



PERÚ

**Ministerio del
Ambiente**

**Servicio Nacional de Meteorología e
Hidrología SENAMHI**

Modelización del rol hidrológico de los glaciares dentro del modelo WEAP: Caso de estudio la Cuenca del río Santa.

Wilson Suarez (SENAMHI)

INDICE

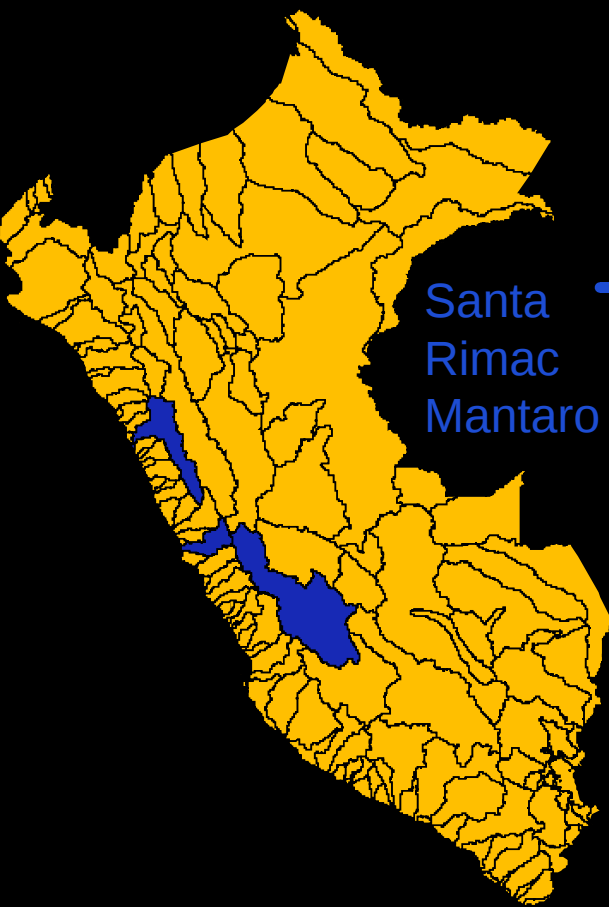
- Objetivos, contexto y descripción de la zona de estudio
- Elaboración del Modelo
- calibración y Validación del Modelo
- Resultados
- Conclusiones
- Perspectivas

Objetivos	Elaboración del modelo	Calibración y validación	Resultados	Conclusiones	Perspectivas
-----------	------------------------	--------------------------	------------	--------------	--------------

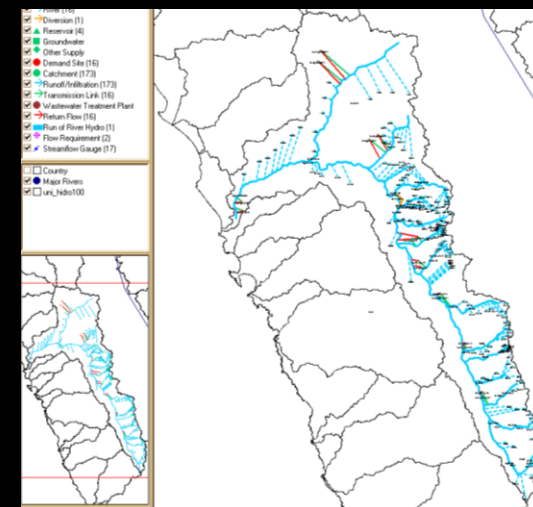
Objetivos:

Elaboración de un modelo hidrológico capaz de representar los caudales dentro de cuencas glaciares bajo diferentes escenarios climáticos.

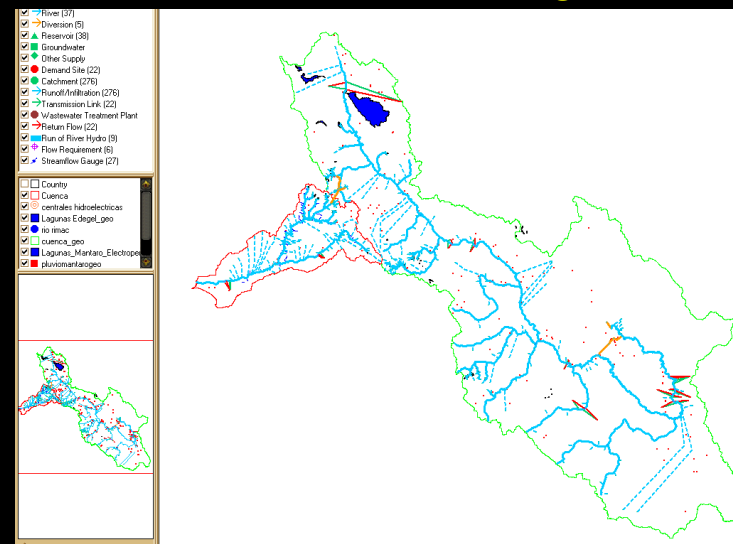
-Banco Mundial y Ministerio de Energía y Minas del Perú.



