

Determinación de los impactos del cambio climático sobre las cuencas Rímac y Mantaro.

James Apaéstegui (IRD)

Thomas Condom (IRD)

Wilson Suarez (Consultor IRD-Banco Mundial)

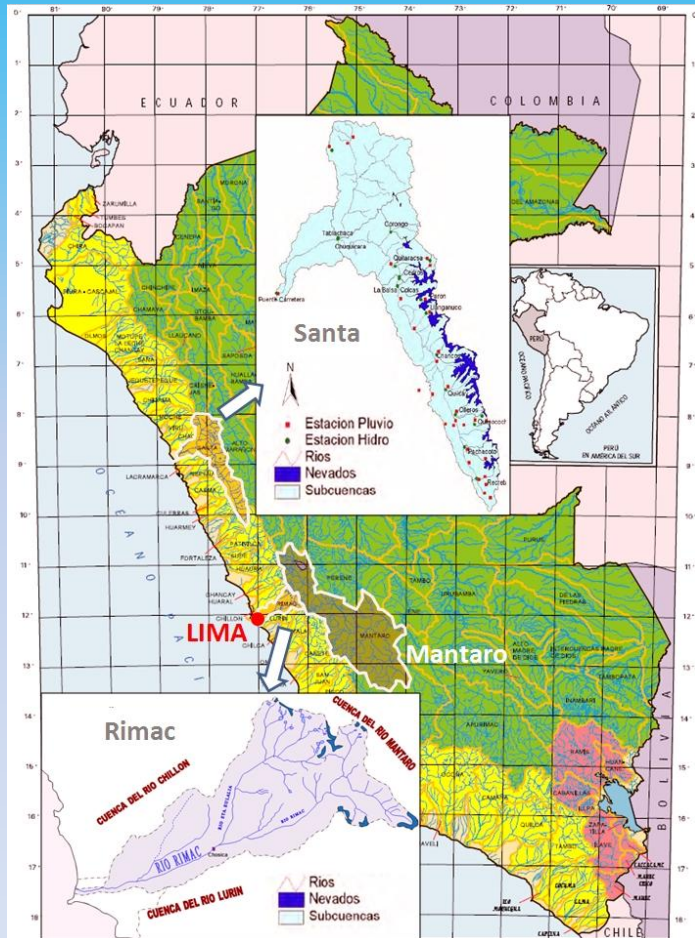
Modelo WEAP del SEI – Stockholm Institute Environment

En el marco del proyecto del Banco Mundial

“Assessing the Impacts of Climate Change on Mountain Hydrology: Development of a Methodology through a Case Study in Peru”

3 cuencas

- **SANTA**
- RIMAC
- MANTARO



Modelo WEAP

Parte
hidrologia

Parte
uso de agua
cons. hum., hidroelec.,
riego, industria, minas

Implementar un modulo glaciario y modelizar las 3 cuencas

Hacer proyecciones futuras (clima-uso de agua)

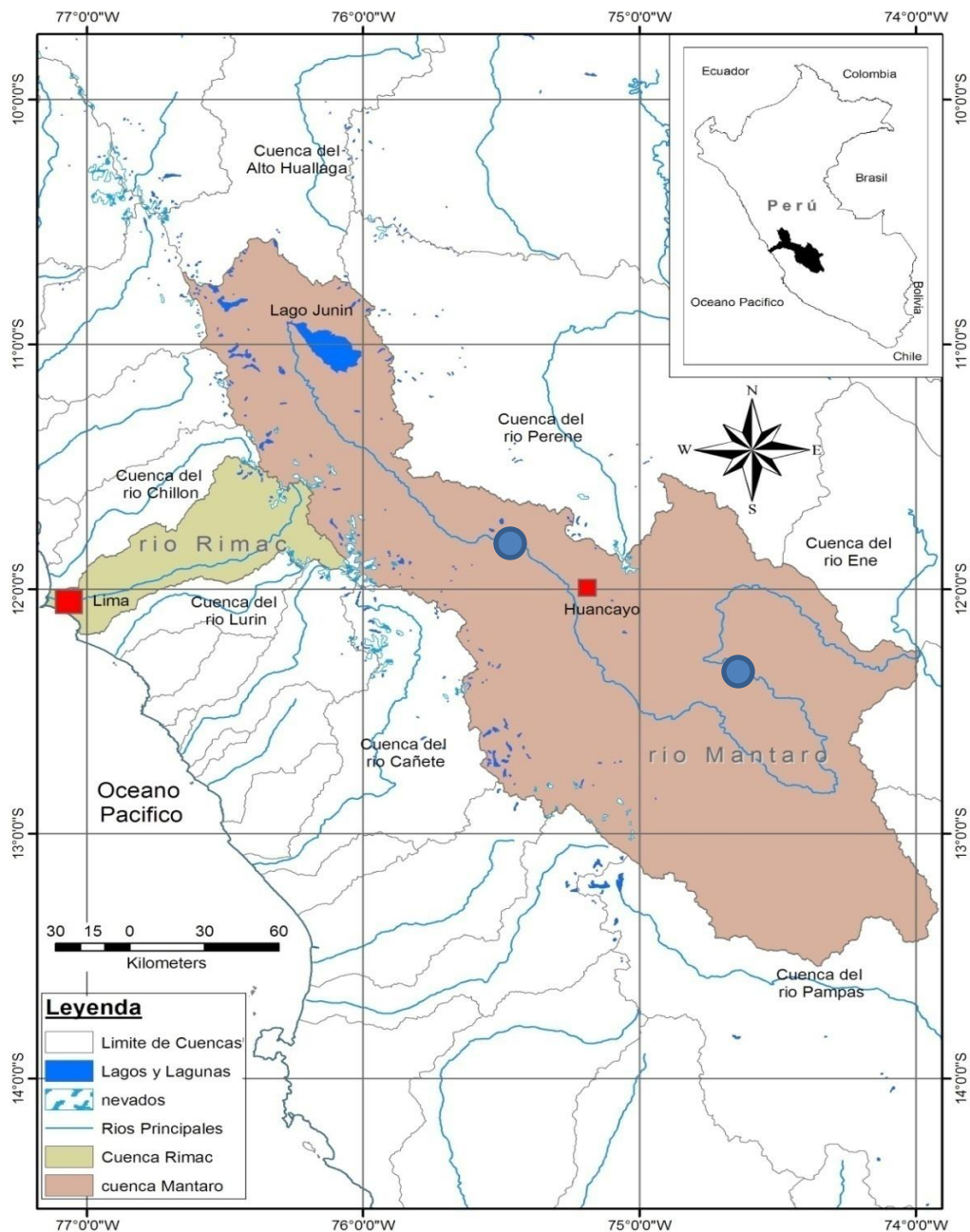
Cuencas Rímac y Mantaro:

- > mas de 9 millones de hab.
- > Mas del 30% de Prod. Hidro-energetica del Perú

Trasvase de aguas, obliga a entender el sistema como único.

Simulación Hidrológica:

- Observar la disponibilidad del recurso hídrico.
- Viabilidad de la construcción de C.H. La Guitarra
- Observar la relación glaciar – clima.



Cuenca del río **Mantaro**

Area total → 34350 km²

Altitud máxima → 5650 metros
(Collquepucro).

Recorrido total → 830 km aprox.

21 Lagunas reguladas
4 en transvase

Cuenca del río **Rímac**:

