Moy	896,2	569,8	587,2	586,1	836,2	831,5	619,0	660,6	994,5	940,9	522,6	897,4	492,5	479,3	798,8	1633,3	860,4	646,5	739,3	866,7	323,8	
Max	1522,0	1983,9	969,3	969,3	1546,6	1281,5	1182,2	1036,3	1590,9	1600,0	1013,8	1291,1	787,5	787,5	1194,7	1792,3	1114,3	1204,3	1066,9	1159,8	517,1	
Min	443,9	0,0	170,6	170,6	396,2	396,2	246,4	216,2	490,1	487,0	146,9	460,3	170,8	170,8	419,7	1463,8	692,2	314,0	466,0	536,7	119,2	
EcTy	279,9	336,9	161,6	160,9	200,2	173,9	217,3	177,3	219,8	231,9	147,8	368,9	155,3	160,9	199,7	131,9	164,7	173,9	140,2	162,7	116,3	

En los dos gráficos siguientes, presentamos la evolución de la precipitación anual en el periodo con datos, primero para todas las estaciones en el gráfico 15, después para algunas estaciones con indicaciones de las curvas de tendencia en el gráfico 16:

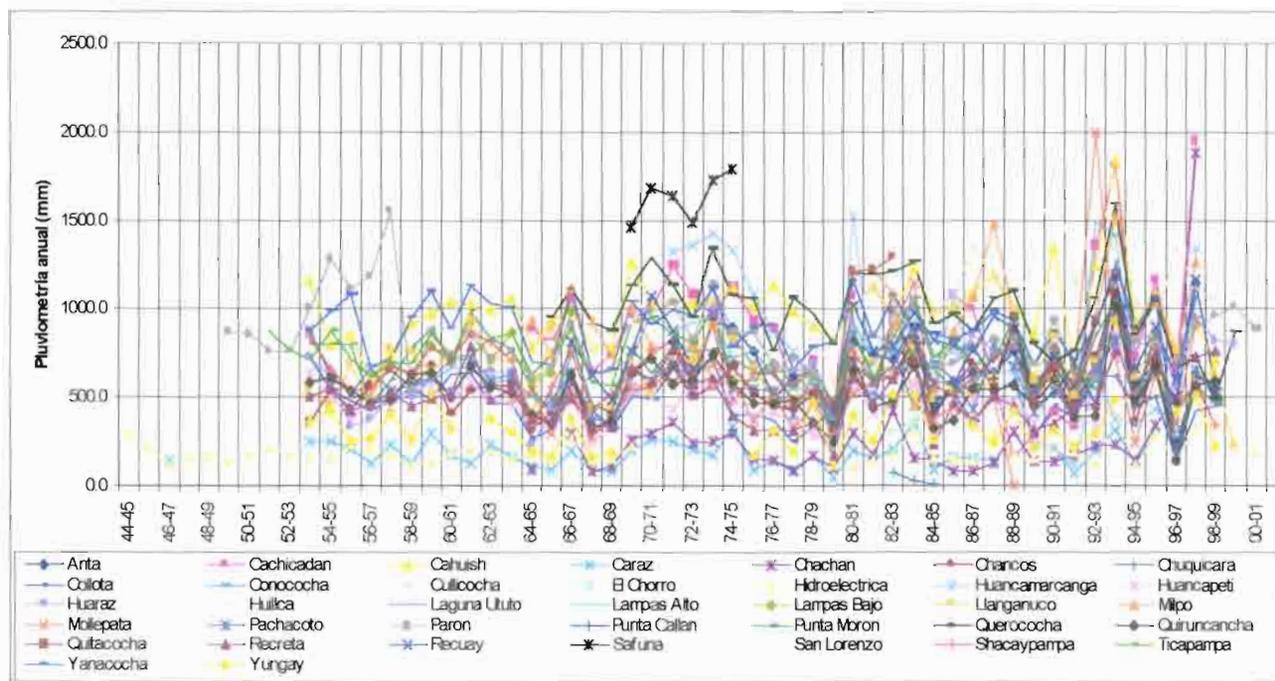


Gráfico 15: Precipitación total anual para las estaciones de la cuenca del río Santa

Sobre este tipo de gráfico se puede ver bastante bien la coherencia de los datos de precipitación de las estaciones de la cuenca del río Santa, con la ocurrencia en casi todas las estaciones de años débiles (1964-65, 1967-68, 1968-69, 1980-81, 1996-97, etc.) o excedentes (1967-67, 1980-81, 1983-84, 1990-91, 1993-94, 1997-98, etc.) Se puede ver también, lo que ya fue demostrado en un otro informe, que la correlación entre la precipitación y eventos El Niño o La Niña no es tan sencilla en esta cuenca, que parece ser la transición entre la abundancia de precipitación en el norte y la típica aridez correspondiente en el sur, en el caso de los eventos El Niño.

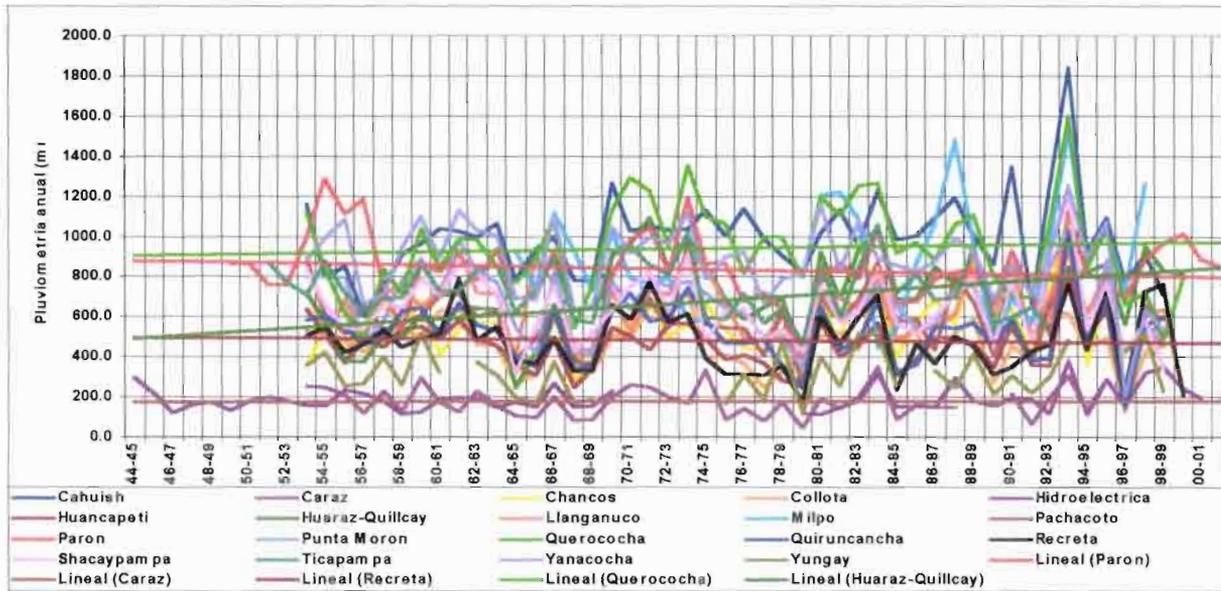


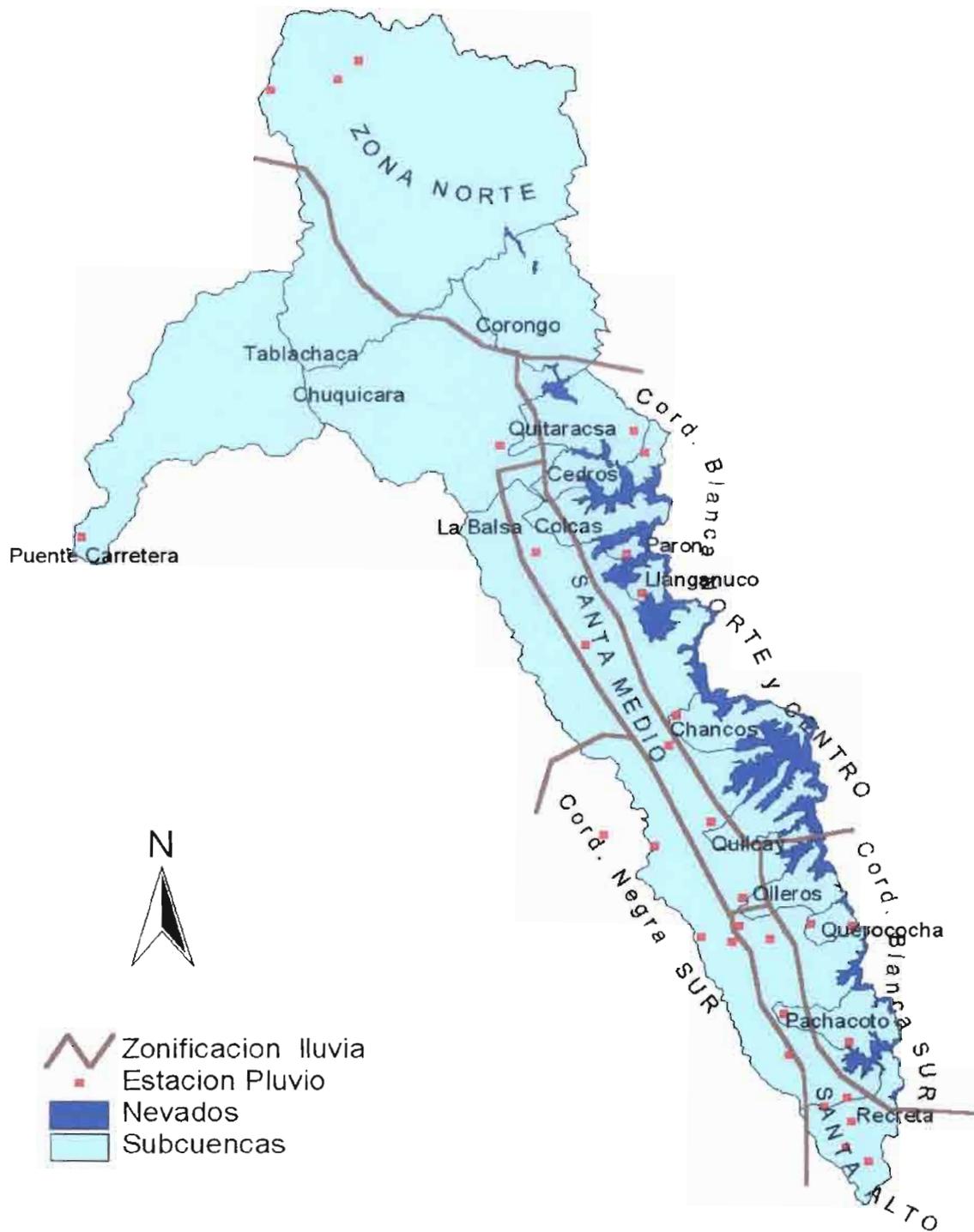
Gráfico 16: Precipitación Total anual y curvas de tendencia interanuales para algunas estaciones de la cuenca del río Santa

Las curvas de tendencia no muestran comportamientos particulares (salvo el caso de Huaraz – Quillcay anteriormente mencionado), lo que nos sugiere una distribución interanual bastante regular.

4-4 – Precipitación y Altitud

En esta cuenca, como en todos los países de alta montaña no disponemos de bastante datos de pluviometría en altura para calcular correctamente las lluvias promedio sobre las cuencas. Es particularmente el caso para la cuenca del río Santa. Entonces, debemos ver si existen correlaciones entre lluvias y altitudes. Primero, hemos hecho una regionalización de esos datos para encontrar que tenemos 6 zonas bastante homogéneas (mapa 4) donde, en cada una de esas zonas, la precipitación tiene el mismo comportamiento (cantidad, variación temporal):

- *Zona Norte:* Corresponde a la zona montañosa pero no glaciaria de la cuenca del río Santa al norte de la Cordillera Blanca (zona de Cachicadan).
- *Zona Cordillera Blanca Norte y Centro:* Corresponde al Norte y centro de la Cordillera Blanca con cumbres muy altas y quebradas profundas (de Quebrada Honda a Safuna).
- *Zona Cordillera Blanca Sur:* Corresponde al sur de la Cordillera Blanca, donde las cumbres y los pasos son más bajos (de Pachacoto a Olleros).
- *Zona Santa Medio:* Corresponde al fondo del valle del Santa y sus orillas del Río. El valle es relativamente estrecho (de Recuay al Cañón del Pato).
- *Zona Santa Alto:* Corresponde al valle alto del río Santa y sus orillas. El valle es ancho con pampas húmedas y un paisaje de altiplano (de la pampa de Lampas a Recuay).
- *Zona Cordillera Negra Sur:* la Cordillera Negra de Huancapeti a Punta Callan.



Mapa 4: Zonificación de las zonas homogéneas de pluviometría en la cuenca del Santa.

Los valores de la precipitación media total anual en el periodo 1953 – 1997, están en la tabla 20, más un valor calculado para la estación de Safuna en base de sus datos proporcionados al total del periodo.

Tabla 20: Precipitaciones medias interanuales de algunas estaciones de la cuenca del río Santa

Estación pluviométrica	Latitud	Longitud	Altitud	Lluvia Año Hidr.
Safuna	8:50:00	77:37:00	4400	1424
Parón	8:59:57	77:41:05	4215	830
Caraz	9:02:43	77:48:25	2286	182
Llanganuco	9:04:43	77:39:05	3918	637
Yungay	9:09:09	77:44:28	2557	324
Chancos	9:19:10	77:34:30	2895	552
Huaraz-Quillcay	9:29:34	77:30:49	3050	689
Cahuish	9:41:05	77:15:17	4550	989
Querococha	9:43:46	77:19:57	4087	935
Ticapampa	9:45:09	77:26:32	3480	744
Shacaypampa	9:45:13	77:23:46	3820	645
Pachacoto	9:51:12	77:24:04	3786	583
Collota	9:57:02	77:19:33	3910	478
Yanacocha	10:02:27	77:12:27	4450	866
Recreta	10:02:27	77:17:00	4020	480
Punta Moron	10:05:00	77:12:21	4390	658

Con esos valores podemos construir para cada una de las zonas de homogeneización la correlación entre precipitación y altura, lo que se ubica sobre el gráfico 17 para el Callejón de Huayllas y en el gráfico 18 para todas las otras zonas.

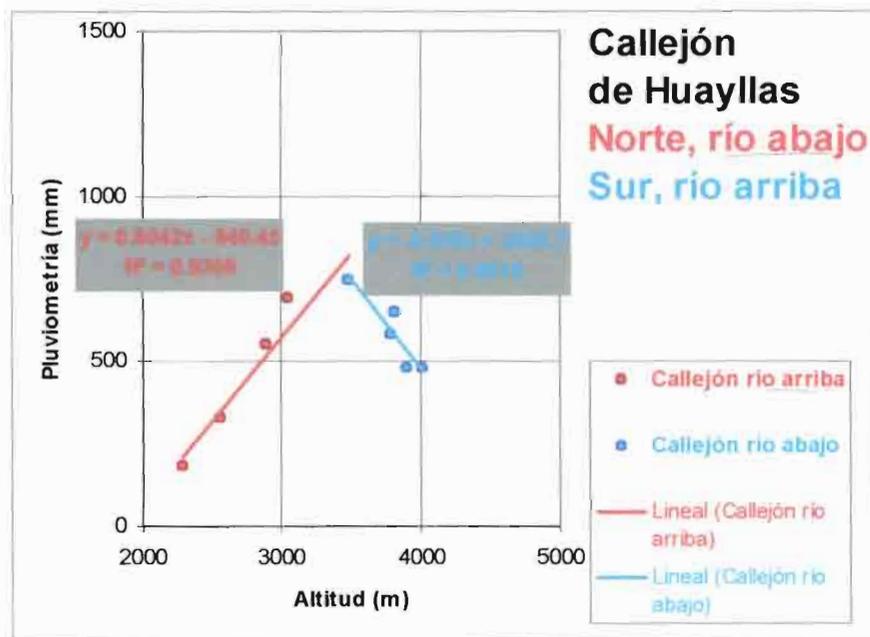


Gráfico 17: Correlaciones altitud / precipitación, Callejón de Huayllas

Se puede ver sobre este gráfico que las correlaciones son bastante buenas y que hay un máximo de precipitación más o menos a la altura de Huaraz.

El gráfico 18 corresponde a las correlaciones para todas las cuencas de los afluentes del río Santa. Las correlaciones son bastante buenas y se pueden ver los diferentes comportamientos de las cuencas del norte hasta el sur de la cordillera. Como lo hemos dicho antes la precipitación es más fuerte en el norte del lado de Safuna donde llega directamente el aire húmedo de la Amazonía, y al sur donde los pasos entre las cumbres, más bajas, permiten el pase de este mismo aire húmedo.