-Generación E.
Huampani
Santiago A. M.
Cañón del Pato
-Uso humano
Lima
Huancayo
Huaraz
-Riego
Chavimochic
Valle Mantaro
Valle Rímac
-Minería
Antamina
Volcom



-Water Evaluation and Planning – WEAP



Objetivos	Elaboración del modelo	Calibración y validación	Resultados	Conclusiones	Perspectivas
-----------	------------------------	--------------------------	------------	--------------	--------------

➤ Zona de Estudio

Superficie: 11721 km²

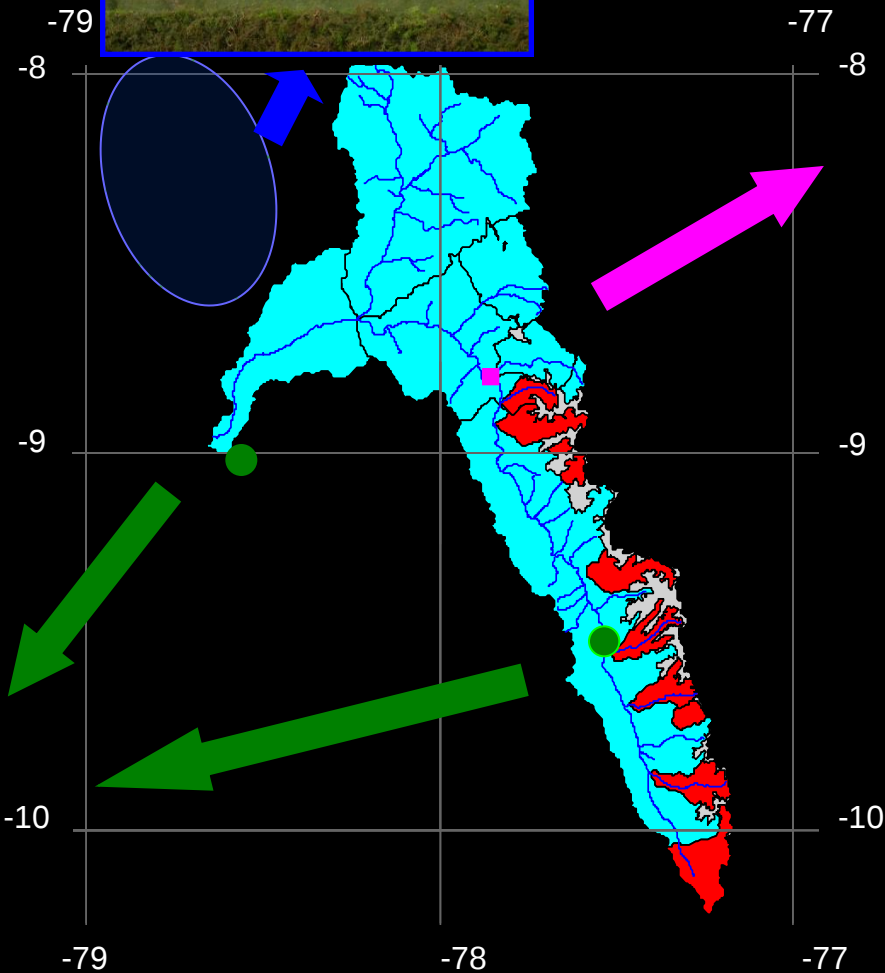


78 310 Ha
Producción eléctrica
Agua potable



Potencia: 263 Mw.

Huaraz: 50000 hab.
Chimbote: 60000 hab.



Glaciares: 381 km²
Turismo.
Pequeña agricultura.