Area total → 3398 km²

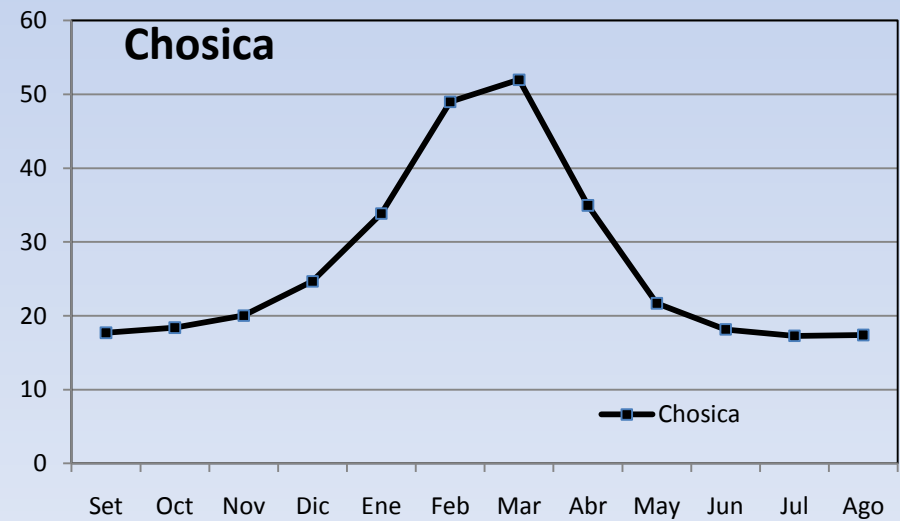
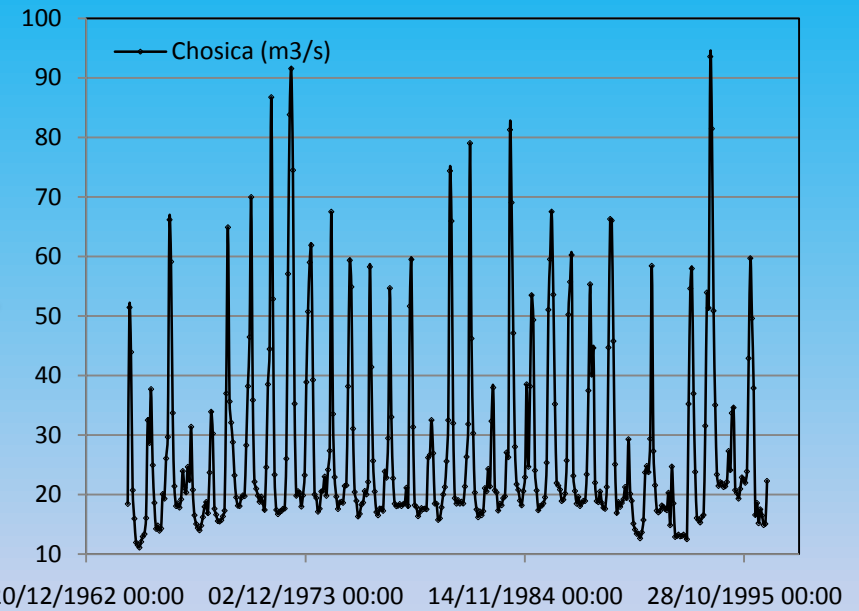
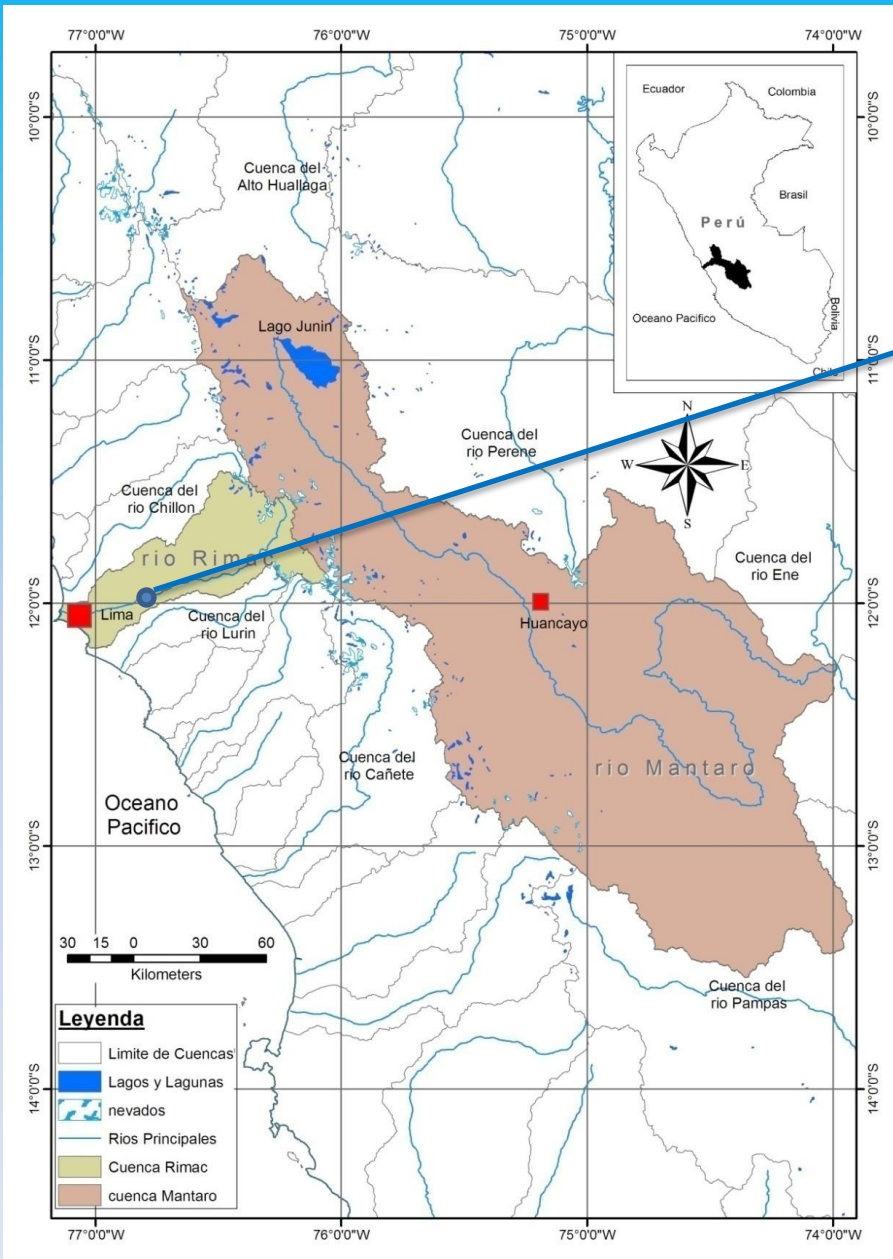
Altitud máxima → 5508 metros
(nevado Paca)

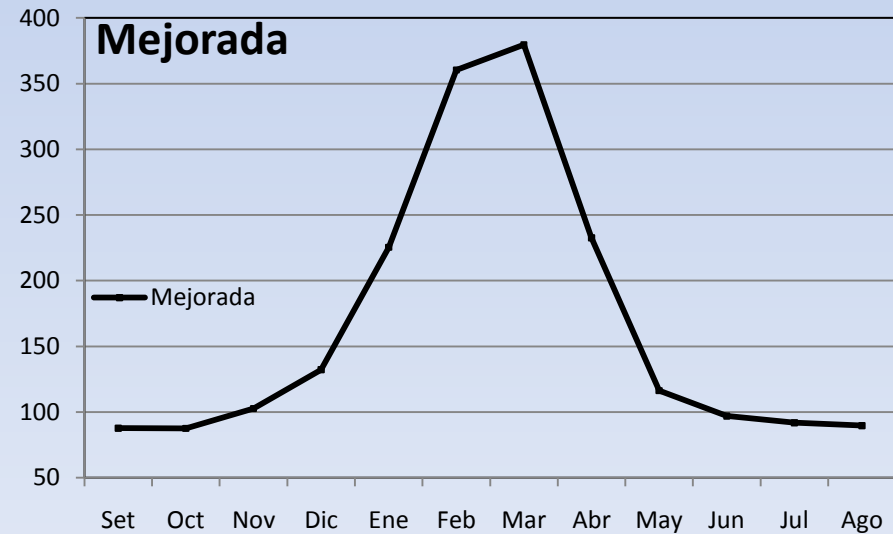
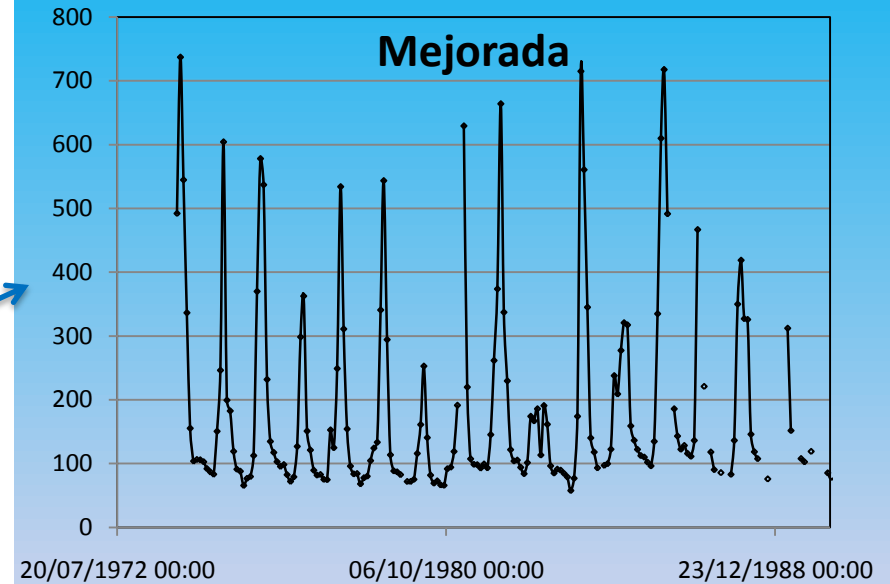
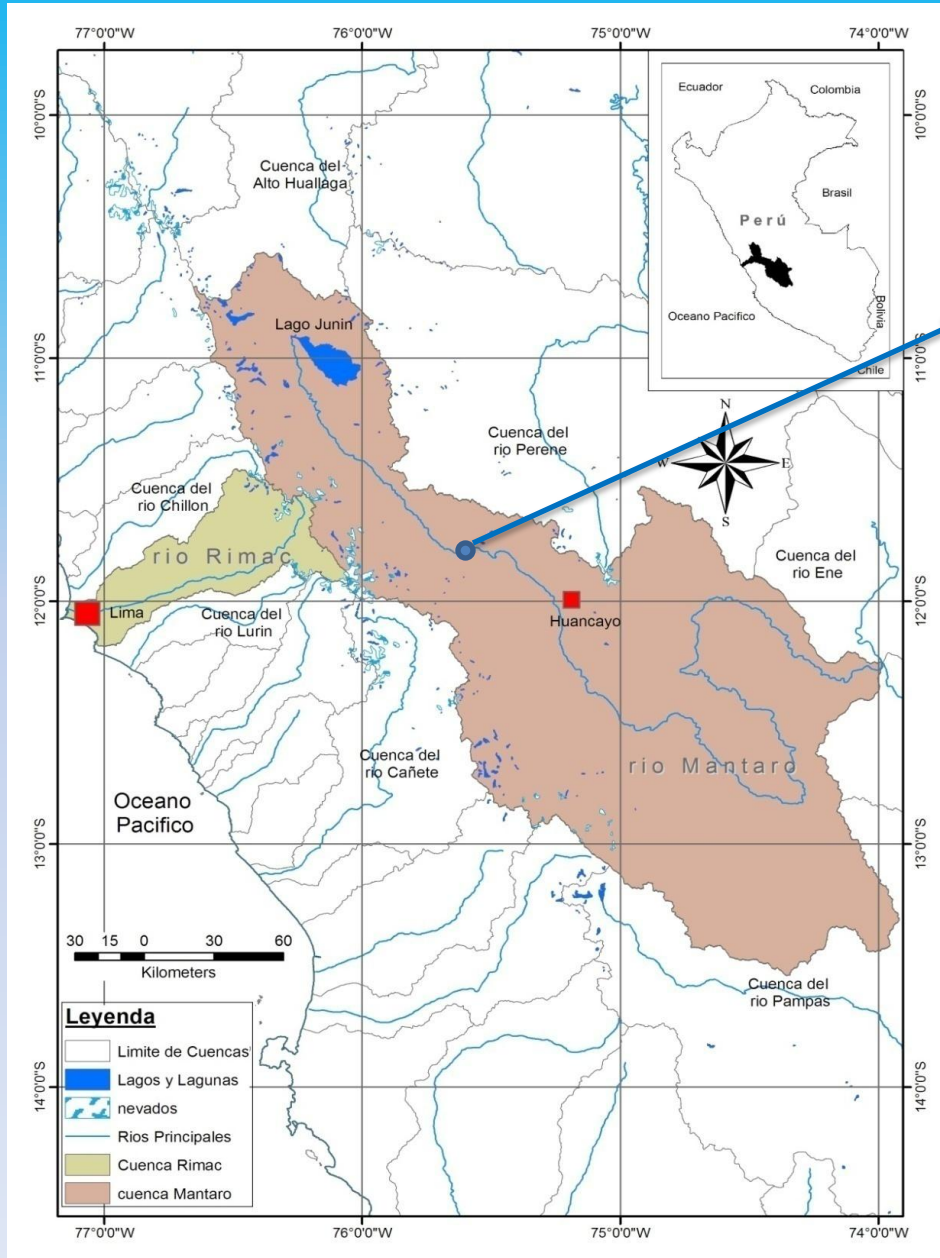
19 lagunas reguladas