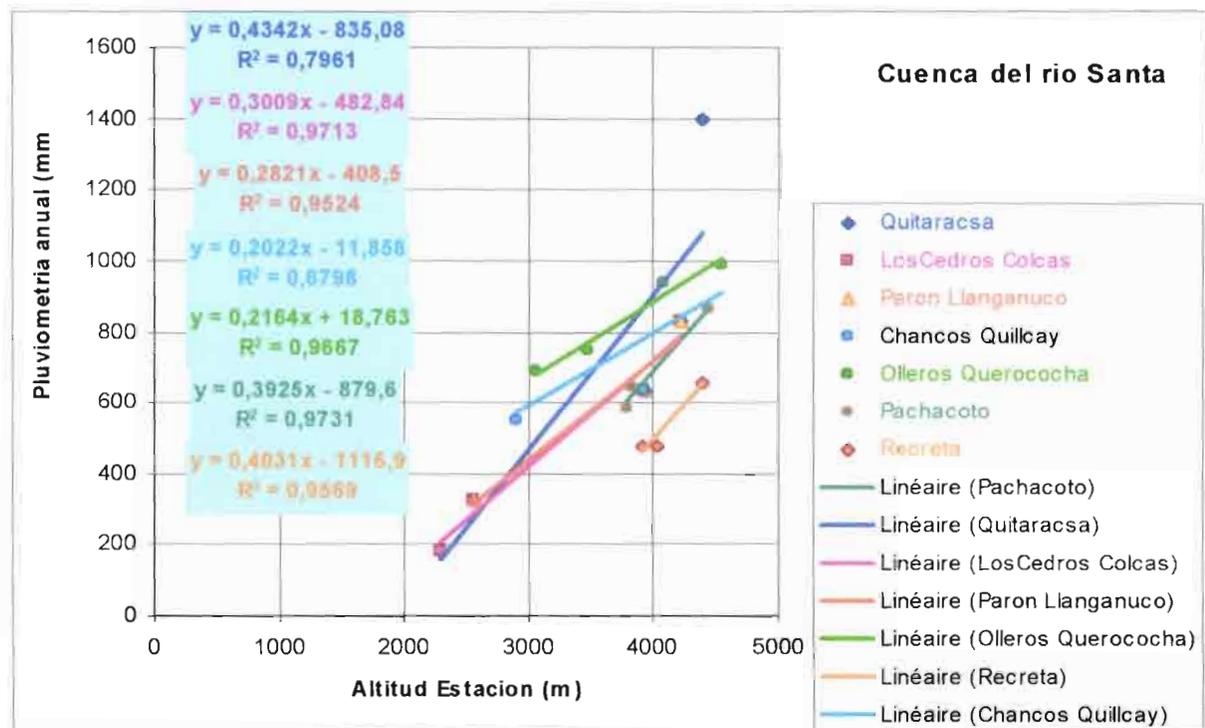


Gráfico 18: Correlaciones altitud / precipitación, cuencas altas de los afluentes del río Santa

Para cada una de estas cuencas, o grupos de cuencas, hemos establecido la ecuación de correlación entre lluvia y altura que permite calcular la lluvia en una banda de altura dada. Así, la lluvia LI_z , y la altura Z en m, podría calcularse con las ecuaciones siguientes:

- Cuenca Quitaracsa, $LI_z = 0,4342 * Z - 835,08$
- Cuencas Los Cedros y Colcas, $LI_z = 0,3009 * Z - 482,84$
- Cuencas Parón, Llanganuco y Artesoncocha, $LI_z = 0,2821 * Z - 408,50$
- Cuencas Chancos y Quillcay, $LI_z = 0,2022 * Z - 11,86$
- Cuencas Olleros y Querococha $LI_z = 0,2164 * Z + 18,76$
- Cuenca Pachacoto, $LI_z = 0,3925 * Z - 879,6$
- Cuenca Recreta, $LI_z = 0,4031 * Z - 1116,9$

Cada una de las cuencas, en el Modelo Numérico de Terreno que tenemos para toda la cuenca del río Santa, tiene una hipsometría de donde podemos sacar el porcentaje de cada banda de 200 m de diferencia de altitud. Estos resultados figuran en la tabla 21 y permiten construir el gráfico 19 de la hipsometría de esas cuencas. Con los datos de la tabla 21 y con las ecuaciones anteriores podemos calcular la lluvia parcial sobre cada banda y la lluvia media interanual (en rojo) de cada cuenca que figura en la tabla 22, donde hemos fijado un valor mínimo de 200 mm para las lluvias medias de las partes más bajas en altura.

Tabla 21: Distribución hipsométrica en las cuencas afluentes del río Santa

Altitud (m)	Quitarcasa	Los Cedros	Colcas	Paron	Llanganuco	Ciencos	Quillcay	Olleros	Querochocha	Pachacoto	Recreta	Arteson
1400-1600	0,13											
1600-1800	0,41											
1800-2000	0,54	0,09										
2000-2200	0,45	0,51	0,57									
2200-2400	0,75	0,99	1,79									
2400-2600	0,75	1,15	2,44									
2600-2800	0,92	1,47	3,80									
2800-3000	1,26	2,20	3,22			1,01						
3000-3200	1,94	2,92	2,11			3,99	1,11					
3200-3400	2,06	1,94	1,90			6,04	2,71					
3400-3600	2,96	2,95	2,14			7,46	4,14	1,85				
3600-3800	4,31	3,07	3,05			4,52	6,13	6,43		0,98		
3800-4000	7,28	4,69	5,70		6,07	4,79	7,70	9,52	3,68	5,82		
4000-4200	15,75	7,34	5,82	7,54	5,73	6,36	6,92	10,99	10,70	7,89	40,51	
4200-4400	21,61	8,30	8,22	8,13	8,15	8,38	8,42	12,46	19,80	12,89	23,79	1,68
4400-4600	15,61	11,47	11,00	8,28	13,96	11,02	9,93	14,04	26,74	17,66	10,11	5,03
4600-4800	9,98	12,72	15,23	11,08	16,03	12,53	13,79	15,31	23,99	23,24	7,90	8,33
4800-5000	6,53	16,11	14,71	19,11	16,25	10,81	15,31	12,06	12,32	18,94	1,64	33,33
5000-5200	3,86	10,11	9,99	18,80	12,85	6,74	12,36	7,28	1,36	9,32	0,04	25,00
5200-5400	1,57	8,15	5,39	16,46	7,88	6,17	5,80	3,22		1,75		13,33
5400-5600	0,60	3,39	2,43	7,69	4,56	3,75	1,94	0,70		0,50		8,33
5600-5800	0,15	0,64	0,90	2,59	3,09	2,00	1,02	0,10				3,33
5800-6000	0,00	0,19	0,25	0,35	2,21	1,11	0,63					1,68
6000-6200		0,04	0,04		1,13	0,32	0,09					
6200-6400					0,74							
6400-6600					0,65							
6600-6800					0,35							
Total (%)	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

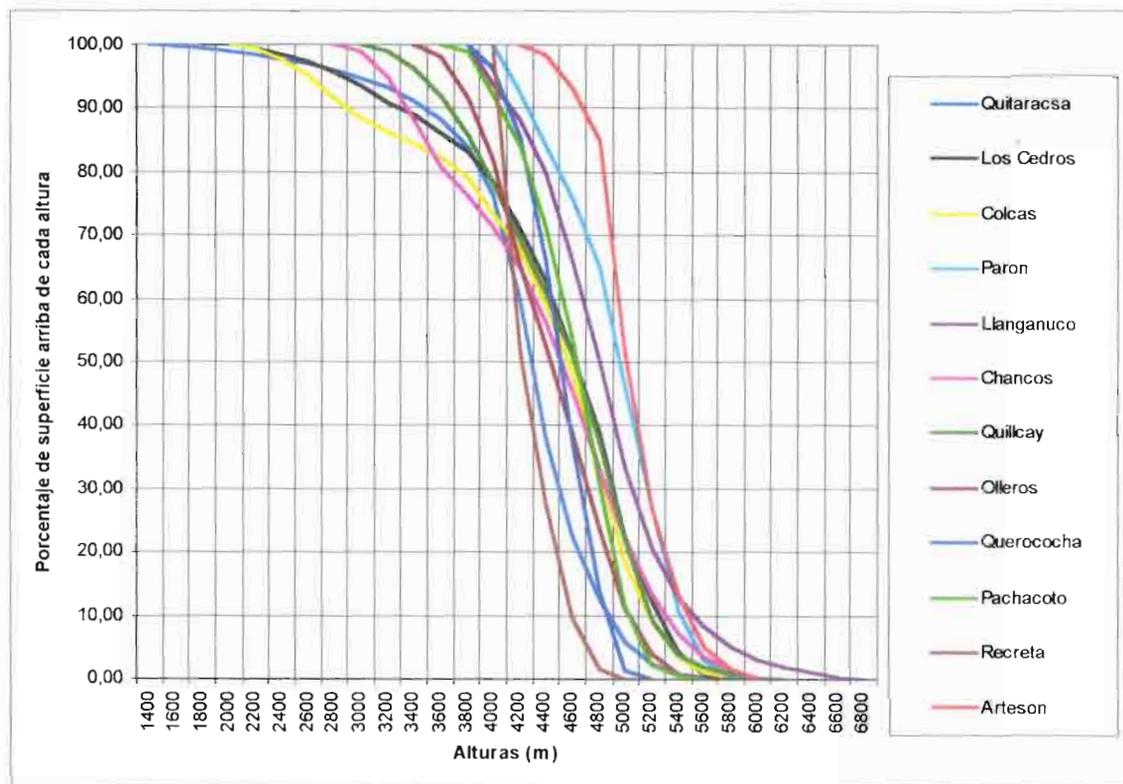


Gráfico 19: Hipsometría de las cuencas afluentes del río Santa

Tabla 22: Cálculo de la precipitación media de cada cuenca con las ecuaciones "precipitación / altitud"

Altitud	Quitaracsa	Los Cedros	Colcas	Paron	Llanganuco	Chancos	Quillcay	Olleros	Querococha	Pachacoto	Recreta	Arteson
Lluvia promedio	999	857	823	976	954	881	901	979	993	922	609	1018
1400-1600	28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1600-1800	61	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1800-2000	103	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2000-2200	95	109	114	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2200-2400	151	206	372	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2400-2600	185	310	657	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2600-2800	310	453	1185	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2800-3000	533	859	1255	0	0	581	0	0	0	0	0	0
3000-3200	787	1135	949	0	0	2459	685	0	0	0	0	0
3200-3400	1233	891	957	0	0	4482	1779	0	0	0	0	0
3400-3600	2049	1874	1215	0	0	5189	2875	1439	0	0	0	0
3600-3800	3348	1933	1922	0	0	3337	4512	5227	0	583	0	0
3800-4000	6249	3142	3939	0	4189	3722	5963	5214	3181	4441	0	0
4000-4200	15907	8514	4372	5543	4331	5357	7289	15399	9597	5759	25994	0
4200-4400	22381	6779	8571	8544	6567	7187	7227	11823	18607	10419	14867	1339
4400-4600	17461	9991	9651	7123	12018	9901	8917	13839	28527	15681	13626	4309
4600-4800	12007	11845	14182	10169	14702	11761	13947	15865	24433	22431	8148	7641
4800-5000	8440	16033	14641	18614	16118	10582	14689	13057	13302	19763	14057	32450
5000-5200	4939	10831	8981	19370	13234	8901	12589	8169	15119	10452	31	25759
5200-5400	2302	9059	5991	17881	8562	8540	8145	3757	0	3098	0	14480
5400-5600	1018	3936	2843	8755	5207	4127	2139	657	0	643	0	9523
5600-5800	305	795	1108	3103	3707	2261	1169	129	0	0	0	3094
5800-6000	8	249	317	443	2776	1315	739	0	0	0	0	2081
6000-6200	0	48	51	0	1479	389	113	0	0	0	0	0
6200-6400	0	0	0	0	1013	0	0	0	0	0	0	0
6400-6600	0	0	0	0	93	0	0	0	0	0	0	0
6600-6800	0	0	0	0	520	0	0	0	0	0	0	0
Total	99881	85738	82285	97639	95354	88100	90087	97887	99266	92237	60875	101579

La tabla 23 hace la comparación entre las lluvias medias calculadas de la manera indicada y las lluvias observadas en cada estación "de referencia" (en marrón) elegida para cada cuenca, o las lluvias medias del grupo de estaciones de referencia (en rojo y marrón) elegidas para cada cuenca. También hemos calculado la relación entre esas diferentes lluvias medias. Vamos a utilizar los valores de lluvia media obtenidos, para la estimación siguiente del balance hídrico interanual. En el caso de la subcuenca La Balsa, hemos fijado en 700 mm la lluvia media por el método hipsométrico y elegido todas las 15 estaciones como grupo de referencia.

Tabla 23: Elección de estaciones de referencia, grupo de estaciones de referencia (y sus relaciones correspondientes) para la estimación de la lluvia de cada una de las cuencas.

Estacion pluviometrica	Latitud	Longitud	Altitud	Lluvia Ano Hidro	Quitaraca	LosCedros	Colcas	Paron	Llanganuco	Chancos	Quilicay	Olleros	Querococha	Pachacoto	Recrета	Arteson	LaBalsa
Safuna	8:50:00	77:37:00	4400	1424													
Paron	8:59:57	77:41:05	4215	830													
Caraz	9:02:43	77:48:25	2286	182													
Llanganuco	9:04:43	77:39:05	3918	637													
Yungay	9:09:09	77:44:28	2557	324													
Chancos	9:19:10	77:34:30	2895	552													
Huaraz-Quilicay	9:29:34	77:30:49	3050	689													
Cahuish	9:41:05	77:15:17	4550	989													
Querococha	9:43:46	77:19:57	4087	935													
Ticapampa	9:45:09	77:26:32	3480	744													
Shacaypampa	9:45:13	77:23:46	3820	645													
Pachacoto	9:51:12	77:24:04	3786	583													
Collota	9:57:02	77:19:33	3910	478													
Yanacocha	10:02:27	77:12:27	4450	866													
Recrета	10:02:27	77:17:00	4020	480													
Punta Moron	10:05:00	77:12:21	4390	658													
Promedio grupo					679	493	493	597	597	717	717	839	839	698	539	597	639
Estacion referencia					830	830	830	830	637	552	889	835	835	583	480	830	639
Lluvia por hipsometria					998	857	823	978	854	881	901	979	893	822	609	1016	798
LIHippo/EstReferencia					1,203	1,033	0,991	1,176	1,498	1,595	1,308	1,046	1,061	1,583	1,269	1,223	1,095
LIHippo/PrGrupo					1,470	1,738	1,668	1,636	1,598	1,229	1,257	1,166	1,183	1,322	1,130	1,702	1,095

La Balsa
700

5 – BALANCE HIDROLÓGICO INTERANUAL PARA CADA UNA DE LAS CUENCAS ALTAS DEL RÍO SANTA

Para hacer esos cálculos aprovechamos los datos elaborados anteriormente, en particular los datos de superficies de cuencas y de superficies glaciares elaborados con los mapas de 1970 y 1991.

5-1 – Cálculos con porcentaje glaciar medido sobre mapa de 1970

La tabla 24 resume todos los datos necesarios para conducir el cálculo de balance interanual con los datos del año 1970, donde: L_{esc} es la lámina escurrida, P la lluvia media interanual, C_e el coeficiente de escurrimiento medio interanual (es a decir L_{esc} / P) y DH el déficit de escurrimiento (es a decir: $P - L_{esc}$). No es común en Hidrología de encontrarse con valores de C_e superiores a "1", o valores de DH negativos... Esos resultados raros provienen evidentemente de las contribuciones esenciales de los glaciares cuyo deshielo da más agua que los aportes de lluvia o nieve.

Tabla 24: Balance hidrológico con datos cartográficos de 1970

NOMBRE	% _{glb} 1970	L_{esc} (m)	P (m)	C_e	DH (m)
RECRETA	0,02	0,3050	0,609	0,501	0,304
PACHACOTO	0,12	0,6398	0,922	0,694	0,282
QUEROCOCHA	0,06	0,8222	0,993	0,828	0,171
QUITARACSA	0,09	0,8759	0,999	0,877	0,123
LA Balsa	0,12	0,5918	0,700	0,845	0,108
OLLEROS	0,16	0,8693	0,979	0,888	0,110
LOS CEDROS	0,22	0,9284	0,857	1,083	-0,071
COLCAS	0,22	0,7720	0,823	0,939	0,051
CHANCOS	0,33	1,0147	0,881	1,152	-0,134
QUILLCAY	0,37	0,9053	0,901	1,005	-0,004
LLANGANUCO	0,40	1,0824	0,954	1,135	-0,129
PARON	0,51	1,2132	0,976	1,243	-0,237
ARTESONCOCHA	0,79	1,8932	1,016	1,863	-0,877

Se han construidos dos series de gráficos con estos datos, primero los gráficos del 20 al 22 sin los datos de Artesoncocha, porque estos valores resultan de la situación del glaciar en los últimos años, y después los gráficos del 23 al 25 con los datos de Artesoncocha para tener una idea del funcionamiento de las cuencas con muchos glaciares.