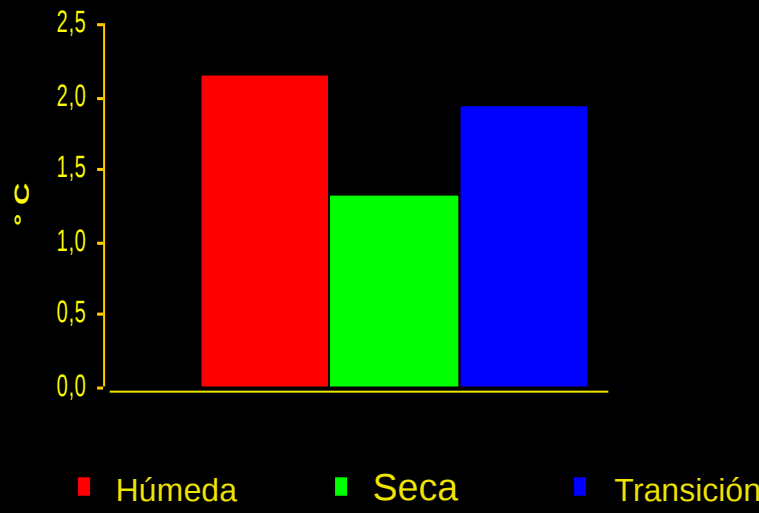
Objetivos	Elaboración del modelo	Calibración y validación	Resultados	Conclusiones	Perspectivas
Zona de Estudio					

➤ Temperatura, precipitación y evaporación

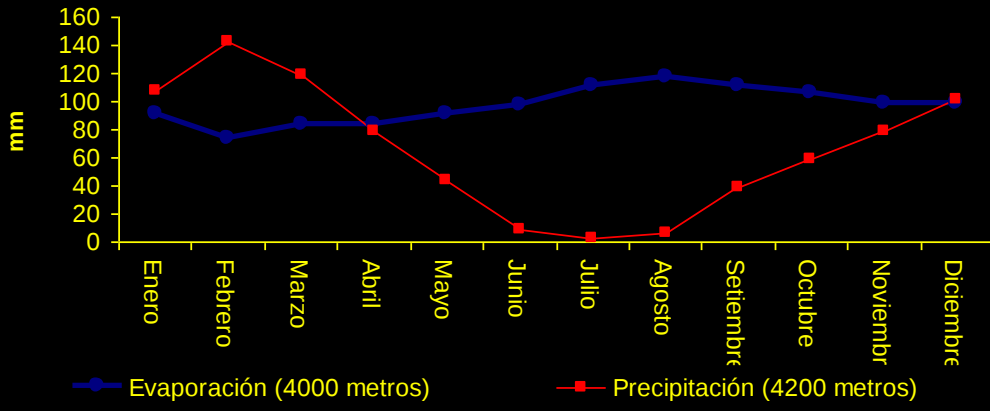
•Temperatura : Diferentes estaciones

•Evaporación y precipitación :

Glaciar Artesonraju (4980 metros)



Cordillera Blanca



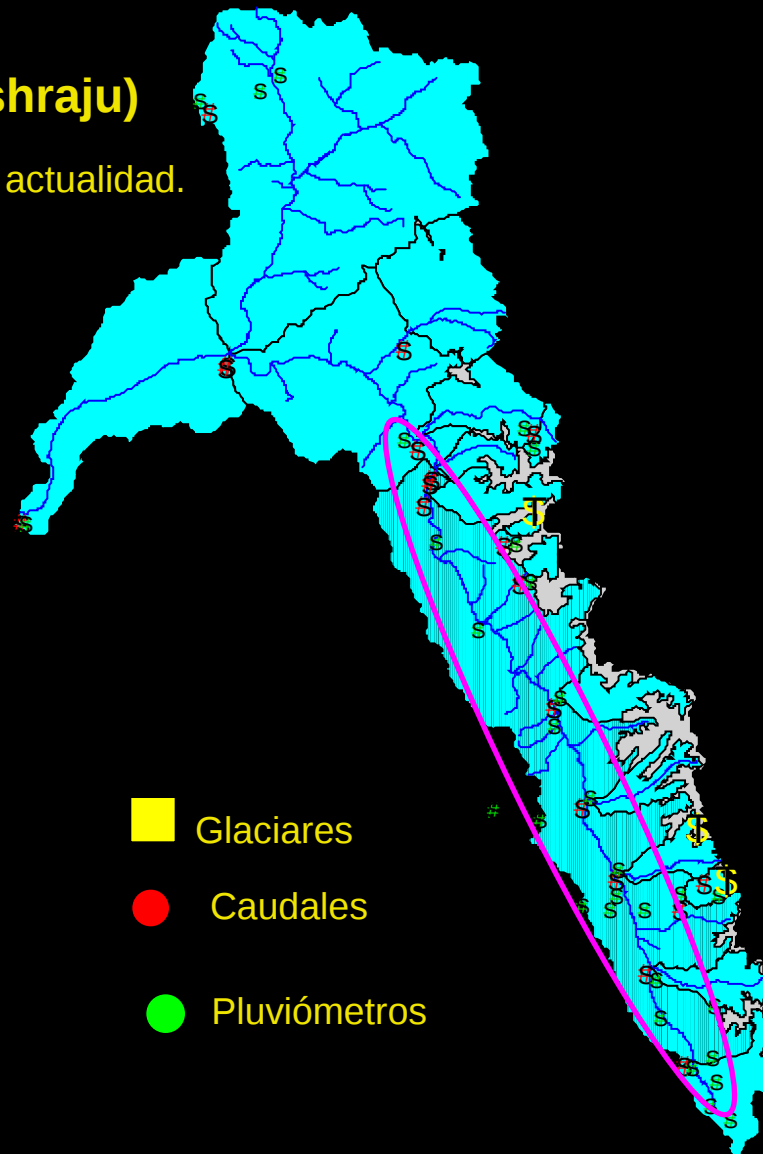
Método de Penman modificado por Garcia: 1100 mm anual (Tarazona, 2005)