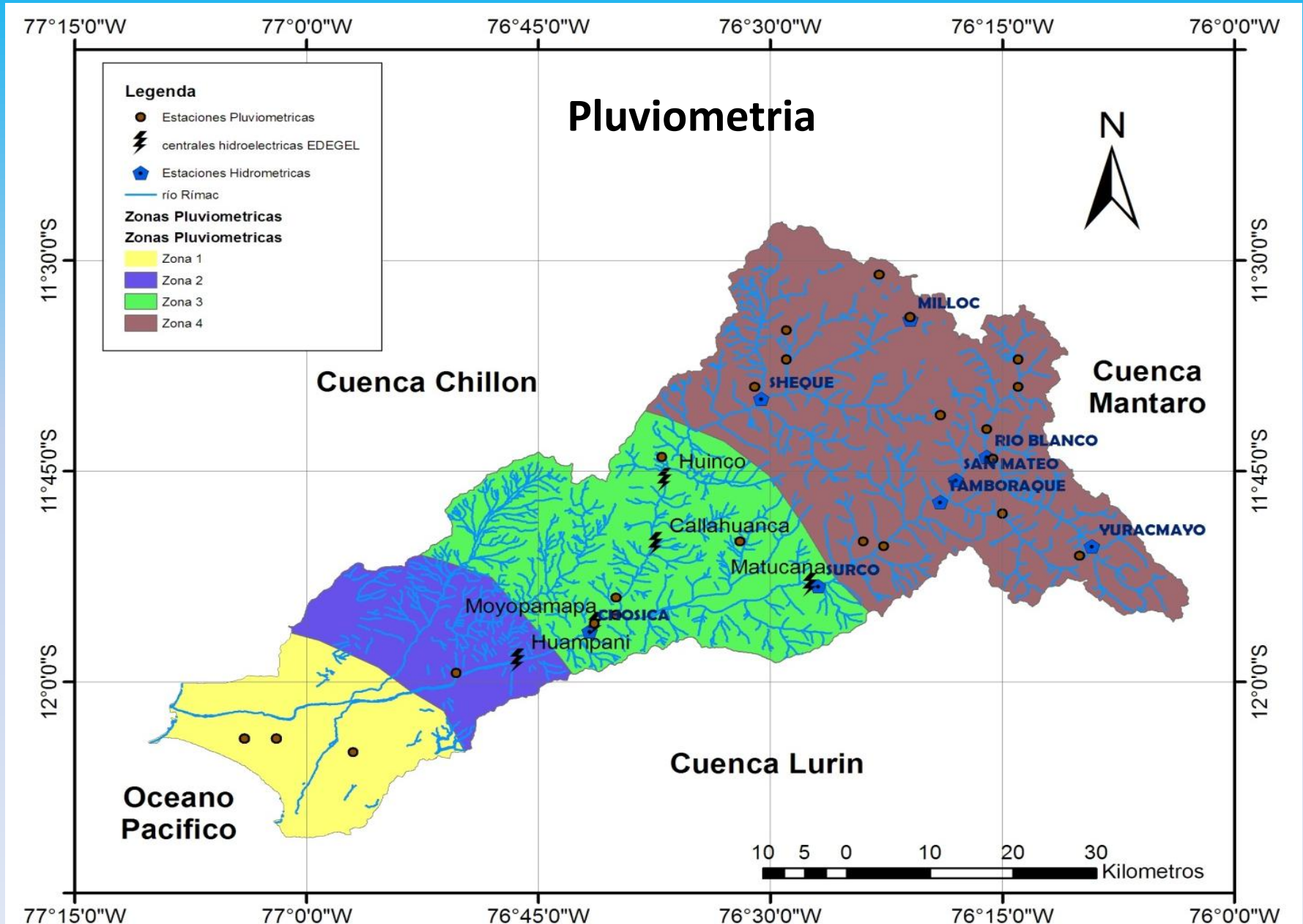
Situación de la Información hidrológica y climática