5-1-1 - Sin los datos de Artesoncocha

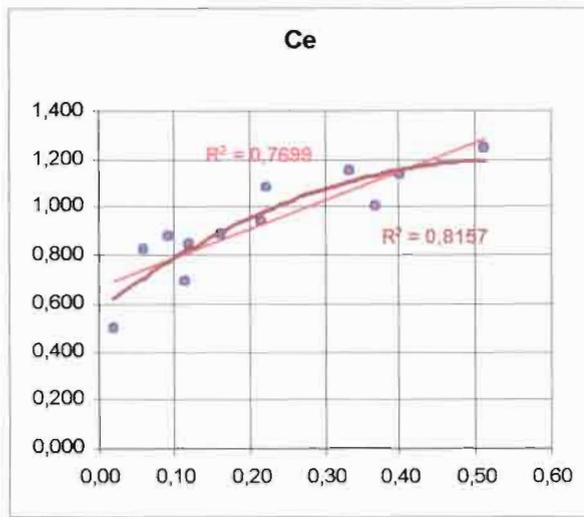


Gráfico 20: Coeficiente de escurrimiento

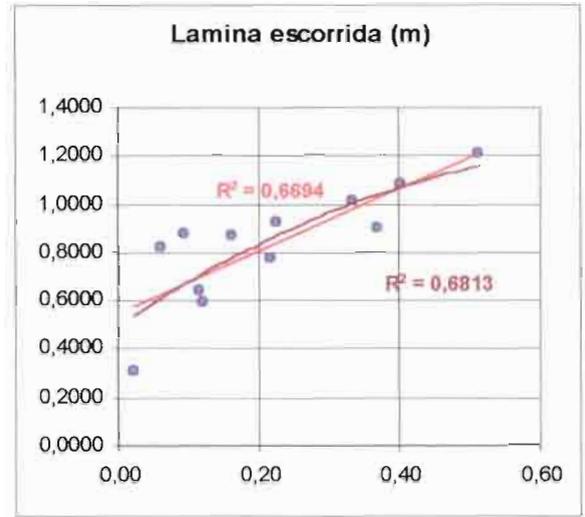


Gráfico 21: Lámina escurrida

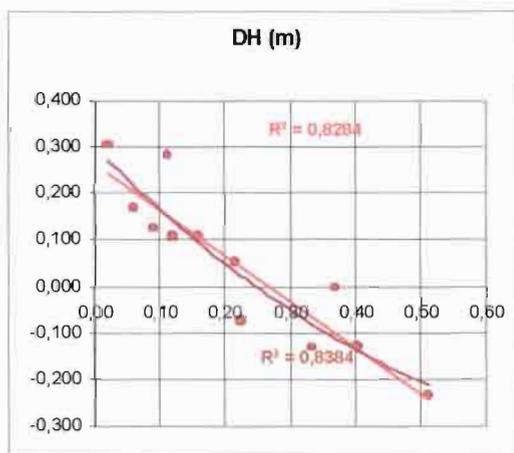


Gráfico 22: Déficit de escurrimiento

Los coeficientes de correlación son muy buenos, particularmente para el déficit de escurrimiento. Podemos anotar que hemos mejorado mucho las correlaciones que tenemos antes solo con las láminas escurridas, sin estimación de la lluvia media.

5-1-2 - Con los datos de Artesoncocha

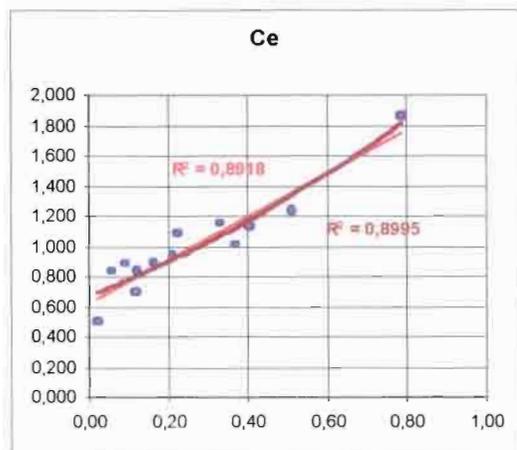


Gráfico 23: Coeficiente de escurrimiento

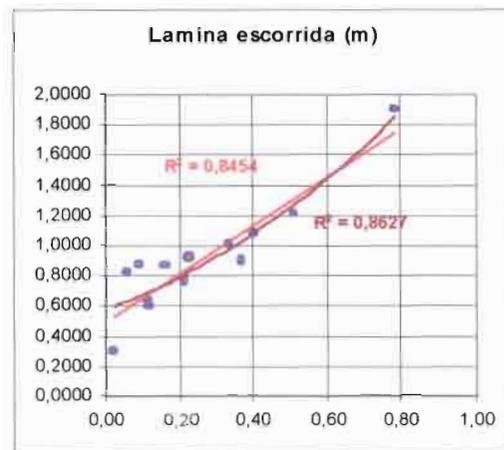


Gráfico 24: Lámina escurrida

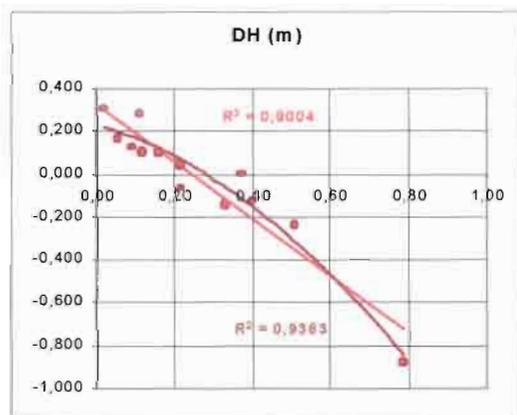


Gráfico 25: Déficit de escurrimiento

La inserción de los datos de Artesoncocha puede mejorar las correlaciones pero un poco artificialmente, particularmente en el caso del coeficiente de escurrimiento DH.

5-2 – Cálculos con porcentaje glaciar medido sobre mapa de 1991

La tabla 25 resume todos los datos necesarios para realizar el cálculo del balance interanual con los datos del año 1991. Hemos agregado también los datos de la pequeña cuenca glaciar de Yanamarey donde ya tenemos datos parciales para el año 2001-2002;

Tabla 25: Balance hidrológico con datos cartográficos del año 1991

NOMBRE	% _{gl} 1991	L _{esc} (m)	P (m)	C _e	DH (m)
RECRETA	0,02	0,3050	0,609	0,501	0,304
PACHACOTO	0,10	0,6398	0,922	0,694	0,282
QUEROCOCHA	0,03	0,8222	0,993	0,828	0,171
QUITARACSA	0,08	0,8759	0,999	0,877	0,123
LA BALSA	0,12	0,5918	0,700	0,845	0,108
OLLEROS	0,16	0,8693	0,979	0,888	0,110
LOS CEDROS	0,21	0,9284	0,857	1,083	-0,071
COLCAS	0,17	0,7720	0,823	0,939	0,051
CHANCOS	0,24	1,0147	0,881	1,152	-0,134
QUILLCAY	0,18	0,9053	0,901	1,005	-0,004
LLANGANUCO	0,39	1,0824	0,954	1,135	-0,129
PARON	0,48	1,2132	0,976	1,243	-0,237
ARTESONCOCHA	0,79	1,8932	1,016	1,863	-0,877
Yanamarey	0,73	2,082	1,20	1,735	-0,882

Dos series de gráficos están construidas con esos datos, primero los gráficos del 26 al 28, sin los datos de Artesoncocha, porque estos valores resultan de la situación del glaciar en los últimos años, y después los gráficos del 29 al 31 con los datos de Artesoncocha para tener una idea del funcionamiento de las cuencas con grandes glaciares.

5-2-1 - Sin los datos de Artesoncocha ni Yanamarey

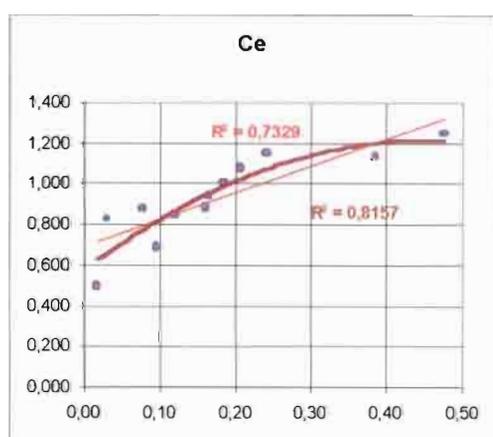


Gráfico 26: Coeficiente de escurrimiento

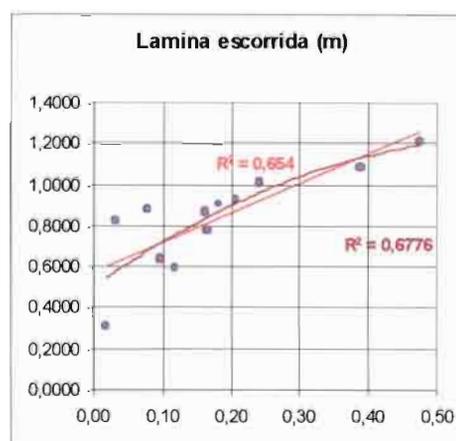


Gráfico 27: Lámina escurrida

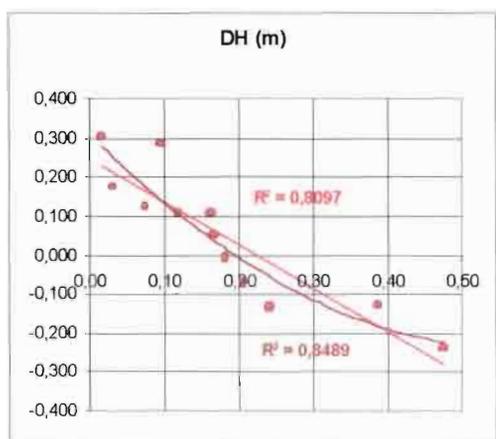


Gráfico 28: Déficit de escurrimiento

Los coeficientes de correlación obtenidos son muy buenos, particularmente para el déficit de escurrimiento.

5-2-2 - Con los datos de Artesoncocha y Yanamarey

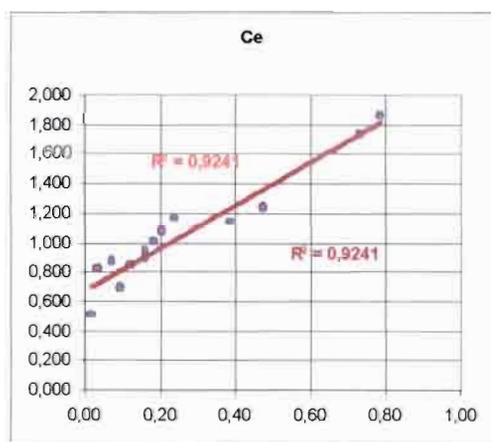


Gráfico 29: Coeficiente de escurrimiento

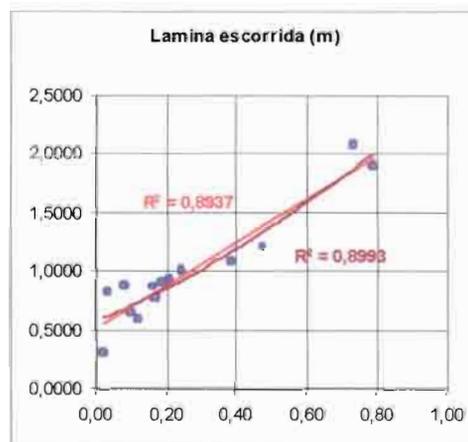


Gráfico 30: Lámina escurrida

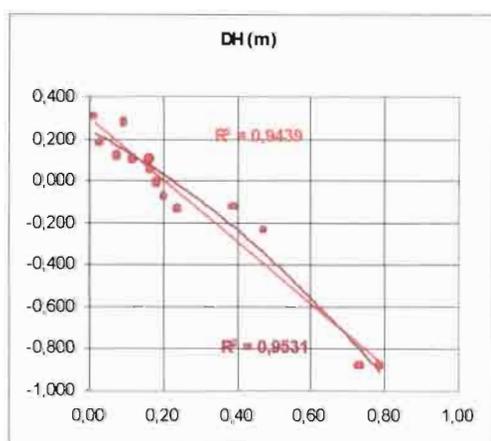


Gráfico 31: Déficit de escurrimiento

La inserción de los datos de Artesoncocha y Yanamarey mejora mucho las correlaciones, particularmente en el caso del coeficiente de escurrimiento. Sabemos que eso, siempre es algo un poco artificial, pero es una satisfacción grande ver que los datos de Yanamarey son coherentes con los de Artesoncocha y los de las otras cuencas de los afluentes del río Santa.

6 – BALANCE HIDRICO ANUAL PARA LAS SUB-CUENCA ALTAS DEL RÍO SANTA

Con los datos que tenemos y a nivel anual, como el caudal medio anual y la precipitación media anual de cada una de las cuencas, que han sido calculados en relación con “la estación” o el grupo de estaciones de referencia, es posible elaborar el balance hidrológico anual de estas cuencas.

La tabla 26 presenta los valores anuales, en mm, de los totales de precipitación para todas las estaciones de referencia.

Tabla 26: Precipitación total anual (mm) de las estaciones de referencia

Lluvia	Safuna	Patron	Caraz	Llanganuco	Yungay	Chancos	Huarez-Quillcay	Cahuish	Querococha	Ticapampa	Shacaypampa	Pachacoto	Collota	Yanacocha	Recreta	Punta Moron
53-54		999.6	261.5	527.3	357.4	355.4	713.8	1154.0	1117.0	711.1	642.7	881.0	728.4	880.5	502.9	795.4
54-55		1281.5	260.2	507.7	419.4	537.2	583.3	798.3	838.9	875.7	654.1	611.7	537.3	988.4	550.9	798.3
55-56		1107.4	210.3	583.4	251.1	428.9	373.5	847.7	815.1	714.5	542.0	618.0	471.6	1006.4	418.2	796.6
56-57		1185.0	122.2	478.3	264.6	562.1	377.9	800.1	487.0	821.9	533.8	650.4	418.7	563.7	461.7	458.2
57-58		733.1	230.6	725.1	400.2	654.3	510.6	749.2	834.2	689.5	667.9	633.4	462.0	713.9	533.0	591.3
58-59		535.3	127.5	750.4	263.6	555.2	484.6	910.8	717.8	693.4	640.4	562.1	545.0	946.0	448.9	782.8
59-60		889.8	297.0	546.1	517.1	676.0	609.7	954.1	1039.1	959.6	786.3	610.8	497.2	1098.4	491.3	691.2
60-61		821.8	172.0	731.1	318.4	407.1	525.4	1036.6	843.4	726.5	712.6	704.2	627.3	897.1	517.8	695.1
61-62		916.4	124.0	930.5	255.1	537.9	654.7	1021.9	981.5	730.9	862.1	714.0	638.9	1131.2	787.5	862.6
62-63		779.8	229.7	719.6	376.7	567.1	642.2	997.5	966.3	829.7	816.9	600.3	463.8	1031.1	482.0	829.2
63-64		938.8	167.0	711.0	307.0	568.6	633.2	1061.7	846.8	858.8	703.5	622.9	453.4	1004.6	547.2	769.1
64-65		689.4	106.8	395.0	200.2	322.6	249.7	780.0	767.4	624.0	314.0	384.6	268.1	695.0	372.6	546.3
65-66		705.0	93.8	898.2	162.5	411.7	428.9	936.0	878.9	737.6	551.7	492.4	314.4	680.1	364.7	412.5
66-67		932.6	199.8	763.9	374.9	516.6	659.6	997.3	1089.4	887.3	757.9	634.8	595.9	1113.6	492.7	825.1
67-68		625.5	79.5	410.0	164.8	280.6	391.0	781.0	642.8	678.6	429.7	365.6	426.8	633.1	328.6	456.3
68-69		643.9	83.9	440.1	186.5	391.8	332.8	777.9	753.6	566.5	519.8	366.2	319.9	656.6	332.9	409.8
69-70		800.7	199.8	729.0	353.4	536.9	902.2	1264.5	1127.4	923.0	635.3	646.1	506.1	1042.0	561.9	775.3
70-71		985.8	262.2	520.9	434.3	565.0	963.6	1020.9	1294.2	948.8	751.9	595.0	496.9	913.7	590.9	632.9
71-72		1040.8	248.0	733.6	415.9	672.0	1090.1	1048.3	1223.6	958.4	825.1	691.5	664.6	997.0	770.1	791.6
72-73		823.6	202.8	709.4	367.3	502.5	831.9	1029.0	980.2	810.7	626.9	541.6	638.2	961.2	576.2	748.5
73-74		1188.8	167.8	909.1	311.9	561.0	997.4	1035.6	1363.8	1015.2	916.0	969.3	721.2	1117.5	612.1	774.3
74-75		872.3	333.6	846.3	526.8	670.4	859.4	1132.9	1094.9	592.1	473.1	559.5	394.4	791.8	394.7	715.1
75-76		865.2	85.7	664.8	170.1	533.1	682.6	1002.6	1061.2	690.2	638.3	543.1	407.6	893.6	313.3	645.3
76-77		676.8	139.7	497.0	315.6	449.2	586.9	1136.9	813.8	712.5	640.7	539.6	366.0	923.9	311.1	625.1
77-78		721.2	78.8	476.8	188.3	433.7	648.4	987.9	997.3	567.7	474.5	405.9	247.7	667.2	310.7	494.6
78-79		632.3	174.7	619.4	471.7	523.7	686.5	904.6	999.2	645.4	545.1	627.8	329.3	788.0	367.2	500.1
79-80		396.2	43.6	237.5	119.2	310.0	399.2	820.4	798.5	466.0	420.4	258.9	448.9	811.0	170.8	340.5
80-81		775.4	196.9	738.6	390.7	721.1	925.5	1016.3	1197.6	853.7	748.9	694.3	498.6	1159.8	605.0	965.4
81-82		868.2	138.2	695.4	262.2	435.7	689.1	1131.0	1104.8	599.1	578.2	581.4	519.5	829.9	469.7	612.9
82-83		786.8	202.9	641.3	513.5	906.4	932.4	958.6	1248.4	841.9	622.6	684.1	433.5	1074.2	599.4	615.6
83-84		1028.0	347.6	774.1	510.6	701.3	1045.4	1226.2	1266.5	1055.9	841.7	871.8	808.0	887.5	711.0	765.6
84-85		667.9	89.3	483.3	257.1	398.2	689.1	981.2	916.8	724.8	565.6	574.9	494.3	858.3	232.3	654.9
85-86		678.3	160.3	536.5	302.2	565.9	606.8	1002.4	969.9	911.0	513.8	591.3	519.3	823.9	469.4	539.2
86-87		786.2	150.1	541.4	337.0	687.5	847.1	1088.7	882.5	681.6	605.0	434.3	358.9	879.3	367.7	560.3
87-88		820.4	146.0	615.7	245.2	566.4	780.6	1188.0	1056.4	695.4	718.9	793.0	523.6	987.6	500.2	732.8
88-89		834.1	248.9	917.8	417.0	875.7	770.4	1000.5	1104.0	946.7	797.8	674.5	587.4	927.5	451.6	756.6
89-90		662.6	92.5	602.8	214.3	598.5	521.3	882.2	803.6	567.7	449.6	409.6	274.0	663.0	313.6	471.7
90-91		929.8	212.2	864.5	310.6	643.6	778.9	1341.8	702.7	603.4	779.7	539.6	462.2	866.3	348.3	765.8
91-92		707.4	68.9	507.4	221.6	411.4	502.6	661.1	595.2	651.5	467.6	380.8	382.4	706.2	427.7	476.9
92-93		514.6	198.3	702.0	299.6	726.0	653.5	1243.3	1059.1	544.0	921.5	666.3	622.3	906.3	459.0	847.2
93-94		1125.4	309.8	921.2	484.9	1104.0	829.2	1837.4	1600.0		1204.3	788.8	618.2	1250.3	765.8	1036.3
94-95		808.6	131.3	614.4	264.6	362.4	822.8	924.9	848.3		534.3	461.5	449.3	895.8	437.7	478.2
95-96		778.7	287.4	823.2	466.9	709.8	862.2	1090.8	1035.3		770.7	854.2	497.4	1069.1	749.3	881.2
96-97		691.8	255.5	613.5	425.6	132.5	563.4	777.0	865.4		419.1	170.6	145.6	206.6	220.8	215.2
97-98		892.9	323.1	614.3	513.3	585.6	951.0	912.3	722.9		580.4	655.3	424.9	633.6	727.2	568.5
98-99		962.8	102.8	638.0	227.6		828.7	708.4	490.1		337.9	497.3	451.8	536.7	765.0	462.0
99-00		1012.2														
00-01		884.1														
01-02		846.6														
Año Hidr.	1397.0	830.3	182.0	636.6	323.8	552.4	688.8	989.2	935.5	744.1	644.7	562.6	477.5	865.7	479.8	658.1

La tabla 27 muestra los valores de las láminas escurridas anuales, en mm, para todas las cuencas que hemos considerado antes.

