

GLACIARES Y RECURSOS HÍDRICOS EN LA CUENCA DEL RIO SANTA

Bernard *POUYAUD* (IRD-GREATICE/Francia), Jorge *YERREN* (Senamhi-DGH/Perú), Marco *ZAPATA* (Inrena-UGRH/Perú) et al.

RESUMEN

El presente estudio sobre Glaciares y Recursos Hídricos en la cuenca del río Santa, pretende evaluar la evolución de los glaciares y su posible relación con la escorrentía de la cuenca, a partir de la cual sea posible establecer un modelo que permita formular escenarios hídricos para los próximos años.

La Cuenca del río Santa es la más extensa de la vertiente hidrográfica del océano Pacífico, posee una superficie total de 12 005.50 Km² y un área de recepción de 11 910 Km² hasta la estación Hidrológica "Puente Carretera" ubicada en la parte más baja de la Cuenca; su río principal corre entre dos cordilleras, la cordillera Negra al oeste y la cordillera blanca al este, donde se nota una abundancia de glaciares, asimismo, en base a la cartografía disponible se determinaron los parámetros geomorfológicos de la cuenca.

Los datos de precipitación y caudales disponibles en el SENAMHI y "ElectroPerú", para el período 1953 - 1997, fueron la fuente para estimar la precipitación media espacial, la lámina escurrida y el déficit de escorrentía para veinte sub cuencas del río Santa, Cordillera Blanca, Perú. Las áreas de las sub cuencas varían entre 50 y 400 Km² y el porcentaje de glaciares entre 2% y 50%. La estación La Balsa (4 800 Km²) en el río Santa, esta ubicada en el río principal y tiene datos confiables hasta la actualidad sobre la cuenca total. Otros datos diacrónicos (1997-2003) de la pequeña cuenca glaciar (8,4 Km² y 79% de superficie glaciar) de Artesoncocha han sido agregados a los mencionados anteriormente.

Se han determinado a escala media interanual correlaciones significativas entre las láminas escurridas y los porcentajes de cobertura glaciar. Conociendo este porcentaje, el cual es posible obtenerlo de las cartas o de las imágenes de satélite disponible, el recurso agua promedio que produce cada cuenca puede ser evaluado de manera confiable.

Para la segunda mitad del siglo XX, la tendencia interanual de la lámina escurrida (o del déficit de escorrentía) de las diferentes sub cuencas esta fuertemente influenciada por el retroceso de los glaciares, y en particular por el porcentaje de área glaciar. La aceleración del retroceso de los glaciares desde el año 1976 es observado también en las series de las láminas escurridas. Sobre una base mensual, la variabilidad de la escorrentía de la mayoría de cuencas con glaciares reproducen bastante bien las variaciones de los parámetros climáticos extraídos de los archivos de NCEP-NOAA (datos de reanálisis), particularmente la temperatura al nivel de 500 Hectopascales (6 000 msnm) o sea por encima de la Cordillera Blanca. Esta correlación demuestra que la temperatura encima de la cordillera es un valor muy ligado a la evolución de la escorrentía.

Estos resultados hacen posible establecer una predicción de la evolución futura del recurso agua de las cuencas glaciares de la Cordillera Blanca, en función del conocimiento de la evolución regional de las temperaturas por encima de la cordillera Blanca bajo la acción del cambio climático global, con la ayuda del SENAMHI es posible realizar el downscaling dinámico del modelo regional RAMS y generar datos al 2020, información que resulta de vital importancia para la planificación de las actividades socioeconómicas que dependen de la disponibilidad de agua en la cuenca del río Santa.

SUMMARY

The present study on Glaciers and water Resources in the basin of the river Santa, intends to evaluate the evolution of glaciers and its possible relation with the run-off of the basin, from which it is possible to establish a model that it allows to formulate hydric scenes for the next years.

The basin of the river Santa is the most extensive of the watershed of the Pacific Ocean, has a total surface of 12 005.50 Km² and an area of reception of 11 910 Km² until the Hydrologic station "Puente Carretera", located in the lowest part of the basin; its main river runs between two mountain ranges, the Black mountain range to the west and the white mountain range to the east, where an abundance of glaciers notices. Also, on the basis of the cartography available the geomorphologic parameters of the river basin were determined.