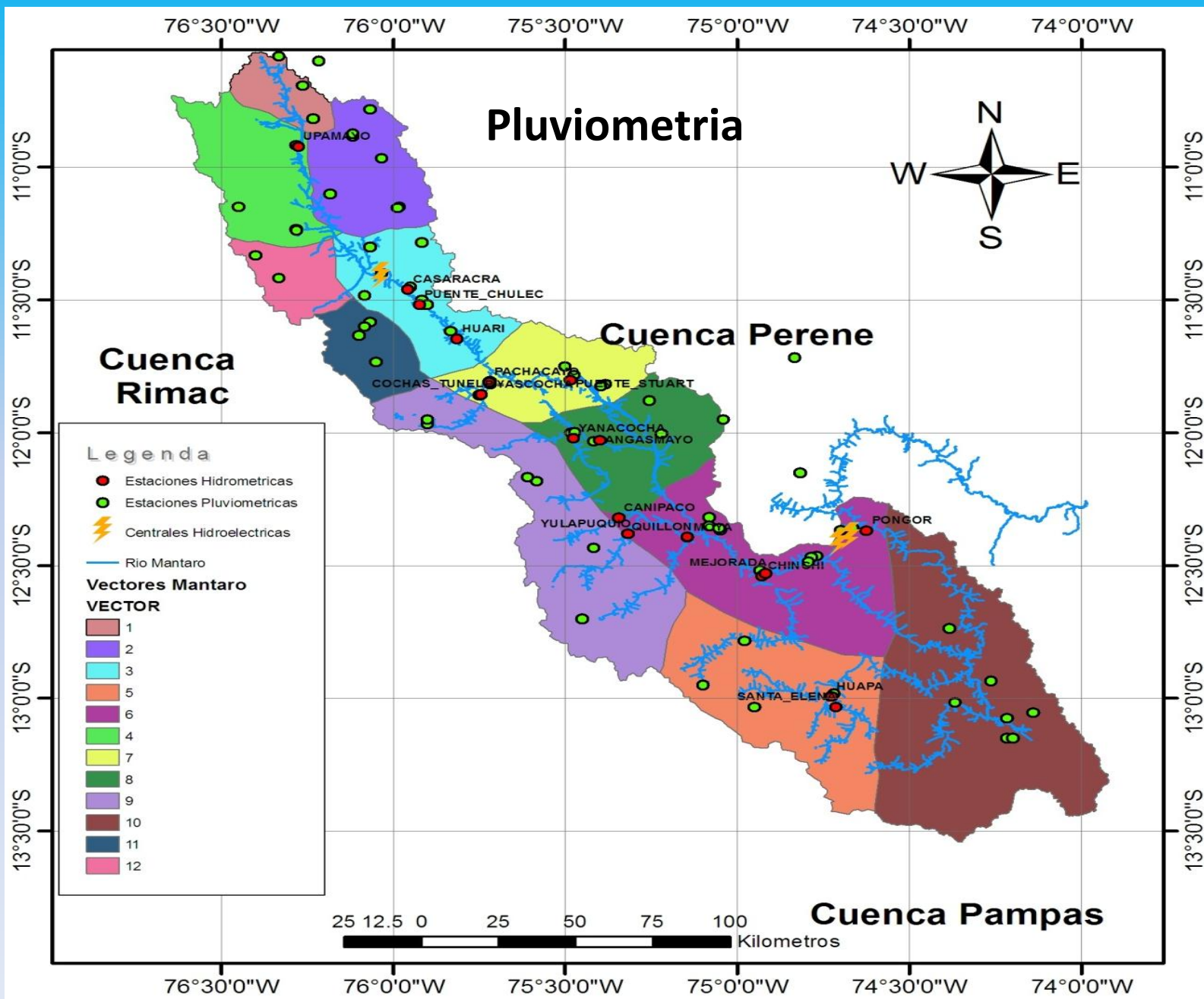
Base de datos formada por información perteneciente a Edegel (Rímac), Electroperu (Mantaro) y SENAMHI (Rímac y Mantaro)

Variables	Rímac	Mantaro
PP	24 (desde 1931)	149 (1963-2007)
Caudales	8 (desde los años 60' hasta 1997 aprox)	19
Centrales hidroeléctricas	6 (Se usan 5 de Edegel))	3

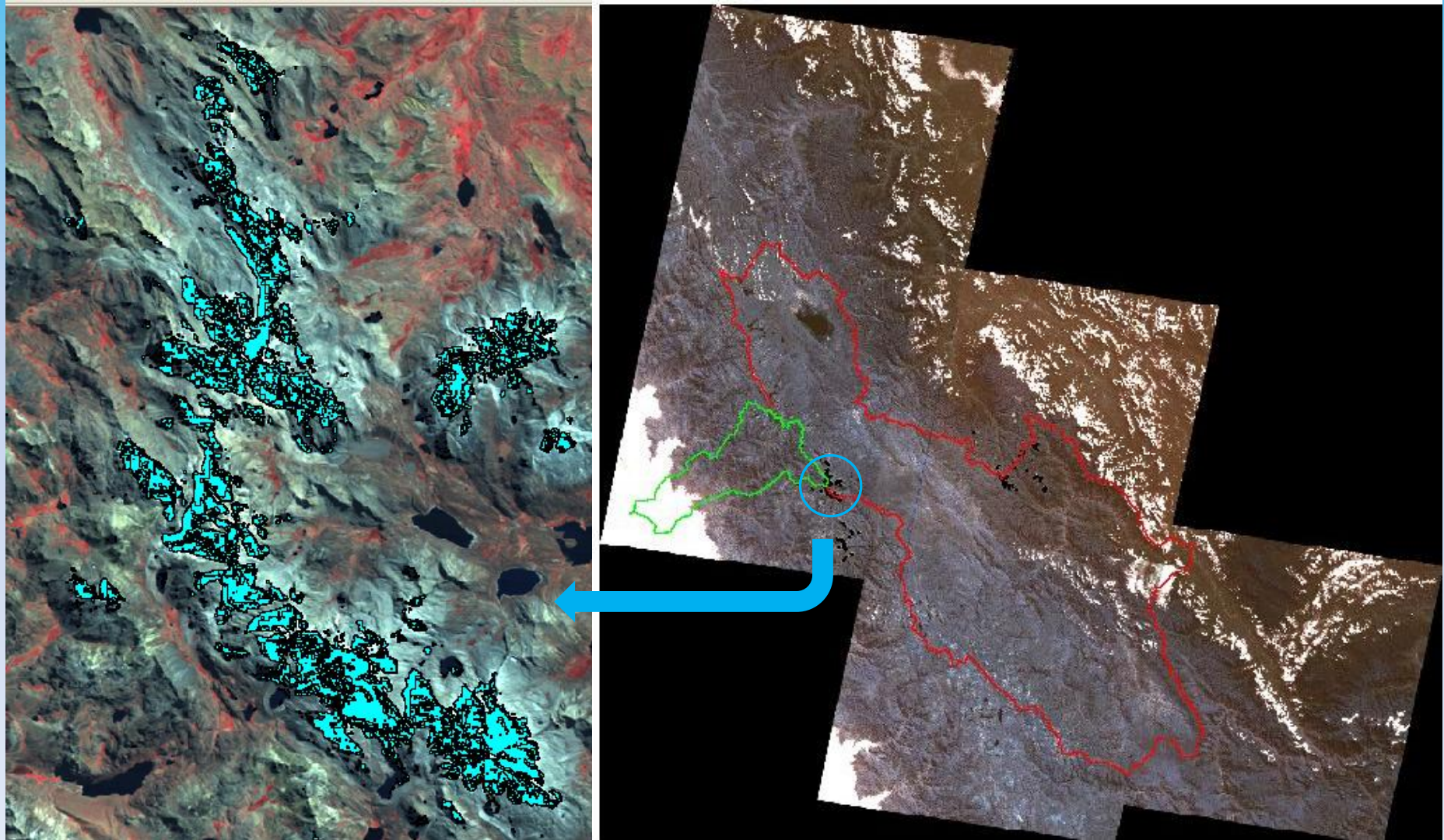








- Imágenes de Satélite: Landsat 5 de 1988 y 1997, carta nacional de 1970 (1/100000).
- Cobertura de Suelos en el Mantaro
- Cobertura glaciar Rímac y Mantaro

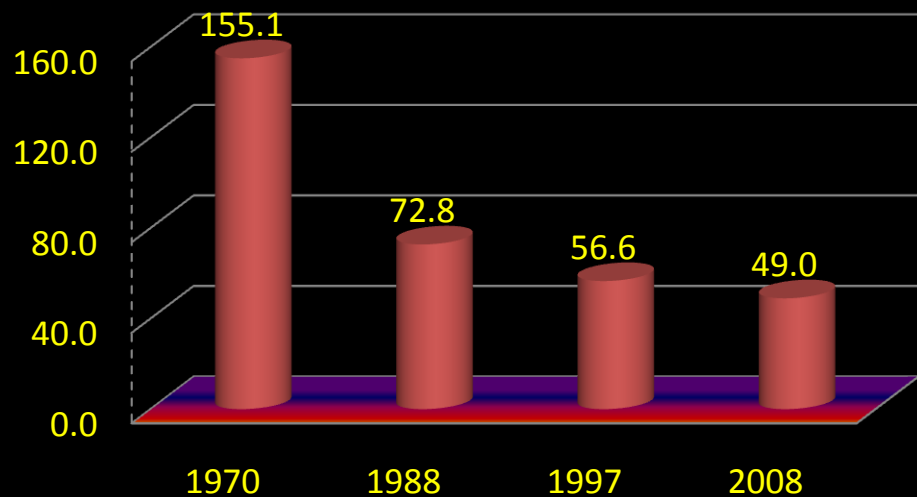


•Fuente:

Inventario Nacional (1970)
(Landsat5; ASTER) SENAMHI

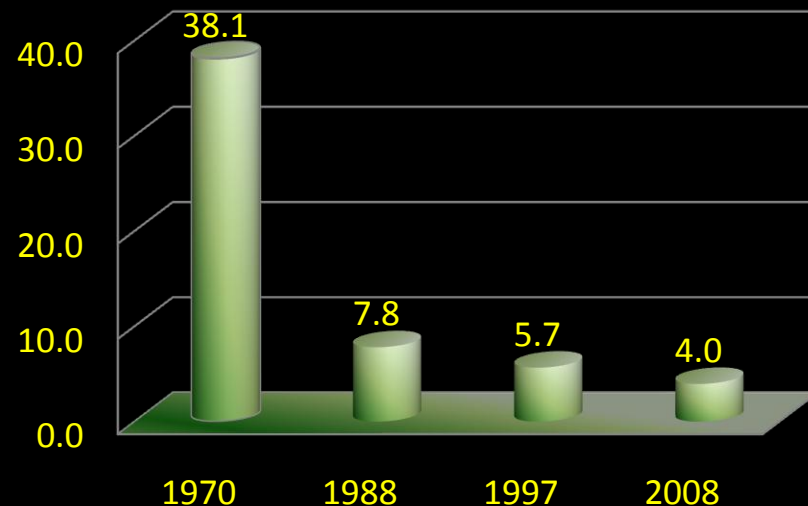
Cuantificación del retroceso glaciar
(km²)

Mantaro



Porcentaje	1970	1988	1997	2008
Mantaro	100	47.0	36.5	31.6
Rimac	100	20.5	14.8	10.4

Rimac



•Volumenes? - Impacto sobre los caudales?