Tabla 27: Láminas escurridas medias anuales, L_{esc} , (mm) de las cuencas del río Santa

Lamina escurrida (mm)	RECRETA	PACHACOTO	QUEROCOCHA	QUITARACSA	LA BALSA	OLLEROS	LOS CEDROS	COLCAS	CHANCOS	QUILLCAY	LLANGANUCO	PARON	ARTESONCOCHA
53-54	315	626	724	980	585		992	721	856	883	1184	1086	
54-55	370	687	861	993	700		857	707	794	816	932	839	
55-56	351	600	661	941	598		668	744	742	794	807	828	
56-57	261	488	594	773	522		777	712	736	755	1147	1064	
57-58	270	679	645	896	579		1131	797	863	886	1248	1266	
58-59	322	666	714	873	506		941	868	996	1043	1133	1258	
59-60	388	751	839	876	767		828	666	1065	1116	1093	1043	
60-61	359	723	782	983	564		1070	836	1005	1069	932	1108	
61-62	525	905	941	1065	679		1193	769	982	1027	920	886	
62-63	436	807	804	904	606		976	724	932	971	942	898	
63-64	388	756	916	928	630		1028	759	1004	1056	988	1045	
64-65	251	516	731	773	469		846	622	726	720	803	760	
65-66	199	608	843	945	514		982	796	865	889	1138	1017	
66-67	439	693	942	1017	746		1174	818	982	1031	998	918	
67-68	160	486	643	694	407		808	612	722	713	857	841	
68-69	161	483	623	835	473		957	689	901	932	1059	1129	
69-70	419	778	990	907	638		1064	757	1043	1091	1187	1037	
70-71	467	743	964	876	882	1118	981	848	966	1131	1036	1086	
71-72	436	686	858	851	671	945	1116	840	842	942	1058	1030	
72-73	389	745	799	1011	620	845	1114	914	847	849	1223	1228	
73-74	496	889	1163	1156	788	1079	1026	920	867	1033	994	1017	
74-75	246	564	822	969	582	864	936	776	877	893	958	936	
75-76	305	591	863	744	476	947	734	626	771	820	902	946	
76-77	206	555	638	780	491	788	865	865	1114	873	1171	1208	
77-78	156	536	845	612	457	775	946	773	1568	816	1133	1215	
78-79	205	651	982	778	567	977	937	944	1131	963	1170	1418	
79-80	97	529	600	619	372	766	901	905	1036	774	1239	1466	
80-81	440	752	966	844	488	808	973	1042	1138	1019	1263	1555	
81-82	289	625	1050	836	403	796	928	882	1138	939	1160	1333	
82-83	271	625	1140	1062	672	1287	922	991	1471	1060	1434	1513	
83-84	455	747	1116	990	720	1062	939	796	1159	949	1309	1429	
84-85	249	595	802	696	471	763	696	498	885	645	957	1781	
85-86	264	610	756	767	572	714	796	699	909	745	1108	1524	
86-87	255	601	717	822	536	636	905	943	1056	944	1271	1603	
87-88	259	785	804	884	563	795	1006	705	1121	954	1297	1560	
88-89	342	661	762	875	599	956	1056	434	914	937	998	1408	
89-90	100	370	473	650	375	535	742	666	758	854	1034	1396	
90-91	200	498	649	836	497	612	985	716	986	887	1129	1592	
91-92	76	346	490	758	338	704	772	664	594	889	1005	1680	
92-93	269	573	801	962	519	1015	986	855	786	1044	1077	1647	
93-94	502	795	1293	1122	809	896	1200	734	1087	943	1103	1035	
94-95	204	529	718	767	473	787	857	629	968	913	1087		
95-96	126	724	946	1074	613	820	1054	500	1003	901	1141		
96-97		569	528	613	379	777	724	468	917	599	910		1944
97-98			1488	1075	1258	1058	810	1520	2977	790			
98-99				944	718		958		1652				
99-00					885		779						
00-01					630		699						1645
01-02													2164
Año Hidr.	300	640	829	877	592	862	932	772	1016	909	1080	1210	1915

De la misma manera que para la precipitación media total anual, hemos calculado la precipitación media para cada año y cada cuenca, en relación a sus estaciones pluviométricas de referencia. Los resultados están en la tabla 28.

Tabla 28: Lluvias medias anuales, P, de las cuencas del río Santa. Elaboradas por el método de los grupos de estaciones de referencia.

Lluvia media anual Metodo: Hipsometría / Promedio Est. Ref.	RECRETA	PACHACOTO	QUEROCOCHA	QUITARACSA	LA BALSA	OLLEROS	LOS CEDROS	COLCAS	CHANCOS	QUILLCAY	LLANGANUCO	PARON	ARTESONCOCHA
53-54	763.7	1147.6	1092.7	1046.9	789.5	1077.5	928.3	890.9	845.2	864.3	1003.4	1027.4	1068.9
54-55	710.9	993.4	915.4	1142.7	746.8	902.7	1068.7	1025.6	745.6	762.5	1176.1	1204.3	1252.9
55-56	635.5	945.0	754.1	1081.4	661.4	743.7	978.9	939.4	717.1	733.2	1087.3	1113.4	1158.3
56-57	504.5	818.8	617.0	1021.5	576.3	608.4	891.0	855.1	620.2	634.2	1026.6	1051.2	1093.6
57-58	605.6	844.0	822.9	1033.1	660.4	811.5	907.9	871.4	811.0	829.3	989.6	1013.3	1054.2
58-59	668.7	946.8	832.7	910.9	654.8	821.2	728.8	699.4	833.1	851.9	825.0	844.8	878.9
59-60	708.3	1099.7	1026.6	1104.5	792.1	1012.4	1012.7	971.9	889.9	910.0	1082.6	1108.5	1153.3
60-61	693.4	1015.3	925.9	1019.5	709.9	913.1	888.1	852.3	829.8	848.5	996.5	1020.4	1061.5
61-62	907.8	1193.1	1002.0	1073.7	822.5	988.0	967.5	928.5	966.4	988.2	1119.3	1146.2	1192.4
62-63	668.9	1078.9	1021.7	1038.0	755.5	1007.5	915.2	878.3	899.2	919.5	999.0	1022.9	1064.2
63-64	666.9	1027.2	1005.4	1040.4	743.2	991.4	918.7	881.7	914.0	934.7	1042.0	1067.0	1110.0
64-65	447.3	614.1	715.8	826.3	490.1	705.8	604.7	580.4	536.9	549.0	684.1	700.4	728.7
65-66	411.3	759.8	881.1	965.0	588.8	868.9	808.1	775.6	821.3	839.9	940.2	962.8	1001.6
66-67	717.3	1104.5	1074.3	1087.1	797.8	1059.3	987.1	947.4	933.4	954.4	1103.0	1129.5	1175.0
67-68	456.6	629.5	678.0	793.3	474.0	668.6	556.3	533.9	572.4	585.3	639.2	654.5	680.9
68-69	400.4	679.8	718.7	815.4	495.0	708.7	588.7	564.9	596.9	610.4	676.6	692.8	720.7
69-70	732.3	1023.9	1246.8	1031.3	810.4	1229.5	905.3	868.8	1054.8	1078.6	1002.8	1026.8	1068.2
70-71	648.4	996.2	1249.8	1066.9	800.4	1232.5	957.5	919.0	940.4	961.6	1033.6	1058.3	1101.0
71-72	838.9	1107.7	1247.8	1136.6	881.0	1230.4	1059.7	1017.0	1089.0	1113.6	1166.3	1194.3	1242.5
72-73	739.7	938.5	1070.8	1034.3	752.5	1055.9	909.7	873.1	944.2	965.5	1006.6	1030.7	1072.3
73-74	794.2	1323.3	1301.4	1177.9	923.3	1283.4	1120.3	1075.2	1076.5	1100.8	1283.2	1314.0	1367.0
74-75	566.8	804.0	1087.8	1178.3	748.6	1072.7	1120.9	1075.8	1078.3	1102.6	1195.7	1224.3	1273.8
75-76	514.8	914.4	986.5	943.2	663.9	972.8	776.2	744.9	886.0	905.9	905.3	927.0	964.4
76-77	490.7	927.3	960.6	896.8	637.4	947.2	708.0	679.5	820.2	838.6	793.1	812.1	844.9
77-78	396.8	682.0	946.5	848.2	562.0	933.3	636.8	611.1	782.6	800.3	738.2	755.9	786.4
78-79	447.1	864.1	956.6	976.5	642.6	943.3	825.0	791.7	840.2	859.2	917.7	939.7	977.6
79-80	361.8	656.8	734.4	650.0	440.9	724.2	346.2	332.2	543.0	555.3	400.9	410.5	427.1
80-81	741.9	1147.1	1180.6	1039.2	831.7	1164.1	916.9	880.0	1045.3	1068.8	1018.5	1042.9	1085.0
81-82	603.7	876.8	1041.9	993.4	693.8	1027.4	849.7	815.5	906.9	927.3	966.9	990.1	1030.1
82-83	621.2	1049.2	1177.1	1049.5	813.2	1160.7	932.1	894.5	1081.3	1105.7	1033.9	1058.7	1101.4
83-84	860.8	1146.2	1358.2	1202.4	937.2	1339.3	1156.2	1109.7	1151.4	1177.4	1231.5	1261.0	1311.9
84-85	520.6	880.9	979.2	857.8	626.8	965.6	650.9	624.7	784.1	801.8	749.9	767.9	798.9
85-86	575.7	850.1	1025.9	911.1	669.3	1011.7	729.0	699.6	857.8	877.2	807.8	827.2	860.5
86-87	484.9	845.5	1034.8	951.8	672.0	1020.4	788.7	756.9	972.5	994.4	886.4	907.6	944.3
87-88	661.9	1101.5	1094.0	955.5	755.4	1078.8	794.2	762.2	962.0	983.7	895.3	916.7	953.7
88-89	676.6	1057.6	1129.8	1130.5	825.5	1114.1	1050.9	1008.5	1095.3	1120.0	1155.0	1182.7	1230.4
89-90	399.1	679.6	814.5	880.0	549.4	803.2	683.4	655.8	794.3	812.2	788.0	806.9	839.4
90-91	590.2	963.2	1013.1	1100.7	740.0	999.0	1007.1	966.5	1115.1	1140.3	1120.9	1147.7	1194.0
91-92	485.0	685.1	742.2	860.1	530.5	731.9	654.2	627.9	640.0	654.4	764.9	783.2	814.8
92-93	726.7	1099.1	1034.7	922.1	756.3	1020.4	745.1	715.1	1021.7	1044.7	807.4	826.7	860.1
93-94	912.0	1429.3	1681.9	1256.0	1085.0	1658.5	1234.9	1185.2	1441.7	1474.3	1348.0	1380.3	1436.0
94-95	513.7	833.6	1023.3	953.1	628.1	1009.1	790.6	758.7	837.2	856.1	898.7	920.2	957.3
95-96	801.8	1187.2	1178.0	1112.3	850.5	1161.6	1024.1	982.8	1071.2	1095.4	1101.7	1128.0	1173.6
96-97	219.1	350.9	790.7	1002.7	430.3	779.7	863.3	828.6	641.1	655.6	921.7	943.8	705.9
97-98	648.4	823.8	1019.5	1108.5	712.0	1005.3	1018.6	977.6	941.3	962.5	1075.9	1101.7	823.9
98-99	632.5	604.6	799.1	986.3	590.2	788.0	839.3	805.5	891.2	911.3	973.6	997.0	745.6
99-00				1784.9	1108.1		1759.7	1688.8			1617.0	1655.8	1238.3
00-01				1690.0	967.9		1537.0	1475.1			1412.4	1446.2	1081.6
01-02				1662.2	926.8		1471.8	1412.5			1352.5	1384.9	1035.7
Año Hidr.	612.5	929.3	999.8	1048.0	720.8	985.9	910.5	873.8	887.8	907.8	995.1	1019.0	1015.2

Después, se puede calcular los mismos parámetros que a la escala interanual, es decir los C_e , coeficientes de escurrimiento medios anuales y los DH, déficit medios anuales de escurrimiento. Esos últimos parámetros están en la tabla 29.

Tabla 29: Déficit medios anuales de escurrimiento, DH, para las cuencas del río Santa

Déficit (mm)	RECRETA	PACHACOTO	QUEROCOCHA	QUITARACSA	LA BALSA	OLLEROS	LOS CEDROS	COLCAS	CHANCOS	QUILLCAY	LLANGANUCO	LLANGANUCO <1983	LLANGANUCO >1983	PARON	PARON<1983	PARON>1983	ARTESONCOCHA
53-54	449	522	389	67	204		-83	170	-11	-19	-180	-180		-58	-58		
54-55	341	306	65	160	47		212	318	-49	-53	244	244		365	365		
55-56	285	345	93	141	63		311	195	-25	-60	281	281		285	285		
56-57	244	331	23	248	54		114	143	-116	-121	-120	-120		-12	-12		
57-58	335	165	178	138	82		-223	74	-52	-57	-259	-259		-252	-252		
58-59	347	281	119	38	149		-212	-169	-163	-191	-308	-308		-413	-413		
59-60	320	349	187	228	25		84	316	-175	-208	-10	-10		65	65		
60-61	335	292	144	36	146		-182	17	-175	-220	64	64		-88	-88		
61-62	383	288	61	9	143		-226	169	-16	-39	199	199		260	260		
62-63	234	272	218	134	149		-61	155	-33	-51	57	57		125	125		
63-64	279	272	89	113	113		-110	123	-90	-120	54	54		22	22		
64-65	197	98	-15	54	21		-242	-42	-188	-171	-119	-119		-50	-50		
65-66	213	152	38	20	75		-174	-19	-43	-49	-198	-198		-54	-54		
66-67	278	411	132	71	52		-187	129	-49	-78	105	105		211	211		
67-68	297	144	35	99	67		-252	-78	-150	-128	-218	-218		-187	-187		
68-69	239	197	96	-20	22		-368	-124	-304	-322	-383	-383		-437	-437		
69-70	314	245	256	125	172		-159	112	11	-13	-184	-184		-10	-10		
70-71	181	253	285	190	-81	116	-24	71	-26	-189	-2	-2		-28	-28		
71-72	403	421	389	286	210	285	-57	177	247	172	108	108		165	165		
72-73	351	193	272	24	133	210	-204	-41	97	117	-216	-216		-197	-197		
73-74	299	435	139	22	135	204	94	155	210	68	290	290		297	297		
74-75	320	240	266	209	167	208	185	301	201	210	238	238		289	289		
75-76	210	324	123	199	187	25	42	119	115	86	3	3		-19	-19		
76-77	285	372	322	137	146	160	-167	-185	-293	-34	-378	-378		-396	-396		
77-78	241	146	101	236	105	158	-310	-162	-785	-16	-395	-395		-459	-459		
78-79	243	213	-25	198	86	-34	-112	-153	-291	-104	-252	-252		-478	-478		
79-80	264	128	135	31	69	-42	-555	-573	-493	-219	-838	-838		-1055	-1055		
80-81	302	395	214	195	344	356	-56	-162	-93	50	-244	-244		-512	-512		
81-82	315	252	-8	158	291	231	-78	-66	-231	-12	-193	-193		-343	-343		
82-83	350	424	37	-13	141	-127	10	-96	-390	45	-400	-400		-455	-455		
83-84	406	399	242	212	217	277	217	314	-8	228	-78		-78	-168		-168	
84-85	272	286	177	162	156	202	-45	127	-100	157	-207		-207	-1014		-1014	
85-86	311	240	270	144	97	298	-67	0	-51	133	-300		-300	-697		-697	
86-87	230	245	318	130	137	385	-116	-186	-84	50	-385		-385	-696		-696	
87-88	403	316	280	72	193	284	-212	57	-159	30	-402		-402	-643		-643	
88-89	335	397	368	256	227	158	-5	574	181	183	157		157	-225		-225	
89-90	299	310	341	230	174	268	-58	-10	37	-42	-246		-246	-589		-589	
90-91	390	465	364	265	243	387	22	250	129	253	-8		-8	-444		-444	
91-92	409	340	252	102	192	28	-117	-37	46	-234	-240		-240	-896		-896	
92-93	458	526	234	-40	237	5	-241	-140	236	1	-269		-269	-821		-821	
93-94	410	635	389	134	276	764	35	451	355	531	245		245				
94-95	310	305	305	186	155	222	-66	130	-131	-67	-189		-189				
95-96	676	464	232	38	237	342	-30	483	68	194	-39		-39				
96-97		-218	263	390	51	3	140	360	-276	57	12		12				-1238
97-98			-468	33	-546	-52	209	-543	-2036	172							
98-99				43	-128		-119		-760								
99-00					223		981										
00-01					338		838										
01-02																	-563
Año Hidr.	320	299	176	128	125	190	-33	60	-128	-1	-118	-109	-139	-240	-114	-619	-973

Hemos partido los datos para las cuencas de Llanganuco y Parón por razones que veremos más adelante. Estos datos nos permiten construir el gráfico 32 con los déficit de escurrimiento medio anual de cada una de las cuencas del río Santa.