The precipitation and discharge data available in SENAMHI and "ElectroPerú", for period 1953 - 1997, they were the source to determine the space average precipitation, the sheet of run-off and the deficit of run-off, for twenty sub basins of the river Santa, Blanca Mountain range, Perú. The areas of the sub basins vary between 50 and 400 Km² and the percentage of glaciers between 2% and 50%. The station "La Balsa" (4 800 Km²) in the river Santa this located in the main river and has reliable data until the present time on the total basin. Other diachronic data (1997-2003) of the small river basin glacier (8.4 Km² and 79% of surface glacier) of Artesoncocha have been added to the mentioned ones previously.

Significant correlations between, the sheet of run-off and the percentage of cover glacier have been determined on average scale interannual, Knowing this percentage, which is possible to obtain it of national maps or of the images of satellite available, the resource water average that produces each basin can be evaluated of reliable way.

For second half of the century XX, the interannual tendency of sheet of run-off (or of the deficit of run-off), of different sub basins this strongly influenced by the backward movement from glaciers and in individual by the percentage of area glacier. The acceleration of the backward movement of glaciers from year 1976 is also observed in the series of sheet of run-off. On a monthly base, the variability of the run-off of most of river basins with glaciers reproduces enough good, the variations of the extracted climatic parameters of the archives of NCEP-NOAA (reanalysis data), particularly the temperature at the level of 500 Hectopascals (6 000 msnm), that is over the Blanca Mountain range. This correlation demonstrates that the temperature upon the mountain range is a value very related to the evolution of the run-off.

These results do possible to establish a prediction of the future evolution of the resource water of the river basins glaciers of the Blanca Mountain range based on the knowledge of the regional evolution of the temperatures over the Blanca mountain range under the action of the global climatic change with the aid of the SENAMHI it is possible to make downscaling dynamic of the regional model RAMS and to generate data to the 2020, information that is from vital importance for the planning of the socio economic activities that they depend on the water availability in the basin of the river Santa.

1. INTRODUCCIÓN

Los glaciares tropicales cubren una superficie de 2.500 Km², asimismo, son particularmente importantes, primero, por los recursos hídricos que brindan a los poblados próximos, y además a nivel científico. Los glaciares constituyen las reservas sólidas de agua dulce y por su gran sensibilidad al cambio climático, los glaciares tropicales representaban excelentes indicadores de la evolución del clima.

En Sudamérica, los glaciares tropicales están ubicados mayoritariamente en la Cordillera de los Andes: 71% en Perú, 20% en Bolivia, 4% en Ecuador y 4% en Colombia. Estos glaciares tropicales presentan un retroceso acelerado desde mediados de los años 70, y aquellos ubicados por debajo de los 5 500 msnm probablemente desaparecerán en 20 o 30 años. En 1970 existían en el Perú 18 grandes áreas glaciares o cordilleras que cubrían una extensión de 2,041 Km², pero que esta extensión se había reducido a 1.595 Km² en 1997, lo que significa que en sólo 27 años se produjo una reducción del 21.8%. La tendencia al retroceso de los glaciares andinos se ha amplificado desde finales de los años setenta, período en el que el fenómeno climático conocido como El Niño se hizo más frecuente.

En el caso de la cuenca del río Santa la planificación y gestión de sus recursos hídricos es de gran importancia considerando que esta cuenca provee de agua a los proyectos hidronegéticos Chavimochic y Chincas, cuya principal producción es para agroexportación, además esta es la fuente de agua potable para la ciudad de Trujillo, que se encuentra en franco crecimiento.

Los resultados de la presente investigación, en términos de caracterización de sus variables hidrológicas, evaluación de la evolución de los glaciares de la cordillera blanca y la elaboración de un modelo que permita conocer anticipadamente la evolución de sus recursos hídricos, constituyen aportes importantes que permitirán a los usuarios gestionar adecuadamente el recurso agua y elaborar planes de contingencia a ser aplicados cuando los caudales disminuyan considerablemente por el impacto del retroceso glaciar de la cordillera blanca.

2. OBJETIVOS

- ↳ Evaluar el impacto del Cambio Climático mediante la cuantificación de la evolución de los glaciares de la cordillera blanca.
- ↳ Determinar posibles relaciones entre los caudales y la evolución de la temperatura.

3. MATERIALES Y METODOS

3.1 Descripción del área de estudio

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.

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 media, 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

3.2 Información utilizada

La información de precipitación proviene del banco de datos del SENAMHI, la cual fue complementada con los datos obtenidos en EGENOR, estos últimos pertenecieron al banco de datos de ELECTROPERU. La red utilizada comprende 36 estaciones con datos confiables, asimismo, el periodo más extenso corresponde a la estación Parón (de 1949 a 2001), y el período más corto lo presentan las estaciones Chuquicara y El Chorro (de 1982 a 1985). Además se ha encontrado un trabajo de Hannes Niedertscheider, investigador austriaco de la Universidad de Innsbruck, que había hecho una crítica y una homogenización para 7 de estas 36 estaciones pluviométricas: Chancos, Huaraz-Quillcay, Llanganuco, Parón, Pachacoto, Querococha y Recreta.