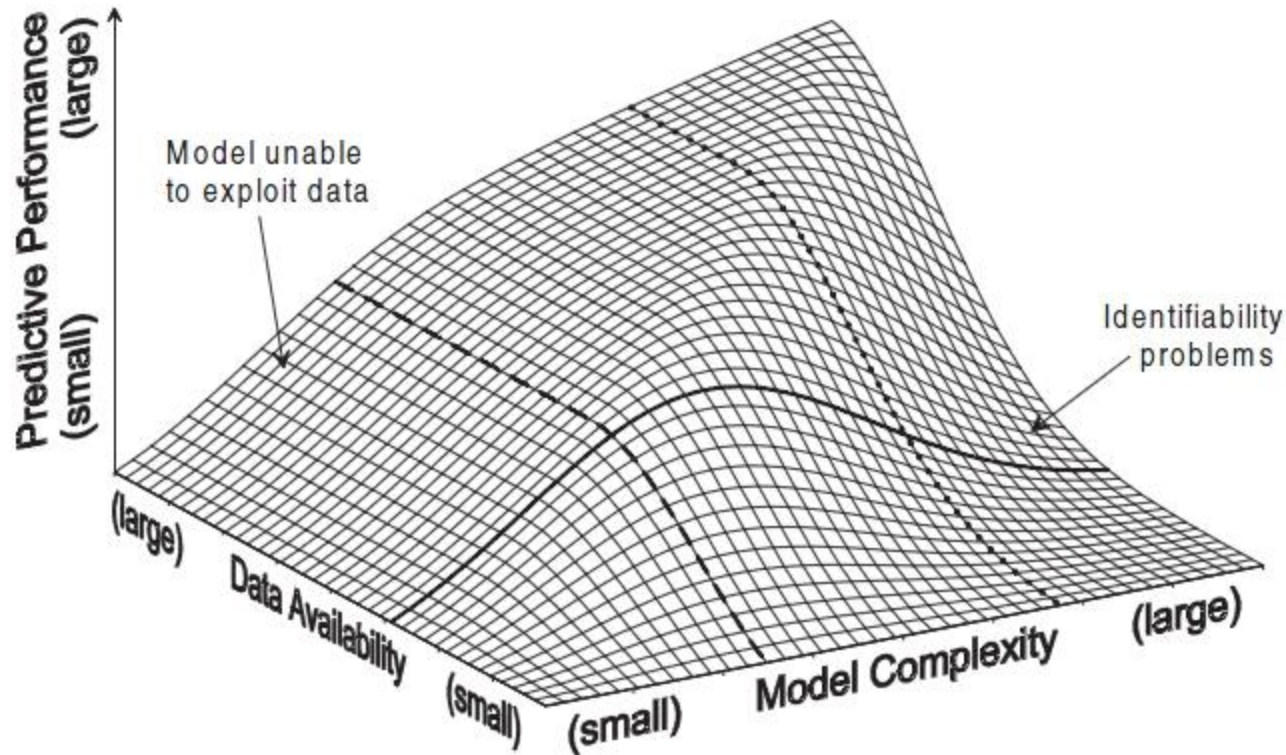


Figure 3.9. Schematic diagram of the relationship between model complexity, data availability and predictive performance.