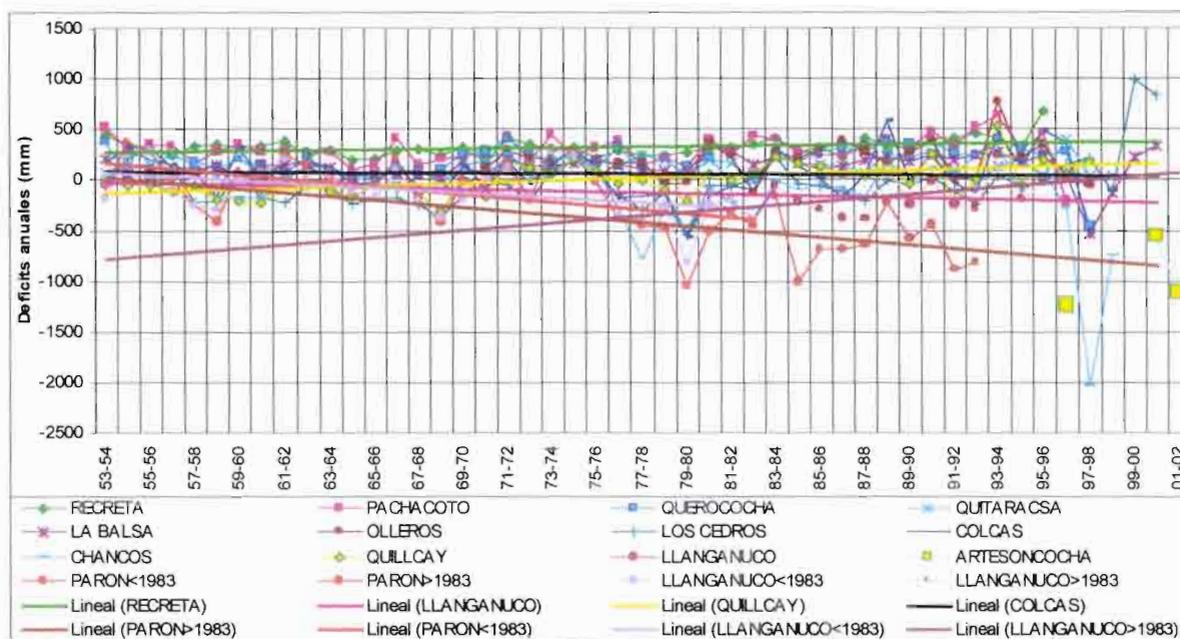


Gráfico 32: Déficit medios anuales de escurrimiento, DH, para las cuencas del río Santa, y tendencias interanuales para algunas estaciones

Este gráfico no es fácil leerlo, pero podemos observar al igual que en el gráfico anterior de las láminas escurridas, que las cuencas con una importante participación glaciar tienen un comportamiento muy particular, con valores de déficit negativos, casi de 500 mm para Llanganuco y mayor a 500mm para Parón. En el caso de Parón, se puede ver que el déficit después de 1983 son mayores que en los años anteriores, lo que se explica por el cambio de la cuenca y de la gestión de la laguna Parón.

En la tabla 33, hemos calculado los valores acumulados anuales, del déficit de escurrimiento, lo que permite construir el gráfico 33 que es más fácil para leerlo.

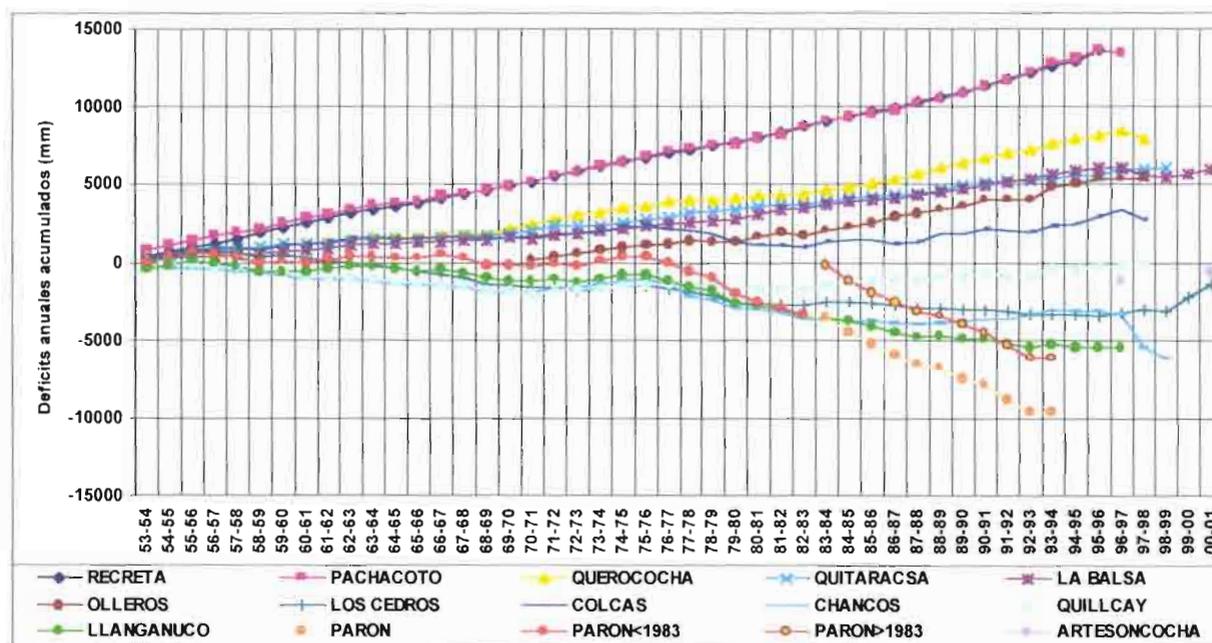


Gráfico 33: Déficit “acumulados” medios anuales de escurrimiento, DH, para las cuencas del río Santa

Lo más interesante de este gráfico es que para todas las cuencas con glaciares grandes, como lo son Parón y Llanganuco; y también Chancos y Los Cedros inclusive Quillcay y Colcas, se puede apreciar una marcada aceleración del déficit de escurrimiento, a partir de la mitad de los años 70.

Tabla 30: Déficit “acumulados” medios anuales de escurrimiento, \square DH, para las cuencas del río Santa

Déficits acumulados (mm)	RECRETA	PACHACOTO	QUEROCOCHA	QUITARACSA	LA BALSA	OLLEROS	LOS CEDROS	COLCAS	CHANCOS	QUILLCAY	LLANGANUCO	PARON	PARON<1972	PARON>1972	ARTESONCOCHA
53-54	317	744	412	230	204		133	260	-299	22	-423	-21	-21		
54-55	658	1050	467	380	251		348	578	-347	-32	-179	345	345		
55-56	943	1395	559	521	314		657	773	-372	-92	102	630	630		
56-57	1187	1726	582	770	368		770	917	-488	-213	-19	617	617		
57-58	1522	1892	760	908	450		547	991	-540	-270	-277	366	366		
58-59	1869	2172	879	946	599		335	822	-702	-461	-586	-48	-48		
59-60	2180	2521	1067	1174	624		420	1138	-877	-667	-596	18	18		
60-61	2523	2813	1211	1211	770		237	1154	-1053	-887	-532	-70	-70		
61-62	2906	3101	1272	1219	913		12	1314	-1069	-926	-332	190	190		
62-63	3141	3372	1489	1353	1062		-49	1468	-1102	-977	-276	315	315		
63-64	3420	3644	1579	1465	1175		-159	1591	-1192	-1097	-222	337	337		
64-65	3616	3742	1564	1519	1196		-400	1549	-1380	-1268	-341	287	287		
65-66	3829	3894	1602	1539	1271		-574	1530	-1423	-1316	-539	232	232		
66-67	4107	4305	1734	1610	1323		-761	1659	-1472	-1392	-434	444	444		
67-68	4404	4449	1769	1709	1391		-1013	1581	-1622	-1521	-651	257	257		
68-69	4643	4848	1865	1689	1413		-1381	1457	-1925	-1843	-1034	-180	-180		
69-70	4956	4892	2121	1814	1585		-1540	1569	-1914	-1855	-1218	-190	-190		
70-71	5138	5145	2406	2006	1504	116	-1564	1639	-1940	-2025	-1220	-218	-218		
71-72	5541	5566	2796	2290	1714	401	-1620	1816	-1693	-1853	-1112	-53	-53		
72-73	5892	5759	3068	2314	1847	611	-1825	1776	-1695	-1736	-1328	-250	-250		
73-74	6190	6194	3206	2336	1982	816	-1731	1931	-1386	-1668	-1038	47	47		
74-75	6511	6434	3472	2545	2149	1024	-1546	2232	-1184	-1468	-801	336	336		
75-76	6720	6758	3595	2744	2336	1049	-1504	2350	-1069	-1372	-798	317	317		
76-77	7005	7130	3918	2881	2483	1209	-1662	2165	-1363	-1407	-1175	-79	-79		
77-78	7246	7276	4019	3117	2587	1367	-1971	2003	-2148	-1422	-1570	-538	-538		
78-79	7489	7489	3993	3315	2673	1333	-2083	1850	-2439	-1526	-1823	-1016	-1016		
79-80	7753	7617	4128	3346	2742	1291	-2639	1277	-2932	-1745	-2660	-2072	-2072		
80-81	8056	8012	4342	3542	3086	1647	-2694	1115	-3025	-1895	-2905	-2584	-2584		
81-82	8370	8263	4334	3700	3377	1878	-2772	1049	-3256	-1707	-3098	-2927	-2927		
82-83	8721	8687	4372	3687	3518	1752	-2762	953	-3645	-1661	-3496	-3381	-3381		
83-84	9127	9087	4614	3899	3735	2029	-2545	1267	-3653	-1433	-3576	-3550	-3550		-168
84-85	9398	9372	4791	4061	3891	2231	-2590	1394	-3753	-1276	-3783	-4563	-4563		-1182
85-86	9710	9613	5061	4205	3988	2529	-2657	1394	-3804	-1143	-4083	-5260	-5260		-1879
86-87	9939	9858	5379	4335	4125	2914	-2773	1208	-3888	-1093	-4468	-5956	-5956		-2574
87-88	10343	10174	5689	4407	4318	3198	-2985	1264	-4047	-1063	-4870	-6599	-6599		-3218
88-89	10677	10571	6037	4662	4544	3356	-2990	1839	-3866	-880	-4713	-6824	-6824		-3443
89-90	10976	10881	6378	4893	4718	3624	-3048	1829	-3829	-922	-4959	-7413	-7413		-4032
90-91	11366	11346	6742	5158	4961	4011	-3026	2079	-3700	-669	-4967	-7857	-7857		-4476
91-92	11774	11686	6995	5260	5154	4039	-3143	2042	-3654	-903	-5208	-8754	-8754		-5372
92-93	12232	12212	7229	5220	5391	4044	-3385	1903	-3418	-902	-5477	-9574	-9574		-6193
93-94	12642	12846	7618	5354	5667	4808	-3349	2354	-3083	-371	-5232	-9574	-9574		-6193
94-95	12952	13151	7923	5540	5822	5031	-3416	2484	-3194	-428	-5421				
95-96	13628	13615	8155	5576	6059	5372	-3446	2966	-3125	-234	-5460				
96-97		13397	8418	5968	6110	5375	-3307	3327	-3401	-177	-5448				-1238
97-98			7950	6002	5565	5322	-3098	2784	-5436	-5					
98-99				6044	5436		-3216		-6197						
99-00					5660		-2235								
00-01					5997		-1397								-563
01-02															-1682

Eso es la prueba que el tremendo retroceso de los glaciares de la Cordillera Blanca que se ve acelerado en el inicio de los años 80 contribuye mas que todo al aumento de los caudales de los ríos de sus cuencas altas. Está coincidencia no es el fruto de la casualidad, lo que afirma es el funcionamiento de esas cuencas glaciares.

7 – VARIABILIDAD INTERANUAL DE LOS CAUDALES MEDIOS MENSUALES Y ANUALES, DE LAS CUENCAS GLACIARES DEL RÍO SANTA

Ya sabemos que las cuencas tributarias del río Santa tienen orígenes variados que van, según su tamaño y ubicación, desde un origen glaciar puro (pequeñas cuencas glaciares de la alta cordillera Blanca) hasta un origen pluvial puro (pequeñas cuencas de la cordillera Negra, del extremo Norte o a contrario del extremo Sur, río arriba, de la cuenca del río Santa), con todas las combinaciones posibles: nieve y glaciar, nieve y lluvia, nieve, lluvia y glaciar. Hemos visto también, en un estudio anterior, que la cuenca del río Santa es precisamente la zona donde se da una inversión de la correlación entre las precipitaciones y la ocurrencia de los eventos El Niño (y también La Niña). Al Norte de la cuenca, los eventos El Niño están generalmente asociados con precipitaciones excedentes; sin embargo al Sur es todo lo contrario y esos eventos El Niño están generalmente asociados con precipitaciones más o menos deficientes.

Aun más, sabemos que en toda la cuenca en niveles por encima de la cordillera Blanca y también en los valles del Callejón de Huaylas, un evento El Niño está asociado sistemáticamente con el aumento de la temperatura del aire, el cual es más o menos fuerte según la magnitud del evento. Por el contrario, un evento La Niña está más asociado con temperaturas inferiores a las normales.

Por lo tanto, se puede esperar que las diferentes cuencas, según la naturaleza de su régimen hidrológico, incluso de su ubicación, presenten relaciones inversas con la ocurrencia de estos eventos El Niño. Esto podemos observarlo en el gráfico 12 de las láminas escurridas (mm) medias anuales para las cuencas del río Santa. Las pequeñas cuencas glaciares tienen láminas de escurrimiento bastante fuertes durante los principales eventos El Niño (1982-83, 1993-94 et 1997-98), mientras que las cuencas sin glaciares (nieve y lluvia o sólo lluvia) tienen reacciones inversas, dependiendo de su ubicación sea esta al Norte o al Sur de la cuenca del río Santa, y varían de un evento a otro. Se puede observar por ejemplo que las láminas escurridas en 1997-98 (para las estaciones que poseen datos) son excepcionalmente fuertes, incluso para cuencas compuestas como en las estaciones de La Balsa o Condorcerro.

Esto prueba que en este año las lluvias fueron excepcionalmente fuertes en todos lugares de la cuenca del río Santa. En 1998-99, el evento La Niña que sucede al El Niño 1997-98 presenta precipitaciones excepcionales, lo que es un caso normal en el Norte del Perú.

No vamos a buscar entonces precisar la relación entre las láminas escurridas y las ocurrencias de los eventos El Niño y La Niña, porque esa relación no es tan sencilla en una cuenca tan grande, y aún menos para las subcuencas. En cambio, vamos interesarnos en el comportamiento de las cuencas del dominio glaciar, es a decir cuyo porcentaje de cobertura glaciar, tal como se definió anteriormente, es superior a 20 %, o muy cerca, para ver si la variabilidad interanual de sus láminas escurridas mensuales y anuales podrían relacionarse con los parámetros climáticos clásicos.