Los datos hidrométricos se han obtenido en parte del banco de datos del SENAMHI, los cuales fueron complementados con los datos encontrados en el banco de datos de EGENOR, provenientes de ELECTROPERU. La red total de estas dos instituciones comprende 18 estaciones, además, desde el año 2001, la Unidad de Glaciología y Recursos hídricos (UGRH) del INRENA ha reiniciado con el apoyo de IRD la operación de dos estaciones hidrológicas muy cercanas a los glaciares. Estas son las estaciones de Artesoncocha y Yanamarey, completando una red de 20 estaciones, de las cuales, actualmente solo funcionan 6, más las dos estaciones de UGRH; cabe indicar que no se ha encontrado datos para las estaciones de Conococha y Huillca. La estación con mayor período, es la de Puente Carretera (1931-1988), y la de menor período la de Yanamarey (2001 – 2002). Además se ha encontrado un trabajo de Georg Kaser, investigador austriaco de la Universidad de Innsbruck, que había hecho una crítica y una homogenización para 10 de entre estas 18 estaciones hidrométricas: Colcas, Chancos, Los Cedros, Llanganuco, Parón, Pachacoto, Querococha, Quillcay, Quitaracsa, Recreta. Es probable que este trabajo se apoye sobre el realizado por un consorcio brasilero en los años 1970.

Las estaciones meteorológicas que miden temperatura del aire en la cuenca del río Santa se encuentran ubicadas a altitudes 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. Ante tal situación se optó por utilizar los datos del “re-análisis” dados por el servicio NCEP-NCAR de la NOAA, los cuales se encuentran 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. Los datos del re-análisis de temperaturas medias mensuales se tomaron al nivel de 500 mbar (más o menos 6 000 msnm) en los dos hitos de coordenadas 77,5° W, 7,5° S y 77,5° W, 10° S, cuya extrapolación da una temperatura media mensual alrededor de 6000 m.s.n.m al punto 77,5° W, 9,0° S, ubicado ligeramente al Este del macizo del Huascarán, que es representativo para las temperaturas de la Cordillera Blanca al nivel de los glaciares.

3.3 Estudio hidrológico

3.3.1 Áreas de las sub cuencas y áreas glaciares

Para determinar el área de las sub cuencas y de los glaciares, (« A » y « Agla ») se utilizaron los mapas en 1/100 000 del IGN, publicados en 1970 con una clasificación de campo en los años 1967 y 1968, además de un mapa en 1/100 000, publicado en el año 2000 para la parte norte de la cordillera Blanca. Asimismo, se ha encontrado información obtenida a partir de las imágenes SPOT del 22/07/1991. Con los valores de (« A » y « Agla ») determinados, se aplica la relación $Agla/A * 100$, para obtener el porcentaje de área de glaciar.

3.3.2 Análisis pluviométrico

La precipitación entendida como toda forma de humedad que llega a la superficie terrestre, constituye la principal fuente de alimentación hídrica en una cuenca, en este caso otra fuente no menos importante es el aporte de agua por deshielo de los glaciares. La variación cuantitativa en el tiempo y en el espacio esta fuertemente condicionada por las condiciones climáticas de la zona y el cambio climático, en tal sentido el análisis pluviométrico se centro en la caracterización de su evolución en el tiempo (mensual y anual multianual) y en el espacio.

3.3.3 Análisis de la esorrentía

La base del análisis de la esorrentía lo constituyen los datos de caudales de cada una de las 18 sub cuencas consideradas, cuyos valores, luego de consistenciados y completados, se encuentran disponibles a nivel mensual y medio anual para el periodo de 1953 - 1997. En el caso del río Parón, se han conservado 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. Asimismo se han extrapolado los valores de Artesoncocha, donde existe información confiable para el periodo 2000 - 2002.

Para el estudio de las características hidrológicas de cada cuenca, y poder comparar las sub cuencas de diferentes tamaños, es necesario trabajar con variables normalizadas por el área total. Para evaluar la influencia de la cobertura glaciaria se han estudiado 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):

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

- El Caudal Específico (Q_{esp} , en m^3/s o l/s) es el caudal Q de salida de la cuenca dividido por el área A de la cuenca):

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

3.3.4 Balance Hídrico

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).