Modelo WEAP del SEI – Stockholm Institute Environment

En el marco del proyecto del Banco Mundial

Modelo Lluvia/Escorrentamiento
semi-distribuido

Paso de tiempo mensual

Modelo a reservorio

Datos de entrada

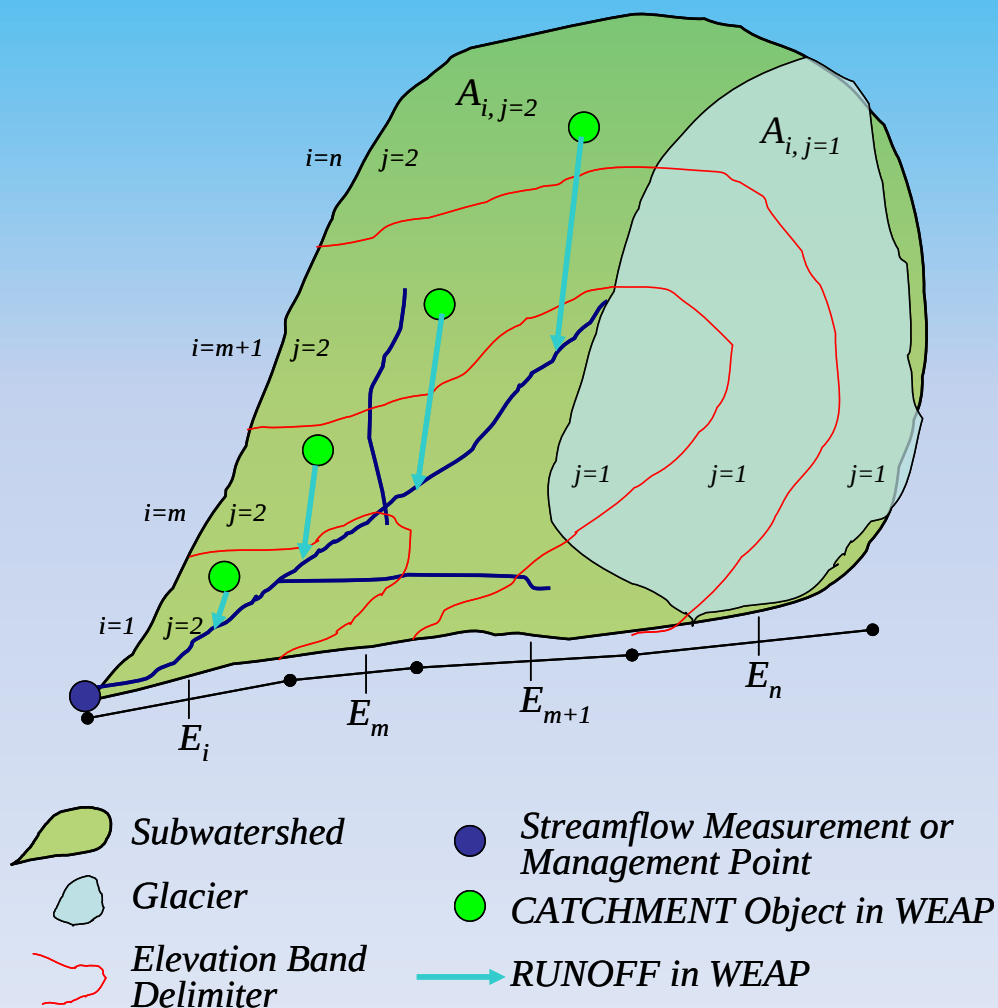
- capas SIG (superf. + suelos)
- T° , P

Parámetros

- 5 por cada zona de altura

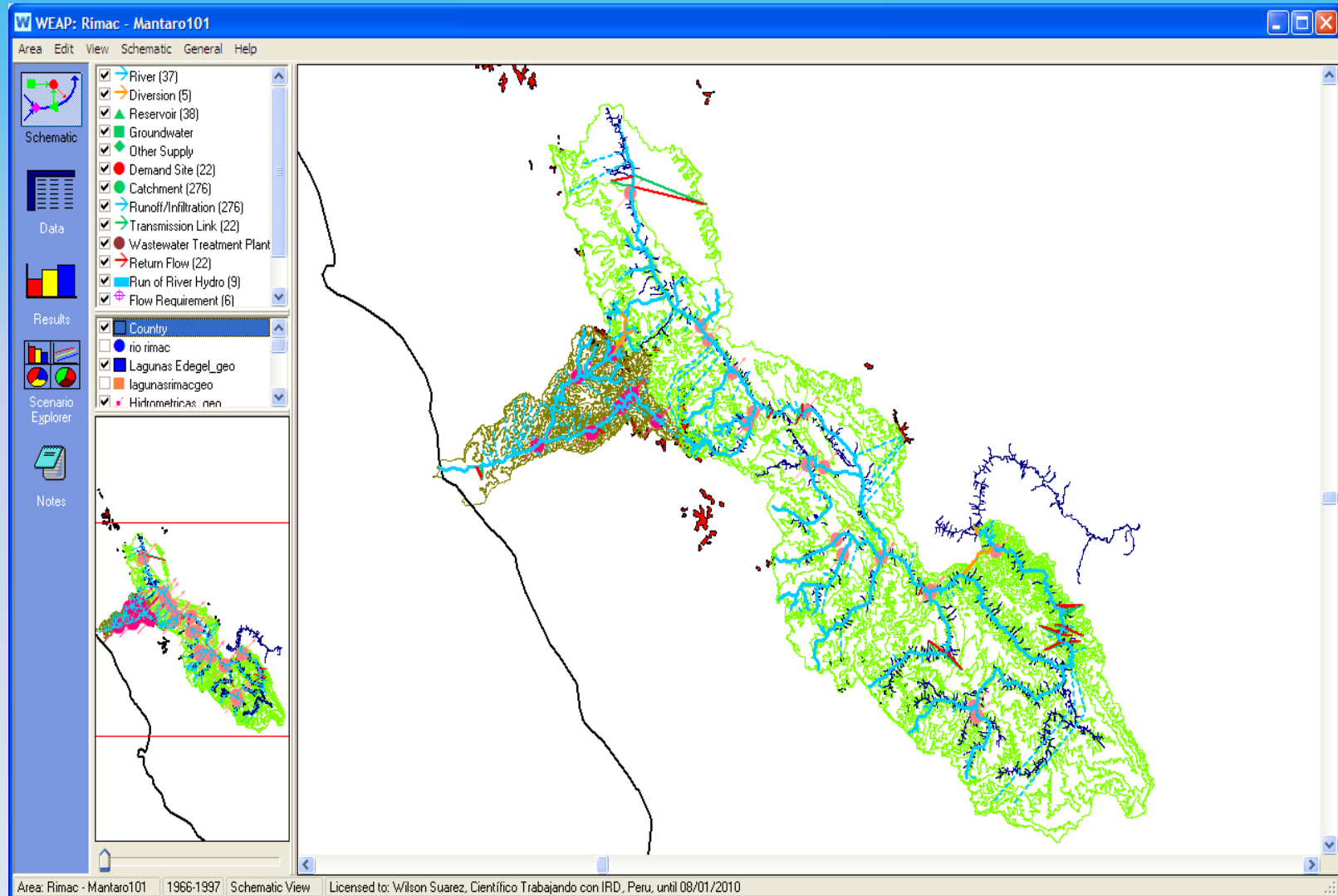
Salida de los modelos

- escorrentamiento
- extensión de los glaciares
- posición de la ELA

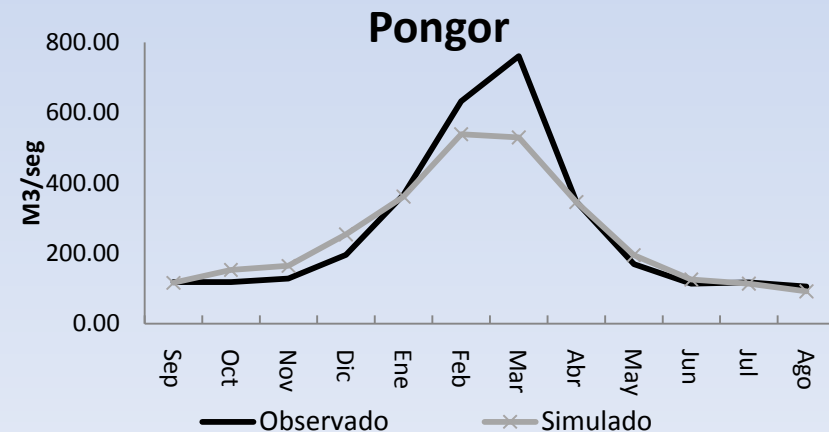
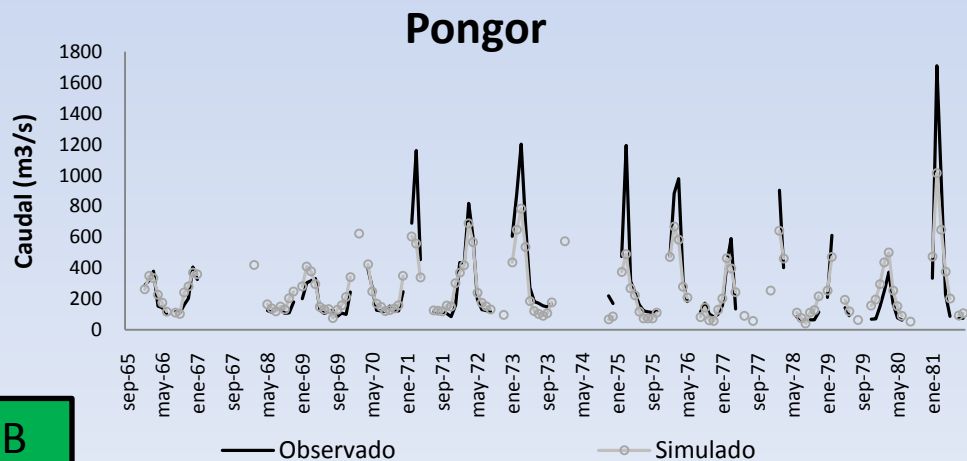
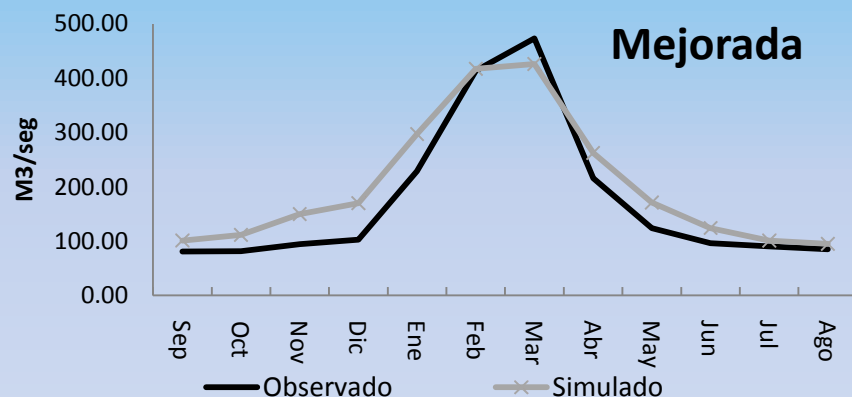
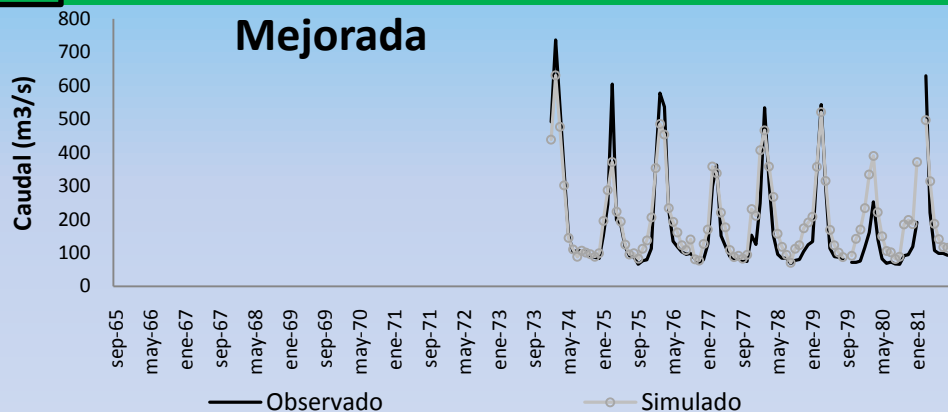
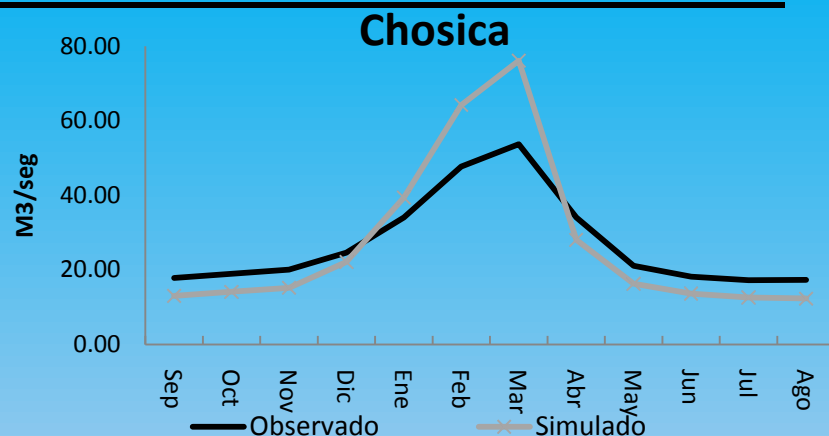
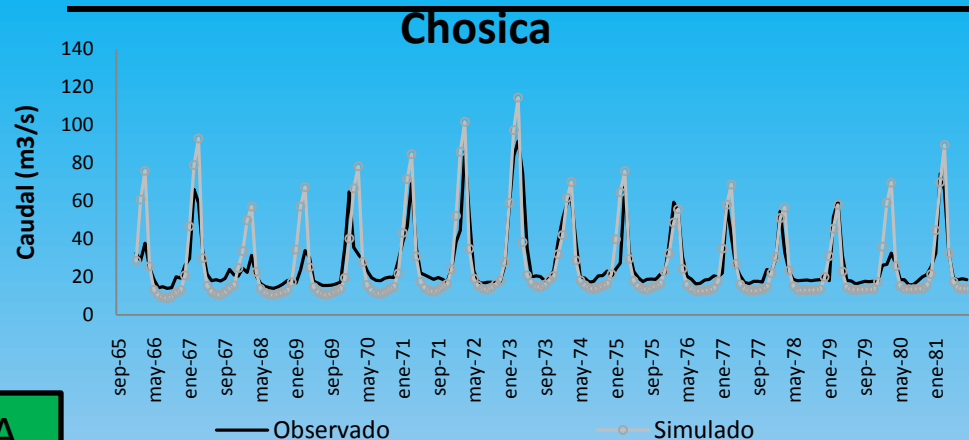