Es muy conocido que el comportamiento hidrológico de las cuencas glaciares fuertemente heladas están poco ligadas con las precipitaciones a las escalas diarias o mensuales, debido a que con las precipitaciones sobre el glaciar se produce nieve fresca que protege el hielo cubriéndolo con un mantel blanco el cual tiene un albedo muy fuerte que puede reflejar gran parte de la radiación solar, es decir se reduce el deshielo, y por lo tanto el escurrimiento. Sobre las partes no glaciares, la nieve puede quedarse más o menos largo tiempo antes de derretirse, infiltrarse o escurrir, bastante tiempo para que la relación entre láminas escurridas y precipitaciones no sea jamás muy buena para escalas mensuales e incluso anuales.

7 – 1 – Láminas escurridas “acumuladas”

En primer lugar, vamos a retomar la presentación con datos acumulados, como se muestran en el gráfico 33. Pero, esta vez, no con los déficit de escurrimiento, sino con las láminas escurridas mensuales. Hemos hecho estos cálculos para las principales cuencas glaciares (Parón: 49 km², Llanganuco: 87 km², Chancos: 271 km² y Los Cedros: 116 km²), más la cuenca poco glaciar de Recreta (290 km²) para tener una referencia no glaciar en régimen nivo-pluvial. Trabajar con las láminas escurridas permite una comparación simple de los escurrimientos de cuencas de superficies diferentes.

El gráfico 34 presentando estos resultados esta muy significativo.

- En la estación hidrológica de Recreta, se puede ver que las láminas escurridas son regulares hasta el año 1975, luego disminuyen desde esta fecha siempre de manera homogénea, pero con menor escurrimiento. En esta estación, una descalibración sería improbable porque el control de la sección es una cola de lavas muy resistente, así como una variación sistemática en las precipitaciones debido a que no aparece en los datos pluviométricos. La explicación podría proceder de un aumento de la evapotranspiración de la cuenca, o debido al aumento del uso de los recursos hídricos por el incremento del riego de los bofedales por los campesinos. En este último caso, la variación debería haber sido mucho mas progresiva.
- La cuenca de Chancos muestra algunas variaciones: Primero en 1977 donde el recurso hídrico sube extremadamente, luego en 1983 donde disminuye, y finalmente en 1997 con un aumento súbito y muy fuerte. La ruptura de 1997 procede debido a los daños por el evento El Niño muy fuerte en este año, causados a la sección de control la cual es inestable. Probablemente, esta sería la misma razón para observar una ruptura más débil en 1983, con un evento El Niño este mismo año. Al contrario, la variación general observada desde el año 1977 corresponde a un aumento constante de las láminas escurridas.

- La cuenca de Quillcay reacciona de manera diferente con una ligera disminución de las láminas escurridas después del inicio de los años 80. Esto podría ser a causa de una descalibración en esta sección que fue duramente afectada por el terremoto de 1970. También, la disminución de las láminas escurridas podría ser, como en Recreta, producto del aumento de la demanda del recurso hídrico en la cuenca debido a la creciente población en la cuenca especialmente en la ciudad de Huaraz.

- La cuenca de Llanganuco también se ve afectada claramente por un incremento de las láminas escurridas a mediados de los años 70 en adelante.

- Es lo mismo, aún más claro, para la cuenca de Parón cuyas láminas escurridas aumentan grandemente a mediados de los años 70. Se observa un nuevo aumento desde el año 1984 donde luego de la perforación de un túnel se inicio el desagüe de la laguna Parón, aprovechándose el agua en épocas de estiaje, con lo cual se redujo la superficie del espejo de agua, es decir que aumento el balance hídrico (déficit hídrico) de la laguna y por lo tanto aumento la lámina escurrida.

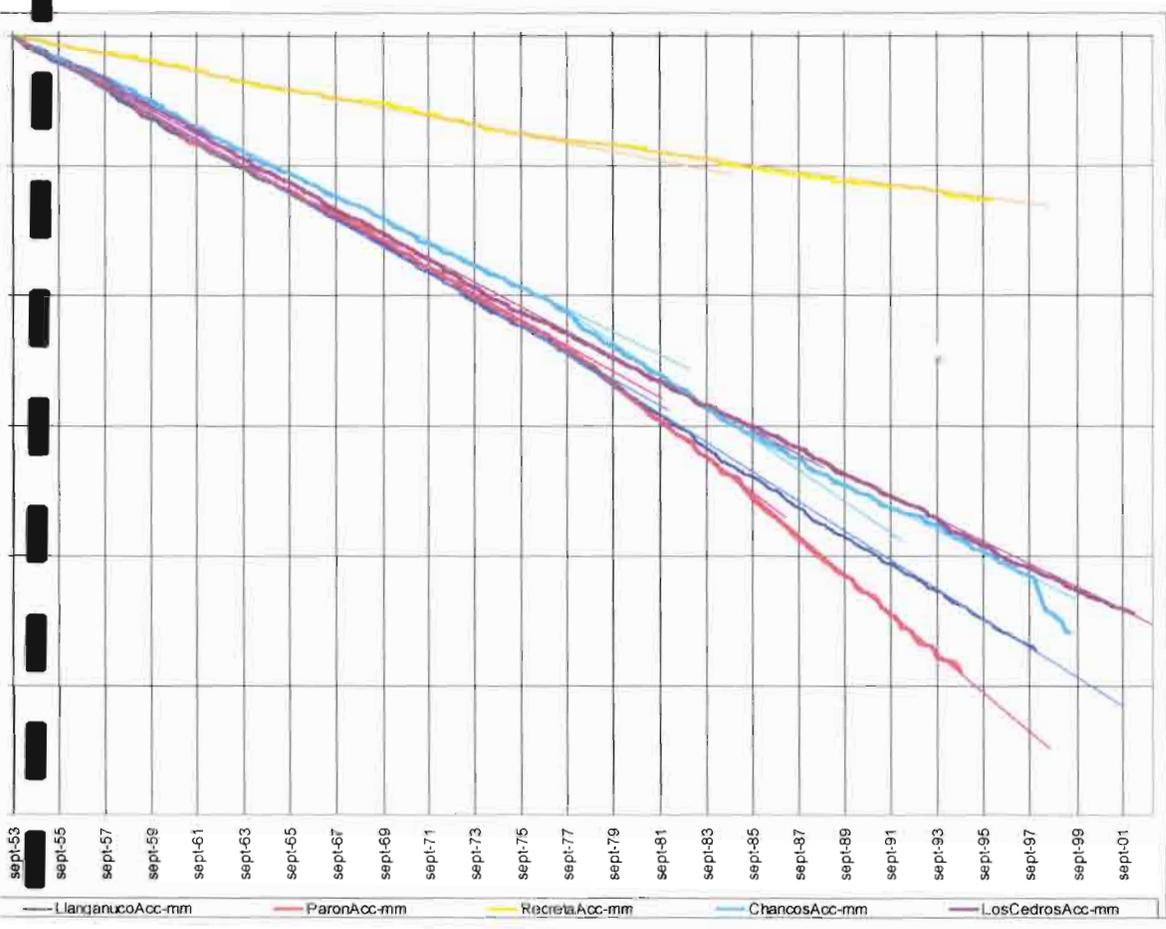


Gráfico 34: Láminas escurridas acumuladas de las principales cuencas glaciares del río Santa

7 – 2 – Caudales “centrados y reducidos” y índice SOI

Vamos a aprovechar ahora otro método para estudiar la evolución de los recursos hídricos de estas cuencas de diferentes superficies. Hemos agregado los valores mensuales de los caudales de salida de 6 cuencas, las de mayor cobertura glaciar de la cuenca del río Santa (Parón, Llanganuco, Chancos, Los Cedros, Colcas, Quillcay), más aquellos caudales observados en las estaciones de Puente Carretera y La Balsa que integran la mayor parte de la cuenca. Para facilitar una comparación entre estos datos, han sido objeto de una “normalización”, es a decir han sido transformados en valores mensuales normalizados “centrados reducidos”:

Valor centrado reducido = (valor mensual – promedio mensual) / desviación estándar mensual

Para armonizar estos valores y alisar los saltos observados de un mes a otro mes, calculamos para esos datos el promedio alisado sobre los 13 meses siguientes centrado en el mes dado:

Promedio alisado centrado = (∑ Valores mensuales meses n-6 hasta n+6) / 13

Este promedio alisado es utilizado para las comparaciones entre cuencas de superficies diferentes en relación con algunos parámetros climáticos representativos también normalizados.

Los eventos El Niño y La Niña están generalmente bien caracterizados por índices como el índice de la oscilación sur SOI (South Oscillation Index), obtenido por la diferencia normalizada entre las presiones del aire en Tahití (Polinesia Francesa) y Darwin (Norte de Australia). Otros índices existen, tal que el MEI (Múltiple ENSO Índice) que toma en cuenta además de las anomalías de presión atmosférica, las anomalías de velocidad del viento zonal y meridiano, la temperatura de superficie del océano en varias zonas del pacífico, etc.

Preferimos el índice SOI, por ser el más simple y el más físico de todos. Para el SOI también, hemos calculado promedios centrados alisados sobre 13 meses.

El gráfico 35 muestra los caudales medios centrados reducidos para las 2 cuencas grandes de Puente Carretera y La Balsa en comparación con los valores alisados del SOI. Por lo tanto, se puede verificar la influencia considerable de los eventos El Niño sobre los caudales de estas cuencas grandes y compuestas, principalmente en los eventos mayor mayores de 1982-83 y 1997-98. Pero esta influencia se hace menos evidente para los eventos El niño de amplitud menor.

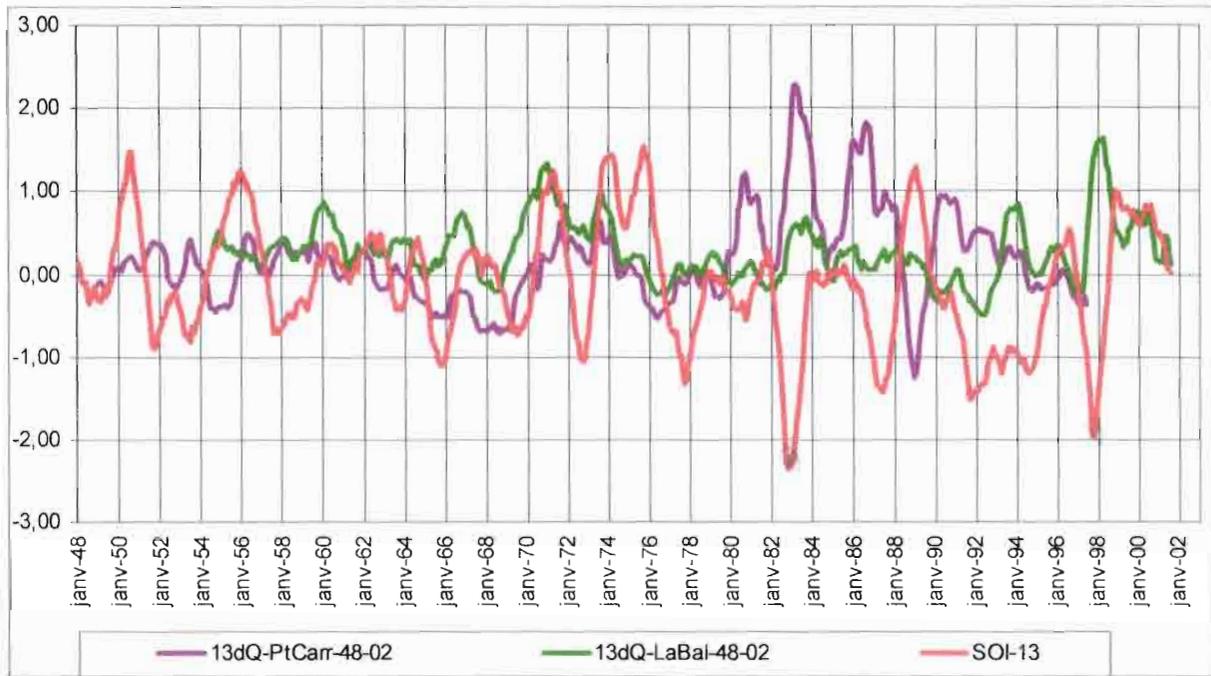


Gráfico 35: Caudales centrados reducidos de las estaciones de Puente Carretera y La Balsa, comparados con el SOI

Se puede construir el mismo gráfico con las cuencas glaciares. Por lo menos se puede decir que la correlación de los caudales con los valores del SOI no es muy notoria, sin embargo en los grandes eventos El Niño de 1982-83 y 1997-98 parece ser que siempre corresponde a caudales muy altos.

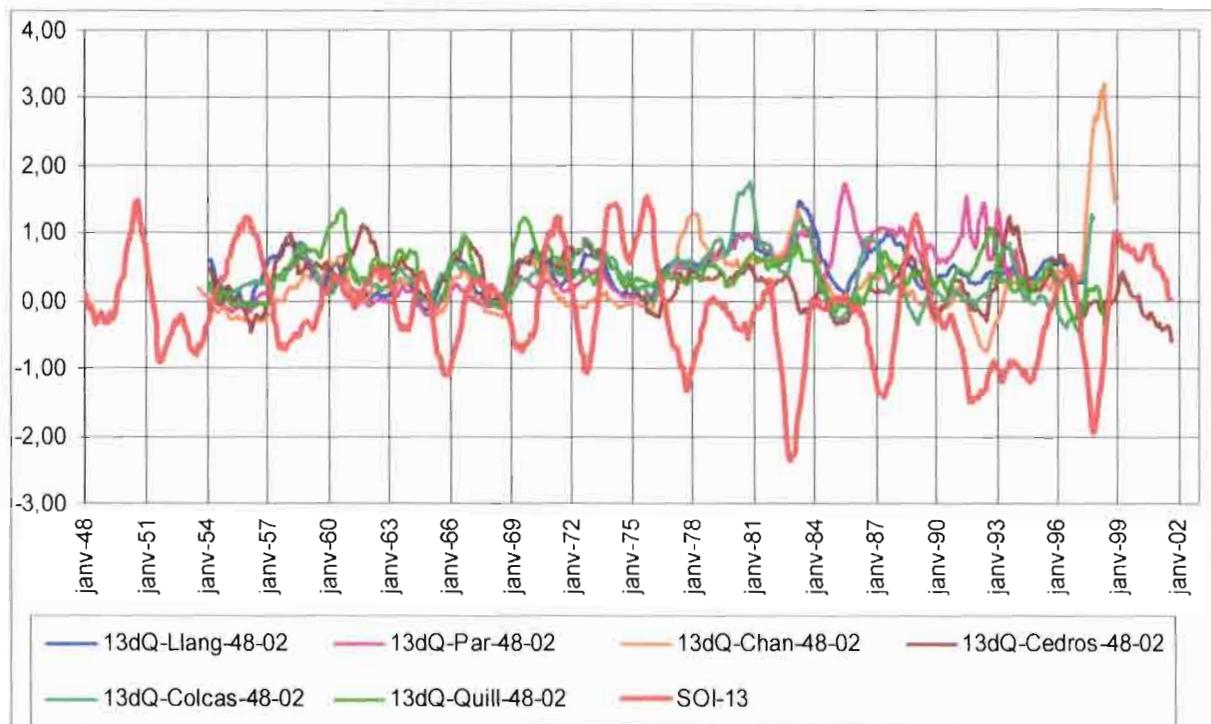


Gráfico 36: Caudales centrados reducidos de las cuencas glaciares, comparados con el SOI

Luego tomamos particularmente las cuencas de Parón y Llanganuco, primero porque presentan una cobertura glaciara muy fuerte (Parón: 50 % de cobertura glaciara; Llanganuco: 40 % de cobertura glaciara), luego porque sus datos son mejores que los datos de las otras cuencas. Parón y Llanganuco tienen las únicas secciones hidrológicas acondicionadas con vertederos de mampostería desde el inicio de las mediciones.

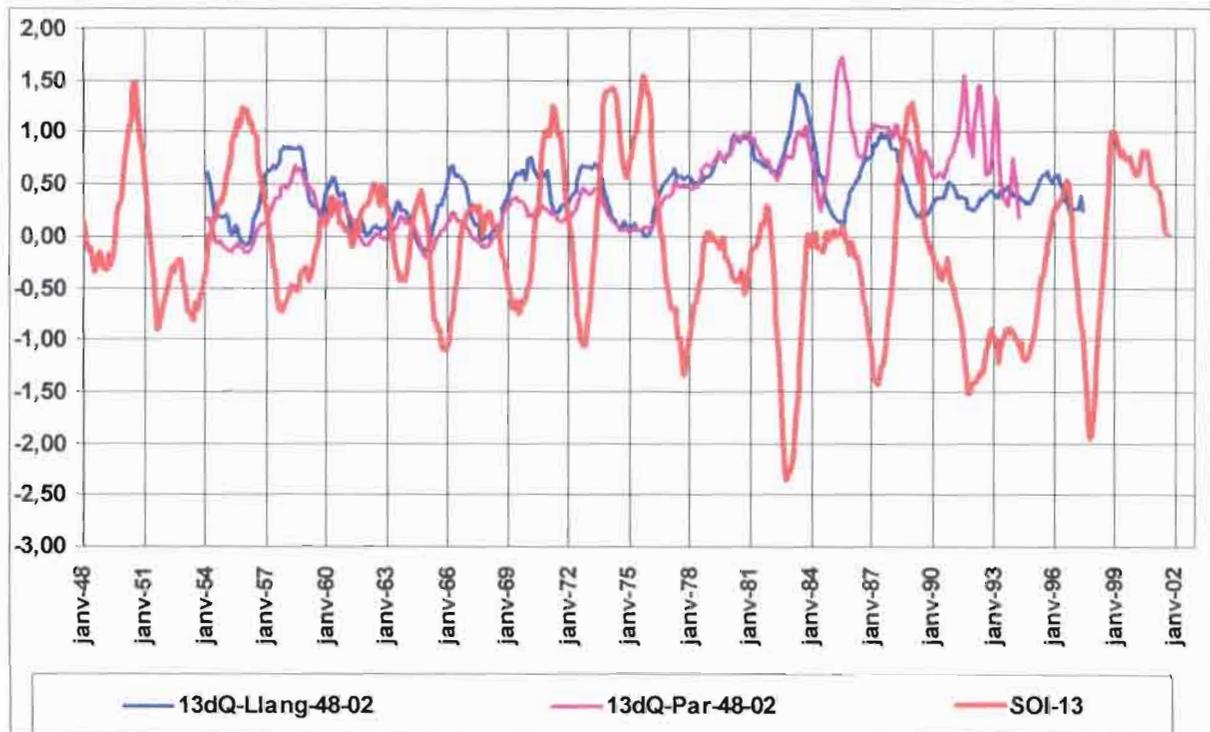


Gráfico 37: Caudales centrados reducidos de las estaciones de Parón y Llanganuco, comparados con el SOI

Hasta el año 1984, el comportamiento de las dos cuencas es muy similar. Se observa bien que los eventos El Niño y La Niña están generalmente asociados con valores mayores o menores que lo normal, respectivamente. Sin embargo, las correlaciones son débiles, con un coeficiente de regresión (r^2) de 0.269 para Parón y 0.250 para Llanganuco. Los cambios en los caudales tal vez tengan un desfase hacia delante o atrás con respecto a los valores del SOI. En el caso de Parón, los datos deben ser suspendidos después del año 1983 donde empezó el funcionamiento del túnel y el desagüe de la laguna Parón.