4. RESULTADOS

4.1. Áreas de las sub cuencas y áreas glaciares

En la Tabla 01 se puede ver la evolución de estos parámetros, entre los años 1970 y 1991 para las sub cuencas 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 pueden observar 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 «%gla» 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.

Tabla 01: Áreas de las subcuencas y 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	13,8	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

4.2. Análisis pluviométrico

En el gráfico N° 01 se muestra la distribución mensual multianual de la precipitación de las 16 mejores estaciones, la que se caracteriza por alcanzar su valor máximo en marzo. Los valores de la estación de Safuna son más altos que los otros, lo que es consecuencia de: el período de medida que es más corto y corresponde a un periodo más lluvioso, y al hecho de que la precipitación proveniente del lado amazónico es mucho más grande. Los valores mínimos corresponden a los meses de julio a agosto.

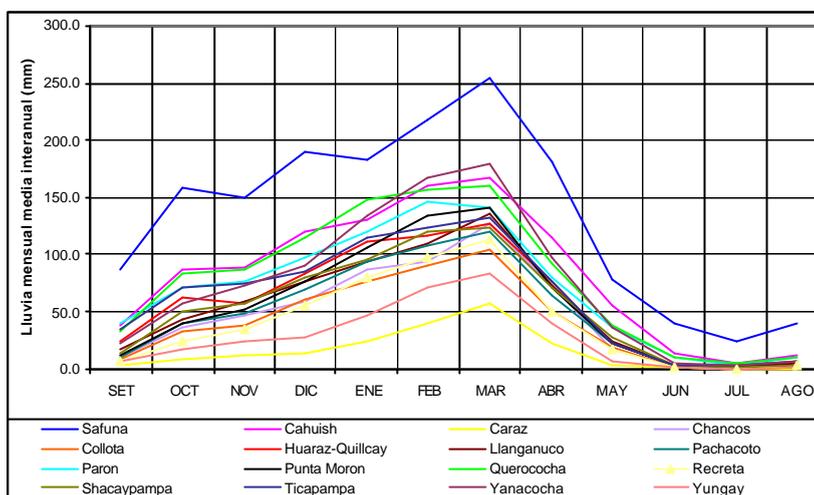


Gráfico N° 01: Distribución de la precipitación media total mensual de las "mejores" estaciones de la cuenca del río Santa.

Se analiza también la evolución de la precipitación total anual en el tiempo, para lo cual se han seleccionado las 15 mejores estaciones de la cuenca del río Santa, en base a cuyos registros se determinan valores medios decedales, cuyo comportamiento se presenta en el gráfico N° 02, donde no se ve alguna tendencia de crecimiento o decrecimiento sobre estos 5 decenios. 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.

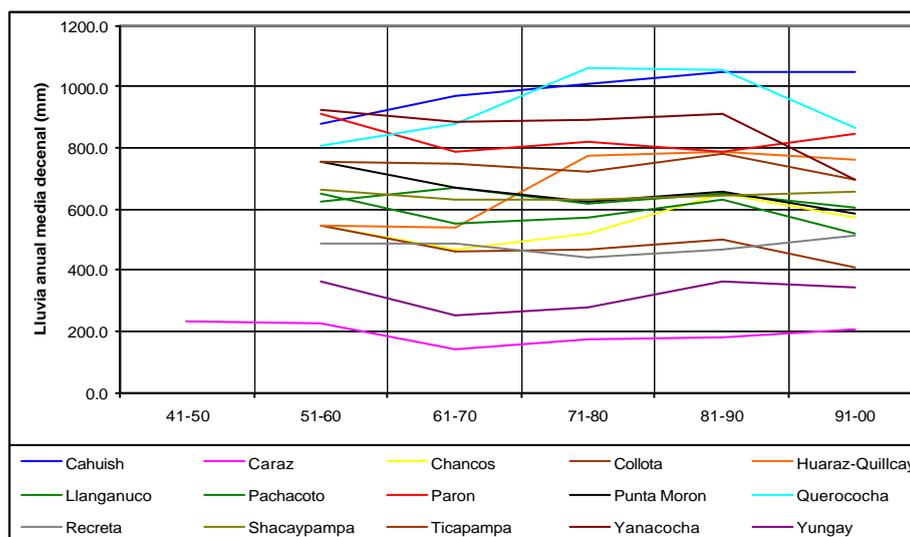


Gráfico N° 02: Precipitación anual media decenal, de las "mejores" estaciones de la cuenca del río Santa

4.3 Análisis de la escorrentía

En base a los datos de escorrentía fue posible realizar una comparación entre sub cuencas de tamaños muy diferentes, presentadas en el Gráfico N° 04. La distribución de las láminas escurridas mensuales de la sub cuenca de Artesoncocha (%gla = 0,79) es bastante diferente de las distribuciones de las sub cuencas 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 sub cuencas sin glaciares como Chuquicara (%gla = 0,00), Recreta (%gla = 0,02), o lo mismo La Balsa (%gla = 0,12), que tienen un comportamiento más pluvial que nivo-glacial a diferencia de los otros.