Rímac y Mantaro dentro de WEAP

108 Catchments en Rímac y 171 sobre el Mantaro



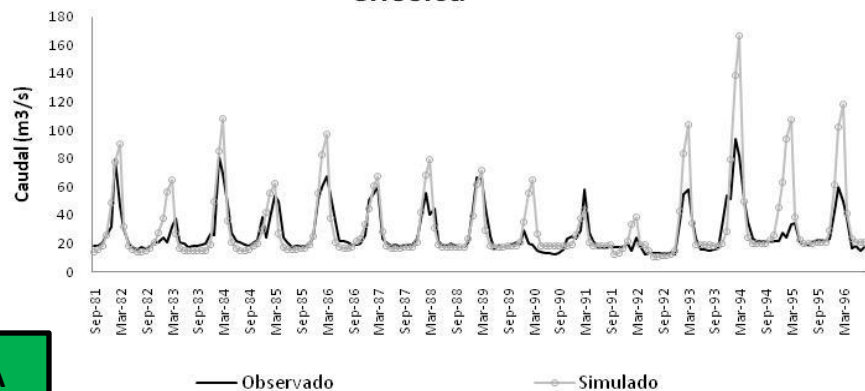
A



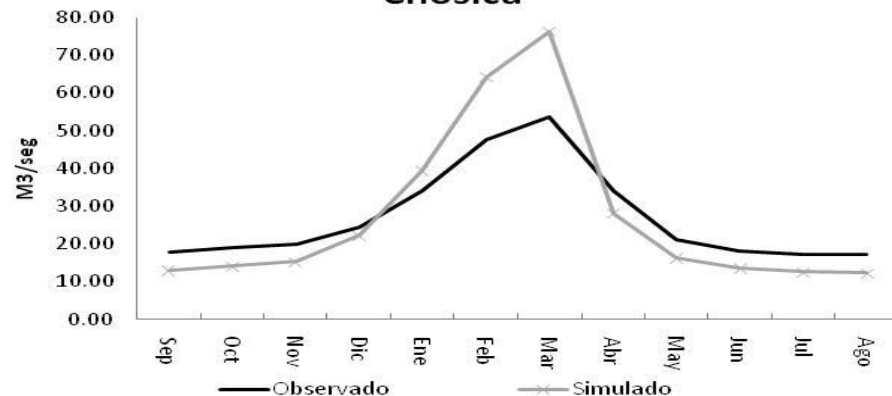
B

A

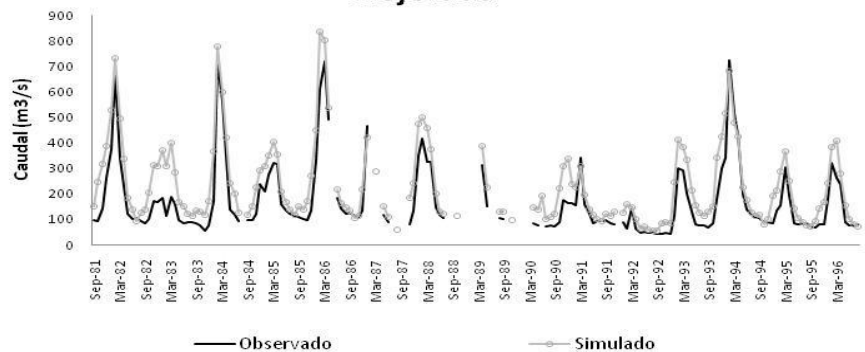
Chosica



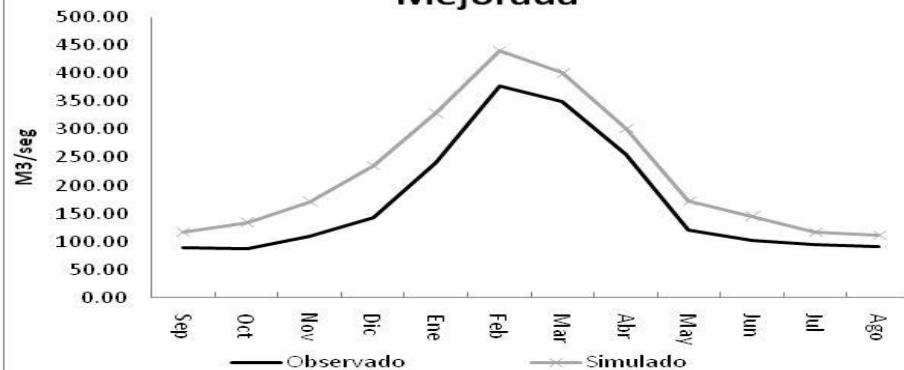
Chosica



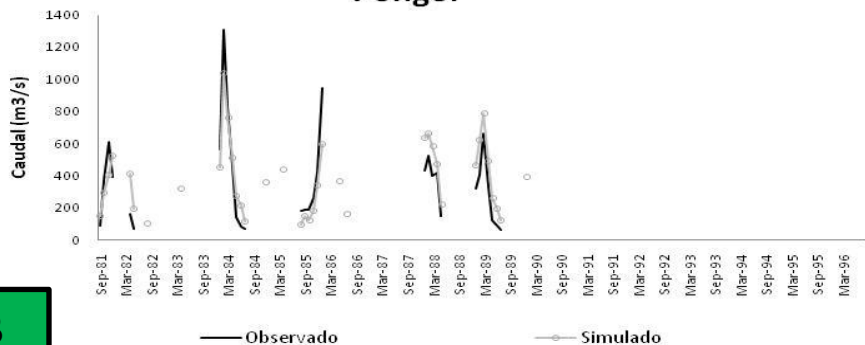
Mejorada



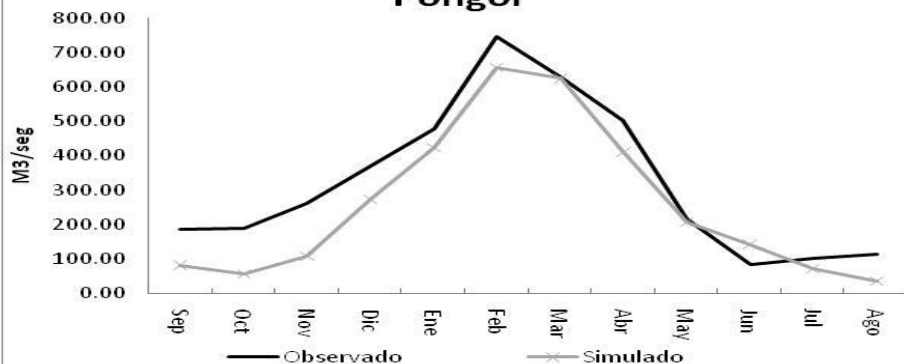
Mejorada



Pongor



Pongor



B

Lamina Ecurrida

Estación	Cuenca	Nash	Balance	$r^2(1)$	BIAS	RMSE
Piñascocha	Mantaro	-0.03	1.72	0.61	72.01	105.31
Yulapuquio	Mantaro	0.54	0.92	0.63	-8.11	76.93
Canipaco	Mantaro	0.55	0.87	0.79	-13.21	59.21
Casaracra	Mantaro	-0.02	1.48	0.59	48.17	83.97
Cochas Tunel	Mantaro	0.45	1.12	0.52	11.67	68.78
Pachacayo	Mantaro	0.63	1.01	0.63	1.10	59.19
Yanacocha	Mantaro	-0.83	2.37	0.74	136.83	161.48
Angasmayo	Mantaro	0.77	1.15	0.82	15.01	52.11
Huapa	Mantaro	0.71	1.07	0.74	7.35	55.75
Huari	Mantaro	0.70	0.88	0.77	-11.94	53.28
Chinchi	Mantaro	0.72	0.96	0.77	-4.41	55.58
Upamayo	Mantaro	0.53	1.19	0.65	19.30	53.60
Puente Chulec	Mantaro	0.70	1.08	0.72	8.47	36.18
Puente Stuart	Mantaro	0.75	1.44	0.79	44.17	39.89
Mejorada	Mantaro	0.81	1.16	0.85	15.90	38.04
Pongor	Mantaro	0.75	0.93	0.82	-7.32	51.50
Santa Elena	Mantaro	0.61	0.81	0.79	-19.50	76.54
Quillón	Mantaro	0.19	1.61	0.68	61.44	84.17
Moya	Mantaro	0.60	1.19	0.65	19.09	56.28
Sheque	Rímac	-0.33	0.68	0.53	-32.42	49.24
Chosica	Rímac	0.39	1.01	0.72	1.08	44.96
Yuracmayo	Rímac	0.38	0.63	0.57	-36.55	74.12
Rio Blanco	Rímac	0.59	1.19	0.66	19.29	63.26
San Mateo	Rímac	-0.01	0.60	0.71	-39.52	48.26
Tamboraque	Rímac	0.55	0.69	0.76	-30.74	45.47
Surco	Rímac	0.64	0.81	0.73	-19.33	42.19

26

17

17

24

17

Nash>0.5

Balance[0.8-1.2]

$r^2(1)>0.55$

Balance[0.8-1.2]

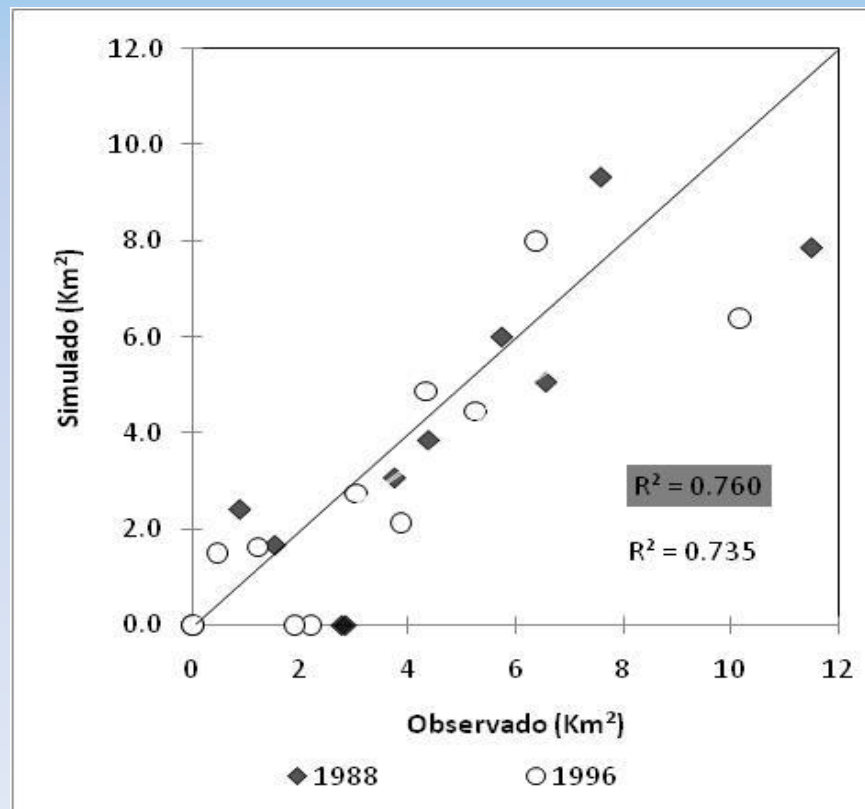
Calibración con parámetros diferentes para cada cuenca

Simulación Glaciar

Simulación considerando que el área glaciar comienza en 1966, años de evaluación 1988 y 1996

a snow:	300
a ice:	600
T°:	1.7

	Medido (Km ²)			Simulado (KM2)	
	1970	1988	1997	1988	1996
Azu11	14.42	11.49	10.16	9.1	7.7
Carh10	4.32	2.77	2.2	0.0	0.0