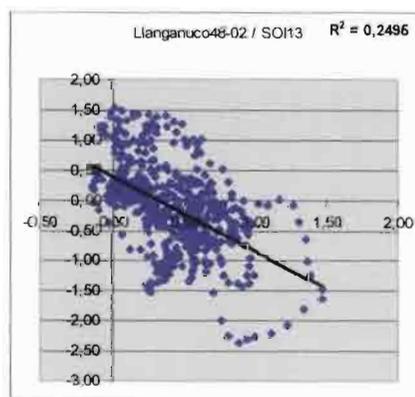
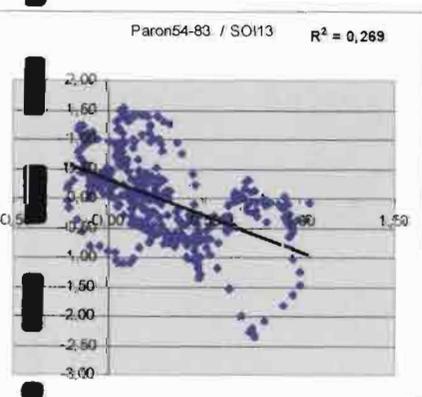


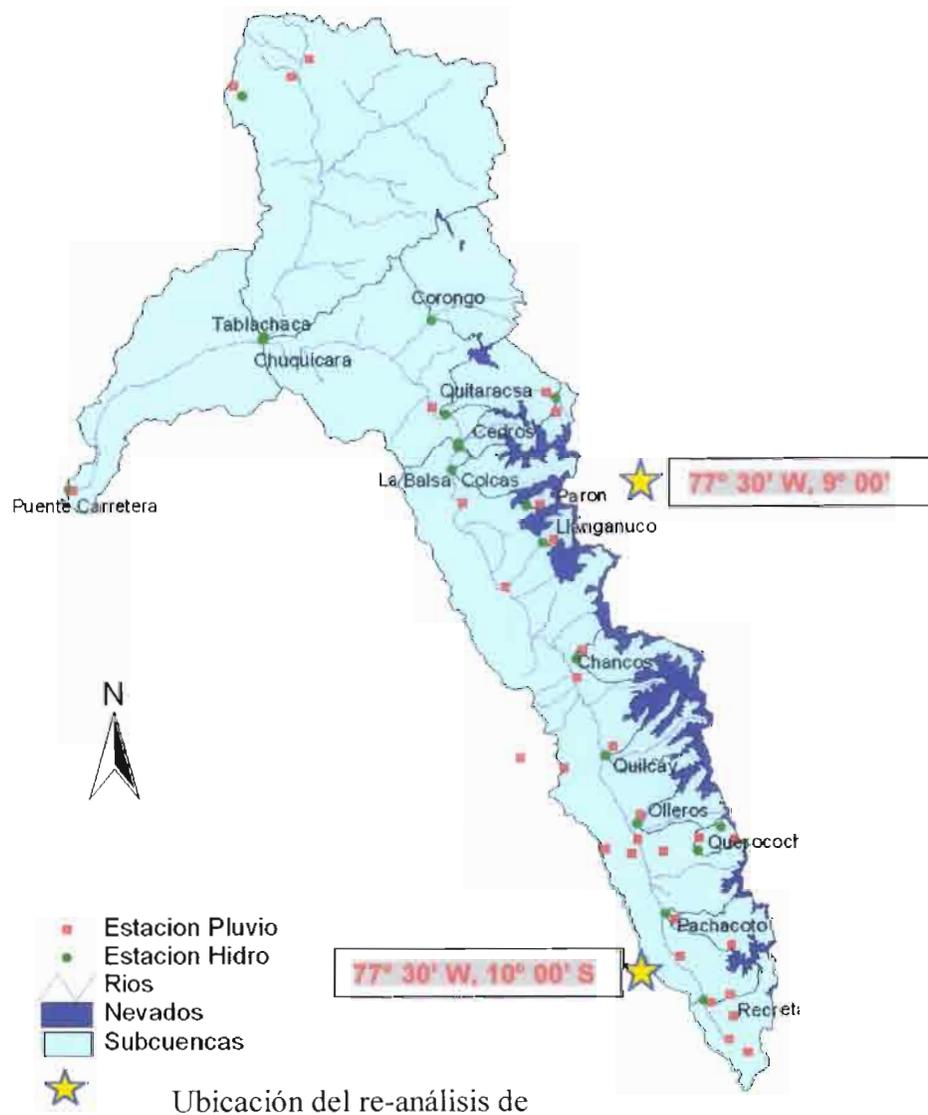
Gráfico 38: Correlaciones entre valores de los caudales centrados reducidos de las estaciones de Parón, Llanganuco y del SOI

Las correlaciones entre caudales y índice SOI son un poco decepcionantes. Sin embargo para las cuencas con mayor glaciares las correlaciones son mejores que para cuencas con menor porcentaje de cobertura glaciar; lo cual evidencia las reacciones de los glaciares con los eventos El Niño y La Niña, aún cuando el índice SOI no parece ser el parámetro más representativo en este caso en particular.

7- 3 – Caudales escurridos centrados reducidos y temperaturas de la atmósfera al nivel 500 mb, obtenidos por el re-análisis del NCEP-NCAR de la NOAA

Una correlación sencilla con las precipitaciones es bastante decepcionante, como lo hemos mencionado antes para el caso de estas cuencas glaciares. Sin embargo, hemos buscado correlaciones con otros parámetros climáticos, y las mejores correlaciones se encuentran con las temperaturas del aire encima de los glaciares. A decir verdad, a escalas de tiempo más pequeñas, nuestros estudios de balance de masa glaciar y del comportamiento hidrológico de las cuencas glaciares han demostrado que efectivamente no hay relación directa de “causa a efecto” entre el deshielo de los glaciares y la temperatura del aire encima de ellos. De hecho, para escalas de tiempo inferiores (hora, día, incluso semana y mes), el balance de masa de los glaciares depende tanto, sino más, de otros parámetros climáticos (como energía de la radiación solar, humedad del aire, albedo...) que de la temperatura del aire. Por lo tanto, nuestros resultados nos han convencido de que, cualesquiera que sean los verdaderos parámetros determinantes, la temperatura encima del glaciar es una temperatura “de equilibrio” en respuesta a todos los parámetros determinantes, exactamente como los caudales que salen del glaciar y resultan del deshielo, consecuencia última de esos mismos parámetros climatológicos determinantes. Entonces, no parecería raro que existan buenas correlaciones entre dos parámetros, temperatura y caudal, que tienen el mismo origen.

Los datos de temperaturas del aire que tenemos en el caso de la cuenca del río Santa provienen desgraciadamente de estaciones ubicadas a baja altitud, más bajas que la altura de los principales glaciares. Los datos de temperaturas de la estación de Querococha podían haber sido los más apropiados, si su estudio no hubiera mostrado una falta evidente de homogeneidad. Entonces, sólo podemos aprovechar los datos del “re-análisis” dados por el servicio NCEP-NCAR de la NOAA, accesibles en Internet. Estos datos existen desde enero de 1948 a todas las escalas de tiempo y a varios niveles de altitud, expresados en mbar en los puntos nodales, cada 2.5 grados de longitud y latitud, de una red que cubre el planeta entero.



Mapa 5: Ubicación de los puntos donde se calculan las re-análisis de Temperaturas

Para que los datos del re-análisis sean homogéneos con datos de caudales provenientes de glaciares y que nacen a más de 5500 m de altitud, hemos elegido las temperaturas medias mensuales al nivel de 500 mbar (más o menos 6000 m) en los dos hitos de coordenadas $77,5^{\circ} W, 7,5^{\circ} S$ y $77,5^{\circ} W, 10^{\circ} S$, cuya extrapolación da una temperatura media mensual alrededor de 6000 m.s.n.m al punto $77,5^{\circ} W, 9,0^{\circ} S$, ubicado ligeramente al Este del macizo del Huascarán, que es representativo para las temperaturas de la Cordillera Blanca al nivel de los glaciares.

Estos dos puntos se encuentran ubicados en el mapa 5. Luego hemos calculado las temperaturas centradas reducidas para tener datos homogéneos y poder compararlos con los caudales centrados reducidos.

Cuando estudiamos los déficit de escurrimiento, destacamos una clara inflexión en la curva de los déficit acumulados en el fin de los años 70, que concuerdan con la época donde se conoce todo sobre la aceleración del retroceso de los glaciares andinos, es decir de su deshielo. Entonces, es lógico verificar el comportamiento de la acumulación de las temperaturas centradas reducidas para ver si este comportamiento sería similar a lo de los caudales acumulados a finales de los años 70.

Antes de eso, en el gráfico 39, hemos comparado las distribuciones de las acumulaciones de las temperaturas centradas reducidas encima de la Cordillera Blanca y del SOI



Gráfico 39: Distribuciones acumuladas de las temperaturas centradas reducidas encima de la Cordillera Blanca y del SOI

Este gráfico es muy significativo, porque nos muestra que a partir del año 1948 hasta el inicio de los años 80 el SOI estuvo oscilando alrededor del valor 0, luego baja continuamente, a pesar de las fases La Niña, hasta ahora. Las temperaturas tienen un comportamiento inverso, con un descenso bastante regular desde el inicio de los años 60, seguida por una inversión drástica de esta tendencia a fines de los años 70, marcada por un incremento continuo de las temperaturas hasta hoy en día, a pesar del evento La Niña 1998-99 que fue bastante fuerte. Esta inversión en la tendencia de las temperaturas parece estar relacionada en algunos años con el índice SOI. Las correlaciones entre SOI y temperaturas del re-análisis no son muy buenas ($r^2 = 0.123$) y no mejora con la división de los datos en dos periodos 1948-1977 y 1978-2002.

El gráfico 50 muestra los valores acumulados de las temperaturas del re-análisis y de los caudales, ambos a nivel mensual, centrados y reducidos. Tomando en cuenta lo que sabemos del acondicionamiento de laguna Parón y de la discontinuidad de los caudales del río Parón, debemos elegir los periodos sobre cuales se efectúa el cálculo de las medias y de las desviaciones estándar para los valores centrados reducidos de manera que podamos obtener tener resultados elocuentes.

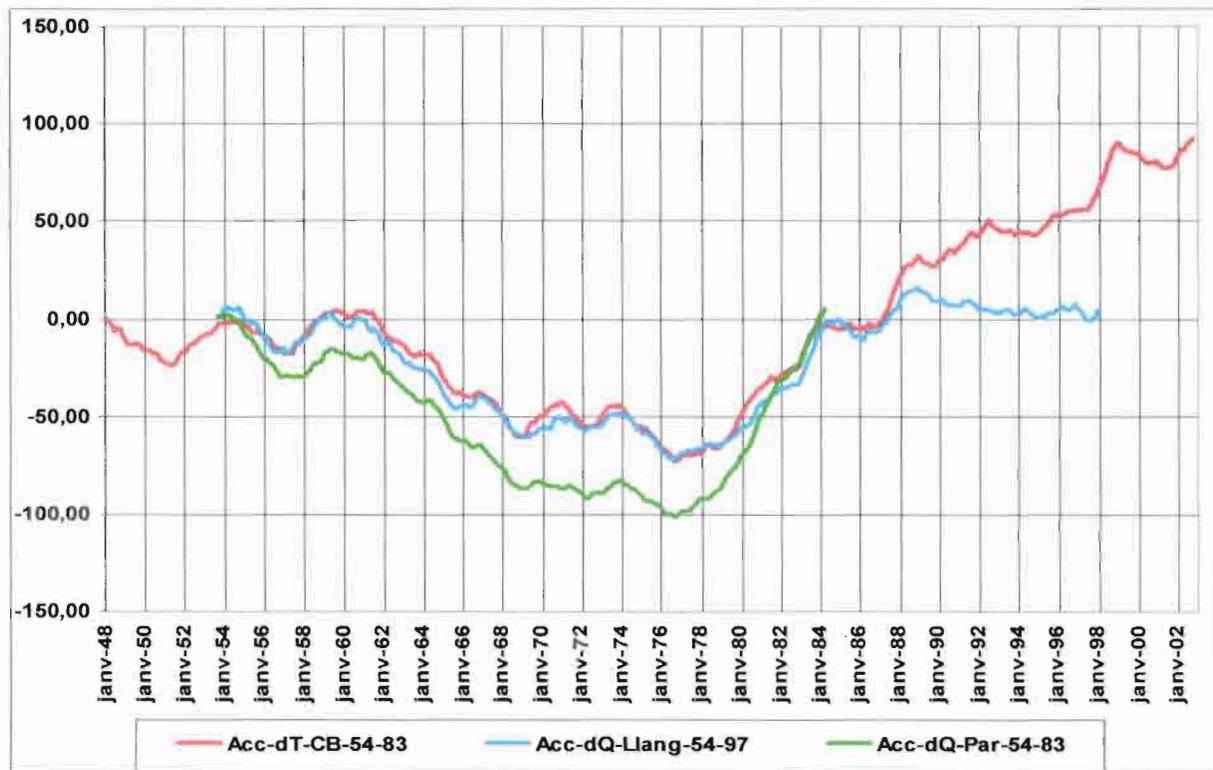


Gráfico 51: Distribuciones acumuladas de las temperaturas centradas reducidas encima de la Cordillera Blanca y de los caudales escurridos de las cuencas Parón y Llanganuco

Sobre este gráfico se puede ver que la curva de los caudales centrados reducidos acumulados de Parón y Llanganuco siguen con mucha fidelidad a las temperaturas encima de la Cordillera Blanca, centradas y reducidas sobre los mismos periodos.

En otra parte, las correlaciones directas entre los valores mensuales no alisados de estos mismos parámetros (temperaturas y caudales) son bastante satisfactorias: 0.382 para Parón sobre el periodo 1954-1983 y 0.336 para Llanganuco sobre el periodo 1954-1997.

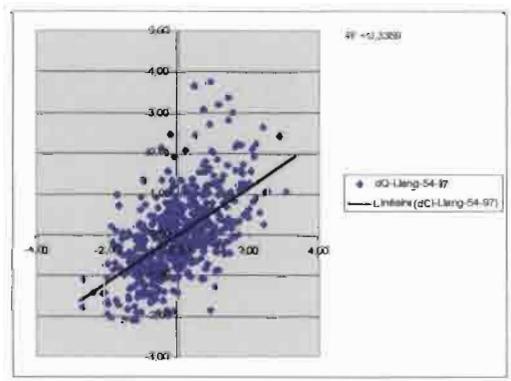
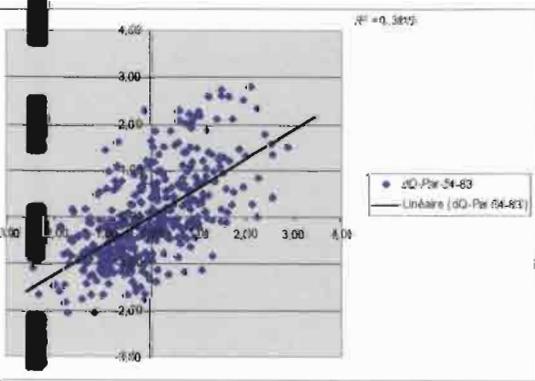


Gráfico 52: Correlaciones directas entre temperaturas del re-análisis encima de la Cordillera Blanca y caudales escurridos de las cuencas de Parón y Llanganuco

Estos estudios previos justifican los gráficos siguientes donde están marcados, año por año, en promedio alisado centrado sobre 13 meses, los valores centrados reducidos de los caudales de las dos cuencas Parón (1954-1983) y Llanganuco (1954-1997) en comparación con los valores centrados reducidos de las temperaturas del re-análisis encima de la Cordillera Blanca para los mismos periodos.