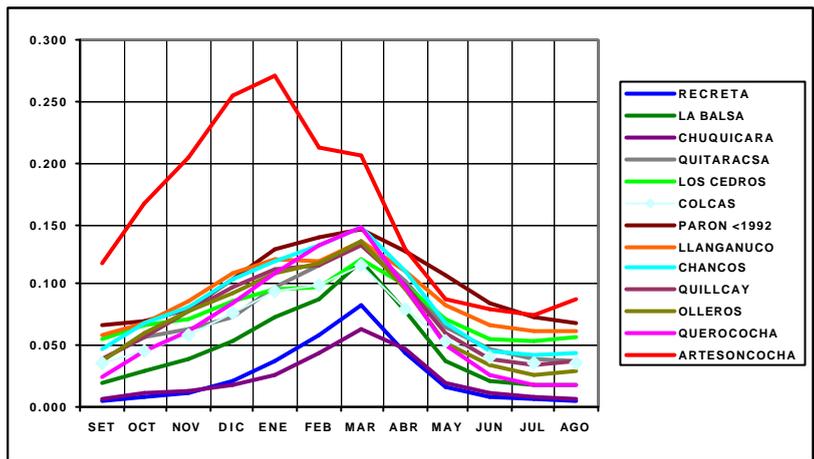


Gráfico N° 04: Láminas escurridas mensuales, medias interanuales, para algunas de las subcuencas del río Santa

En el Gráfico N° 05 se muestra la evolución de la escorrentía a nivel decenal para cada una de las sub cuencas de la cuenca del río Santa, donde se han superpuesto algunas líneas de tendencia. Podemos ver que la escorrentía de las estaciones con fuerte contribución glaciar (Parón, Llanganuco, Chancos) tienen una tendencia marcadamente creciente. Sin embargo la escorrentía de las estaciones como Recreta o Chuquicara presentan una marcada reducción, ocasionada indudablemente por un creciente uso de los recursos hídricos de los grandes bofedales presentes en estas cuencas, que son bien aprovechados por los campesinos.

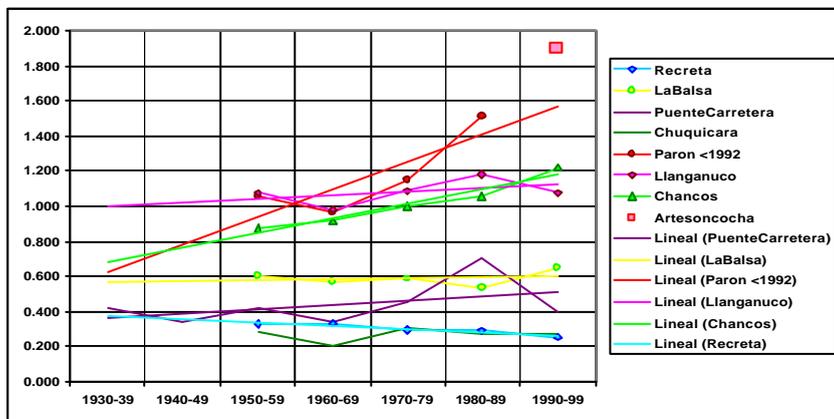


Gráfico N° 05: Láminas escurridas (m) medias decenales para las cuencas del río Santa

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 que se destruyó la estación de Puente Carretera.

4.4 Balance hidrológico

Hemos partido los datos para las cuencas de Llanganuco y Parón por razones que veremos más adelante. Estos datos nos permiten construir el Gráfico N° 06 con el déficit de escurrimiento medio anual de cada una de las cuencas del río Santa.

En este Gráfico, se puede observar, que al igual que en el gráfico de las láminas escurridas, que las cuencas con una importante contribución glaciar tienen un comportamiento muy particular, con valores de déficit negativos, casi de 500 mm para Llanganuco y mayor a 500 mm para Parón. En el caso de Parón, se puede ver que el déficit después de 1983 es mayor que en los años anteriores, lo que se explica por el cambio de la cuenca y de la gestión de la laguna Parón.