Hua09	19.73	7.58	6.38	11.3	9.7
Huap08	3.66	0	0	0.0	0.0
Huay10	3.13	1.53	1.21	1.8	1.8
Mej07	12.84	6.56	5.25	6.2	5.3
Pte.St08	17.55	5.74	4.33	7.5	5.8
Pte.chu09	12.16	2.84	1.9	0.0	0.0
Sma08	6.25	0.88	0.46	3.2	2.3
Tem10	4.79	3.75	3.04	3.5	3.3
Upa10	4.63	0	0	0.0	0.0
Yurac10	9.67	4.38	3.87	5.0	3.7



$Q_{Sim} \approx Q_{Obs}$ -----> Adecuado proceso de simulación del escurrimiento

Simulación del Derretimiento glaciar --> Adecuado con áreas observadas.

Si bien es cierto que la modelización es realizada como un sistema único, el proceso de validación y calibración se hizo de manera individual en las cuencas con parámetros diferentes.

Posibilidades del modelo:

- Uso del agua (antrópico)
 - Evaluación de distintos usos poblacionales del agua.
 - Usos en irrigación (posibilidades de cultivos).
 - Evaluación de implementar nuevas plantas y/o reservorios.
- Cambio Climático (Escenarios futuros)
 - Estimación de disponibilidad de agua
 - Estimación de la cobertura glaciar futura

- Aumentar la discretización espacial de las cuencas.
 - Posibilidad de trabajar sobre la calidad de agua.
 - Posibilidad de adjuntar un modelo hidrogeológico (Necesidad de datos).
-

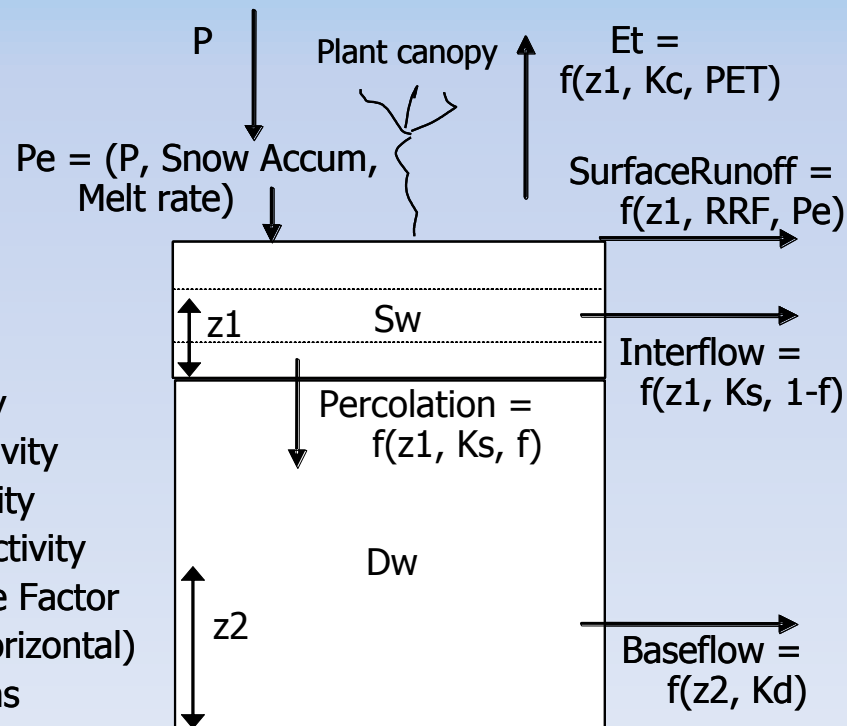
Gracias



japaestegui @gmail.com
thomas.condom@ird.fr

	Rimac	Mantaro
Kc:	0.9	1.2
Sw :	9	9
Dw:	7500	300
RRF:	0.3	0.3
Ks:	12	6
Kd:	800	300
f:	0.2	0.2
Z1:	30	30
Z2:	10	30
a snow:	300	300
a ice:	600	600
T°:	1.7	1.7
K snow:	0.5	0.5
K ice:	0.5	0.5

Los principales problemas ligados a la simulación del Mantaro van ligados a un exceso de agua simulada en las subcuentas, esto se podría arreglar con una simulación individual a cada sub cuenca o en general aumentar la salida de agua del sistema Mantaro en general (aumentar la ETP o la infiltración del agua sub suelo sin que se convierta en caudal base).



K_c = Crop coefficient
 Sw = Root zone capacity
 K_s = Root zone conductivity
 Dw = Deep water capacity
 K_d = Deep water conductivity
 RRF = Runoff Resistance Factor
 f = Flow direction (% horizontal)
 z_1, z_2 = storage fractions