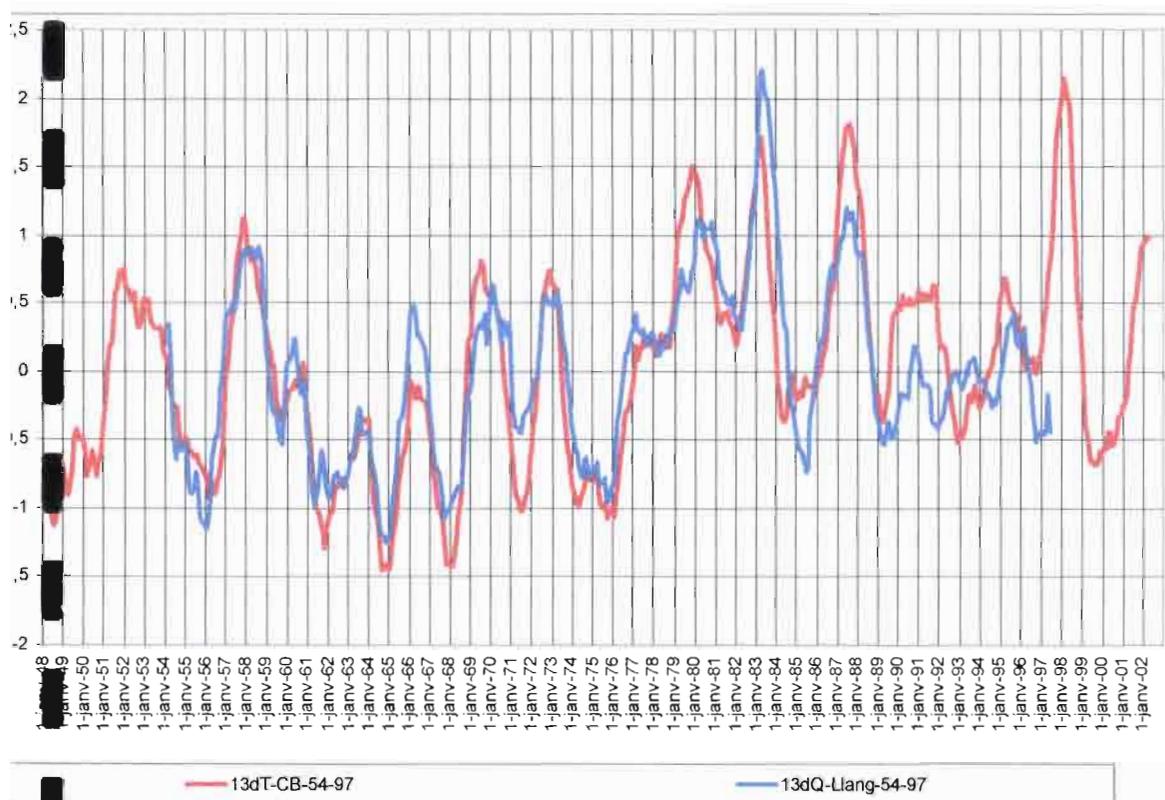


Gráfico 53: Temperaturas del re-análisis encima de la Cordillera Blanca y caudales escurridos de las cuencas de Llanganuco, en valores centrados reducidos alisados sobre 13 meses.

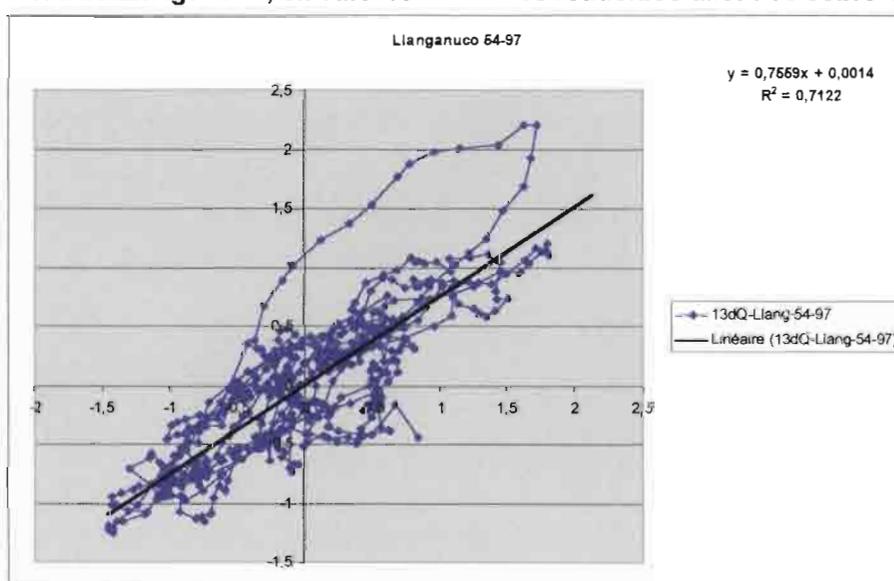


Gráfico 54: Correlaciones entre temperaturas del re-análisis encima de la Cordillera Blanca y caudales escurridos de la cuenca de Llanganuco, en valores centrados reducidos alisados sobre 13 meses

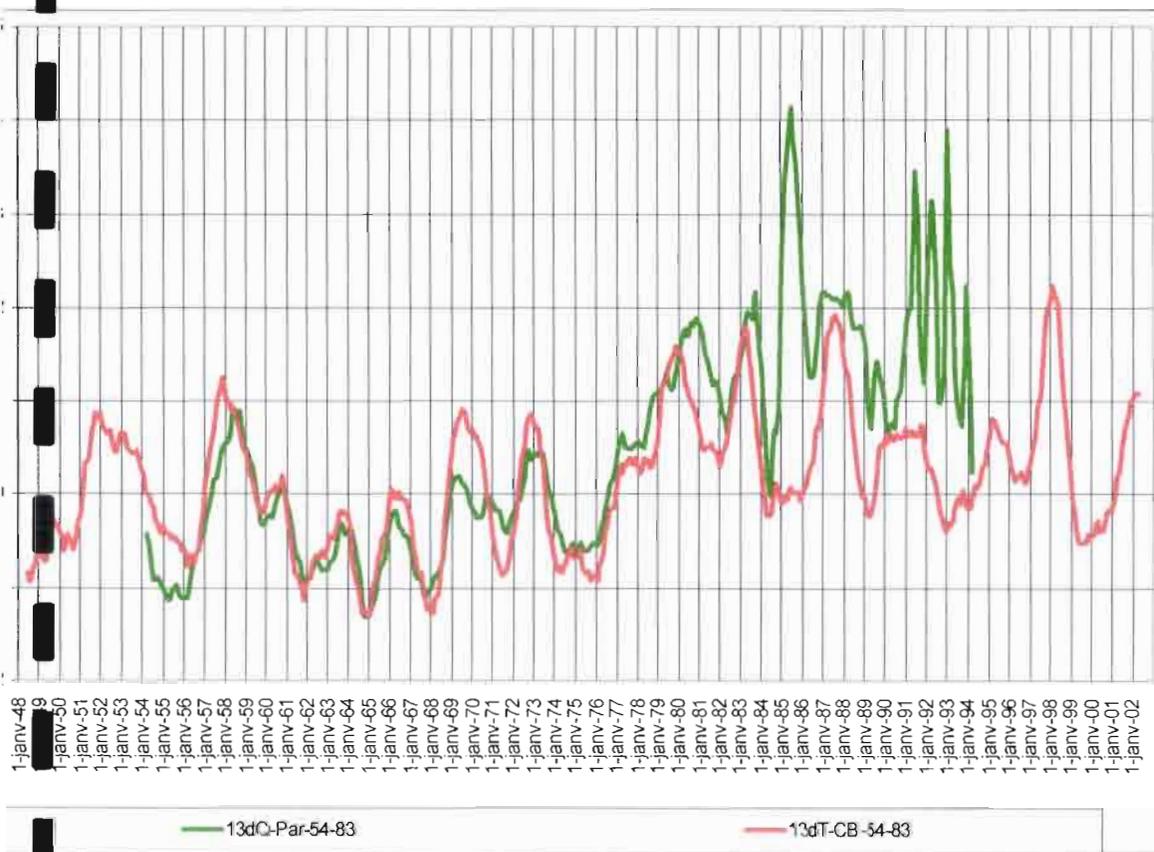


Gráfico 55: Temperaturas del re-análisis encima de la Cordillera Blanca y caudales escurridos de las cuencas de Parón, en valores centrados reducidos alisados sobre 13 meses

Como era de esperar, la calidad de las dos curvas anteriores y las correlaciones entre valores de las temperaturas del re-análisis y caudales escurridos, ambos centrados, reducidos y alisados son muy buenas, con coeficientes de correlación de 0.74 en el caso de Parón para el periodo 1954-1983 y 0.712 en el caso de Llanganuco para el periodo mas largo 1954-1997.

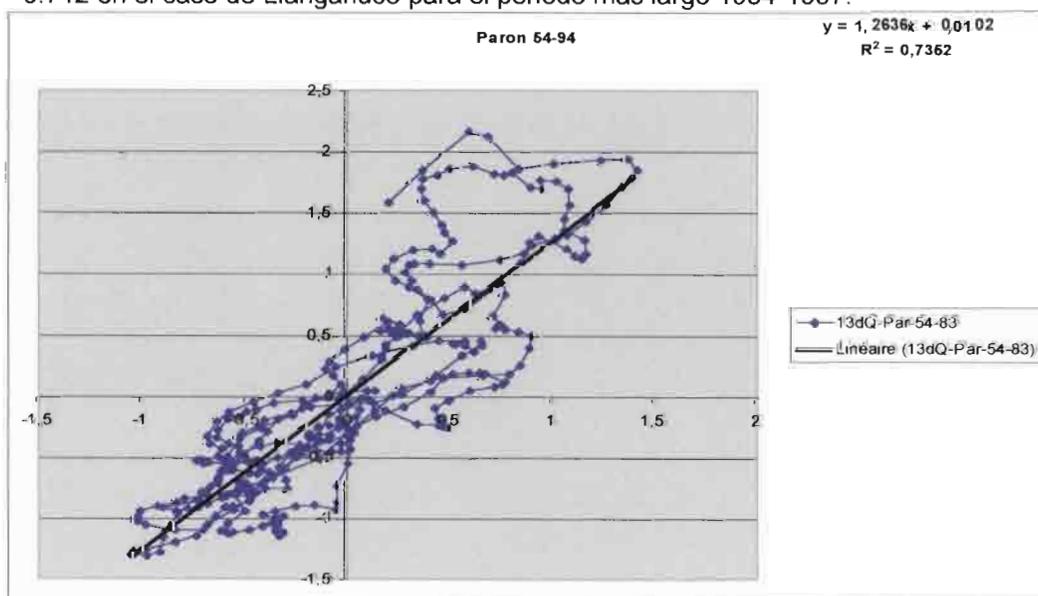


Gráfico 55: Correlaciones entre temperaturas del re-análisis encima de la Cordillera Blanca y caudales escurridos de las cuencas de Parón, en valores centrados reducidos alisados sobre 13 meses

Se puede observar el comportamiento bastante particular de los parámetros durante el periodo del El Niño 1982-83.

Podemos, después de este último éxito, volver sobre las correlaciones menos satisfactorias entre estas mismas temperaturas del re-análisis y los caudales escurridos centrados reducidos de las otras cuencas glaciares. Sería legítimo preguntarse sobre la calidad de sus datos debido a que han obtenidos desde secciones “naturales”, sin acondicionamiento del cauce de los ríos.

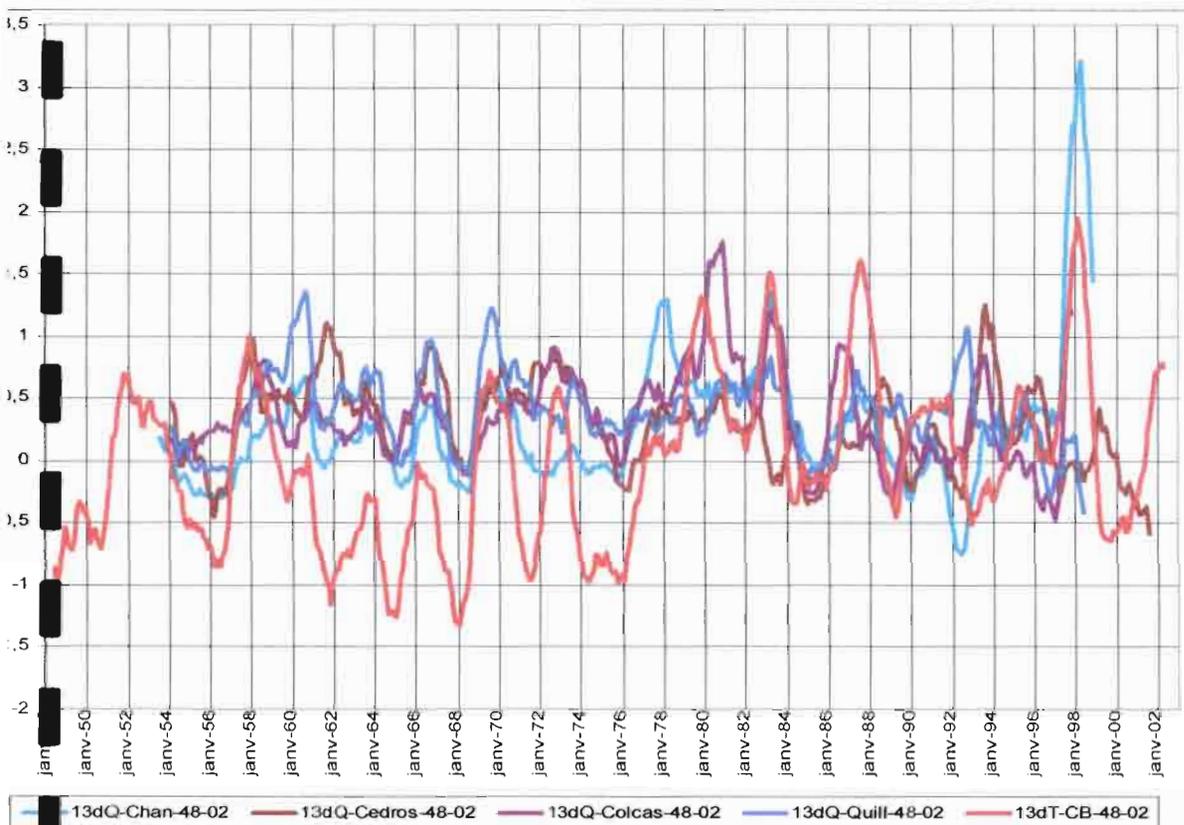


Gráfico 56: Temperaturas del re-análisis encima de la Cordillera Blanca y caudales escurridos de las cuencas glaciares de Chancos, Los Cedros, Colcas y Quillcay, en valores centrados reducidos alisados sobre 13 meses

Como podemos apreciar “la frecuencia” del comportamiento de las diferentes cuencas es más o menos la misma, y están en fase con las temperaturas del re-análisis, no obstante existen algunas serias disonancias que nos inducen a tener algunas dudas sobre la calidad general de los datos de caudales. Sin embargo, es natural tener varias descalibraciones sobre perfiles de secciones naturales, sin acondicionamiento del cauce de los ríos, las cuales eminentemente varían de una crecida a la otra.

Con estos resultados se debe revitalizar todos los estudios precedentes.

8 - Conclusión

Por lo tanto, la buena correlación obtenida para las dos cuencas de Parón y Llanganuco, parecería indicar que nuestro modelo, ya constituido, de la evolución de los caudales en "función" de la evolución de las temperaturas del re-análisis encima de la Cordillera Blanca sería válido y bastante sólido para forzarlo con las estimaciones de temperaturas medias futuras, que se podrían obtenerse en un futuro próximo con la regionalización de los actuales modelos "globales", integrando el recalentamiento climático en curso.

De esta manera sería posible, aprovechando las relaciones entre láminas escurridas y porcentaje de cobertura glaciaria, prever para cada una de las cuencas la evolución de sus recursos hídricos. Los estudios realizados en el ámbito de toda la Cordillera Blanca, es el camino para estimar el futuro del recurso hídrico de toda esta cordillera, y también de otras. Finalmente, se podría conocer la fecha donde este recurso hídrico, que actualmente crece continuamente desde más de 20 años, va irremediablemente a tener una tendencia inversa y decrecer con la desaparición prevista de los glaciares, en algunos siglos sí el cambio climático continúa.

Por estas razones, es absolutamente indispensable que la red hidrológica de la cuenca del río Santa sea rápidamente rehabilitada y puesta en funcionamiento, y así obtener datos confiables, porque sin datos confiables no se podría lograr las previsiones que hemos sugerido anteriormente.

En Octubre de 2001 hemos realizado una visita de la red hidrológica del río Santa conjuntamente con SENAMHI, INRENA-UGRH, EGENOR, ATDR e IRD. En el informe de esta visita se encuentran disponibles las propuestas para retomar la red hidrológica de forma inmediata. Sólo falta la voluntad política de las instituciones antes mencionadas, para conjugar sus esfuerzos para rehabilitar y poner en funcionamiento la red y esperar los datos hidrológicos actuales, los cuales son indispensables para la previsión y planificación integral de los recursos hídricos de la cuenca del Santa. Desde el 12 de febrero de 2003, el limnigrafo de la estación Llanganuco, una de las más importantes para el futuro, se encuentra en funcionamiento, después de 6 años de encontrarse paralizado.

Todos nosotros esperamos que esta estación tenga muy pronto algunas estaciones vecinas en los lugares de mayor prioridad en la cuenca del río Santa.