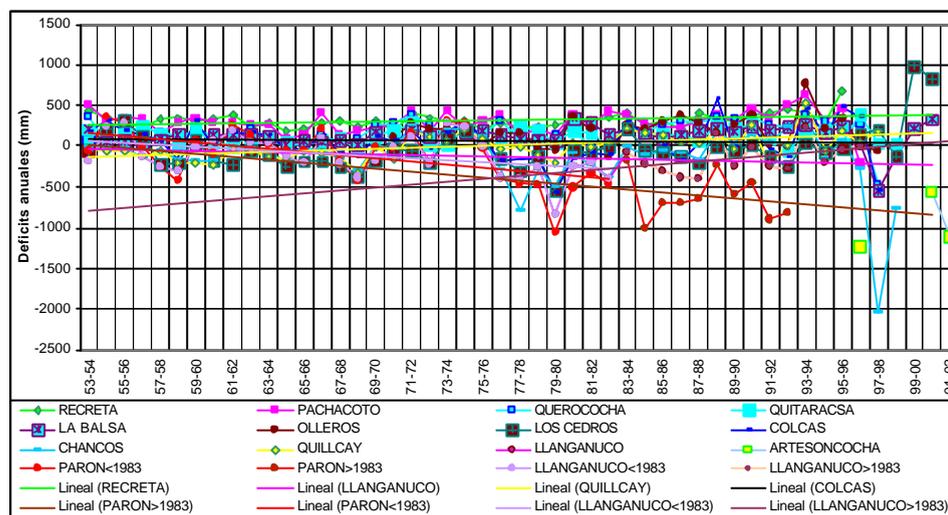


Gráfico N° 06: Déficit medios anuales de escurrimiento, DH, para las cuencas del río Santa, y tendencias interanuales para algunas estaciones

De otro lado se han calculado los valores acumulados anuales, del déficit de escurrimiento, lo que permite construir el Gráfico N° 07 que es más fácil para leerlo.

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. 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 más que todo al aumento de los caudales de los ríos de sus cuencas altas. Esta coincidencia no es el fruto de la casualidad, lo que afirma es el funcionamiento de esas cuencas glaciares.

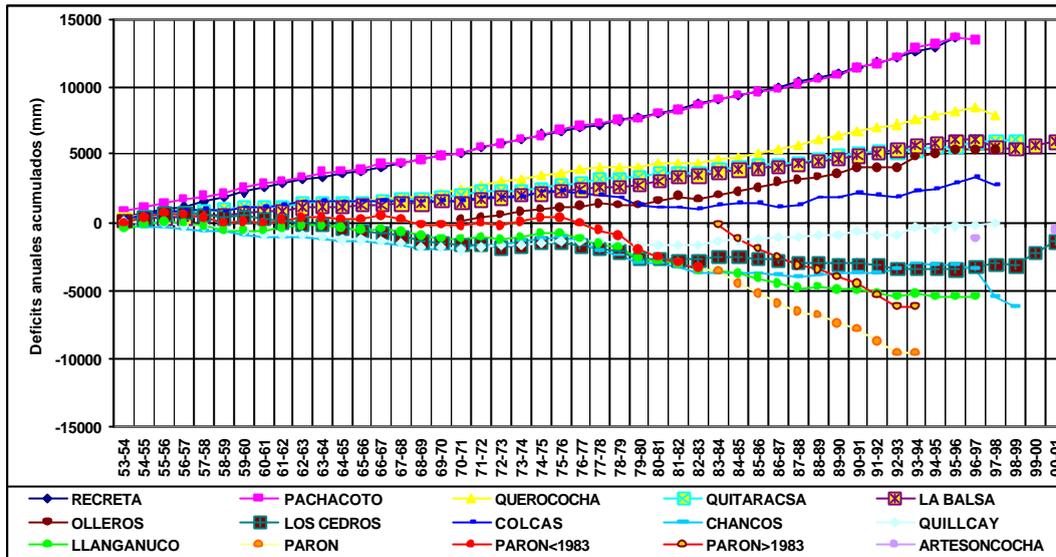


Gráfico N° 07: Déficit “acumulados” medios anuales de escurrimiento, SDH, para las cuencas del río Santa

4.5 Modelo Temperatura del aire vs. caudal

El Gráfico N° 08 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.

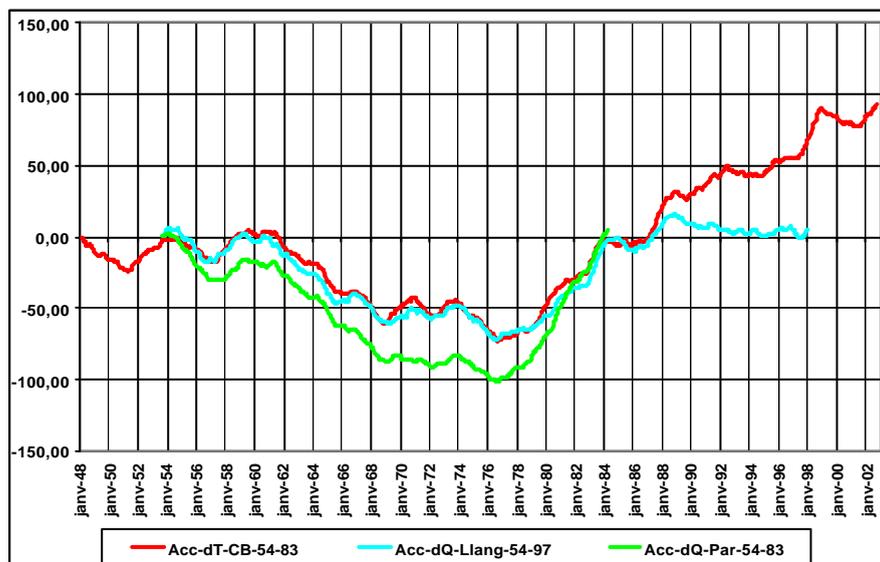


Gráfico N° 08: Distribuciones de las temperaturas acumuladas centradas reducidas encima de la Cordillera Blanca y de los caudales escurridos de las cuencas Parón y Llanganuco

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.

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.

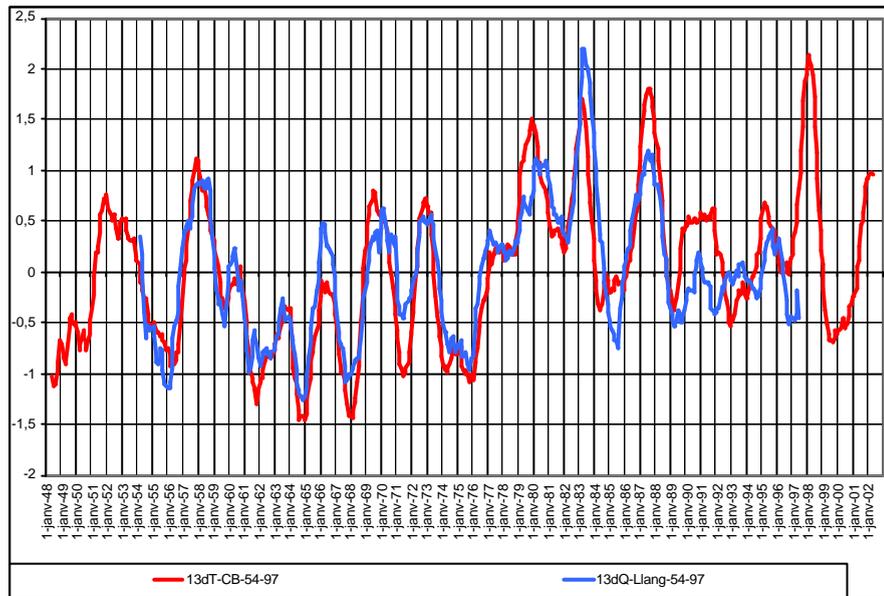


Gráfico N° 09: Temperaturas del re-análisis encima de la Cordillera Blanca y caudales escurridos de las cuencas de Llanganuco, en valores centrados reducidos alisados sobre 13 meses.

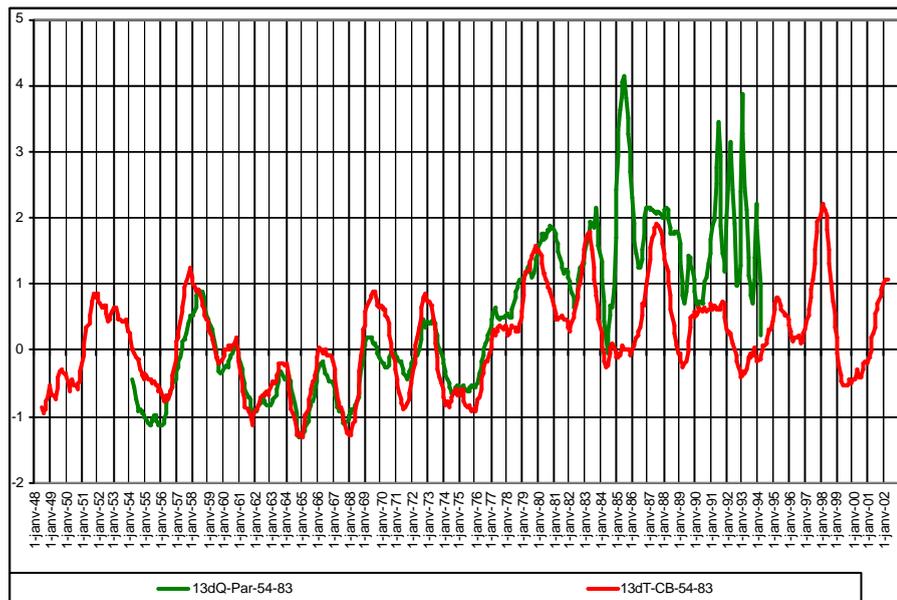


Gráfico N° 10: Temperaturas del re-análisis encima de la Cordillera Blanca y caudales escurridos de las cuencas de Parón, en valores centrados reducidos alisados sobre 13 meses

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.

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.

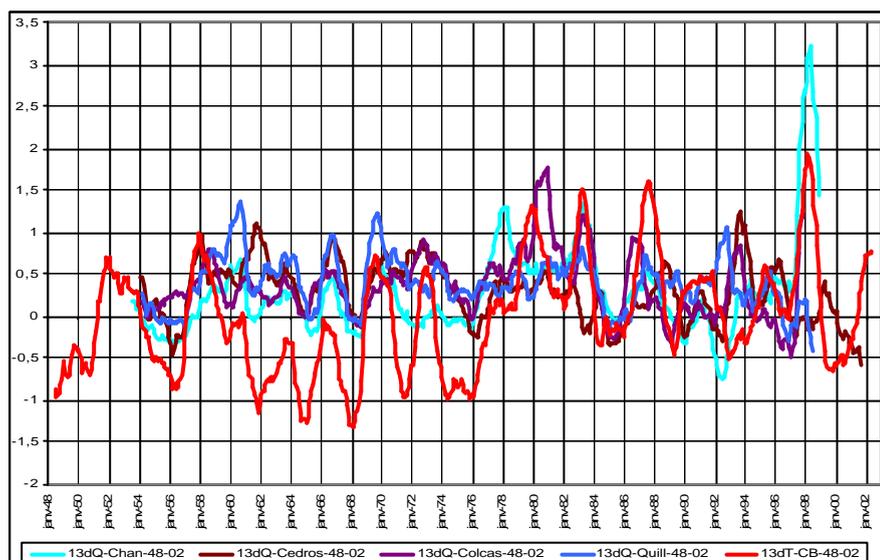


Gráfico N° 11: Temperaturas del re-análisis encima de la Cordillera Blanca y caudales escurridos de las cuencas glaciares de Chancos, Los Cedros, Colcas y Quillcay, en valores centrados reducidos alisados sobre 13 meses

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 discrepancias 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.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- En la Tabla N° 01 se muestra la evolución de los glaciares de la cordillera blanca, entre los años 1970 y 1991 para las sub cuencas del río Santa. Se puede observar 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 «%gla» 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 limnógrafo río abajo en 1994.
- En todas las cuencas con glaciares grandes, como lo son Parón y Llanganuco; y también Chancos, Los Cedros, Quillcay y Colcas, se puede apreciar una marcada aceleración del déficit de escurrimiento, a partir de la mitad de los años 70. 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 más que todo al aumento de los caudales de los ríos de sus cuencas altas.
- En relación al modelo de predicción de caudales para las sub cuencas glaciares del río Santa, se concluye que 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 glaciar, 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.
- Asimismo, se podría estimar la fecha donde este recurso hídrico, que actualmente crece continuamente desde más de 20 años, va ineludiblemente a tener una tendencia inversa y decrecer con la desaparición prevista de los glaciares en algunos siglos, sí el cambio climático continúa.
- Consideramos que es de urgente necesidad rehabilitar la red hidrológica y meteorológica de la cuenca del río Santa, porque sin datos confiables no se podrían alcanzar las previsiones potencialmente posibles que hemos sugerido antes. Esta propuesta debería integrar los esfuerzos de los principales actores de la cuenca tales como: SENAMHI, INRENA-UGRH, EGENOR, IRD-GREATICE y la ATDR, entre otros.