Objetivos	Elaboración del modelo	Calibración y validación	Resultados	Conclusiones	Perspectivas
Zona de Estudio					

➤ Disponibilidad de datos

Zona glaciaria: (Artesonraju, Yanamarey et Uruashraju)

- Temperatura, precipitación y Caudal : A partir du 2001 hasta la actualidad.
- Altitud entre 4300 – 5000 metros.

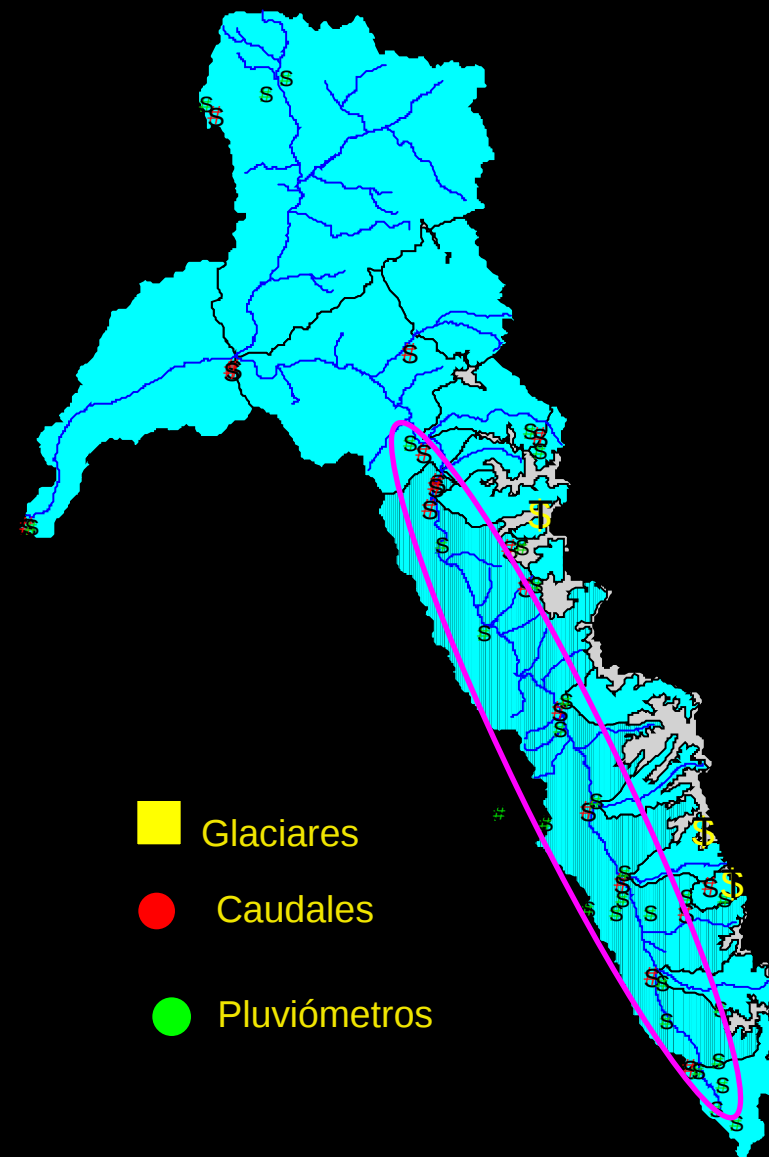
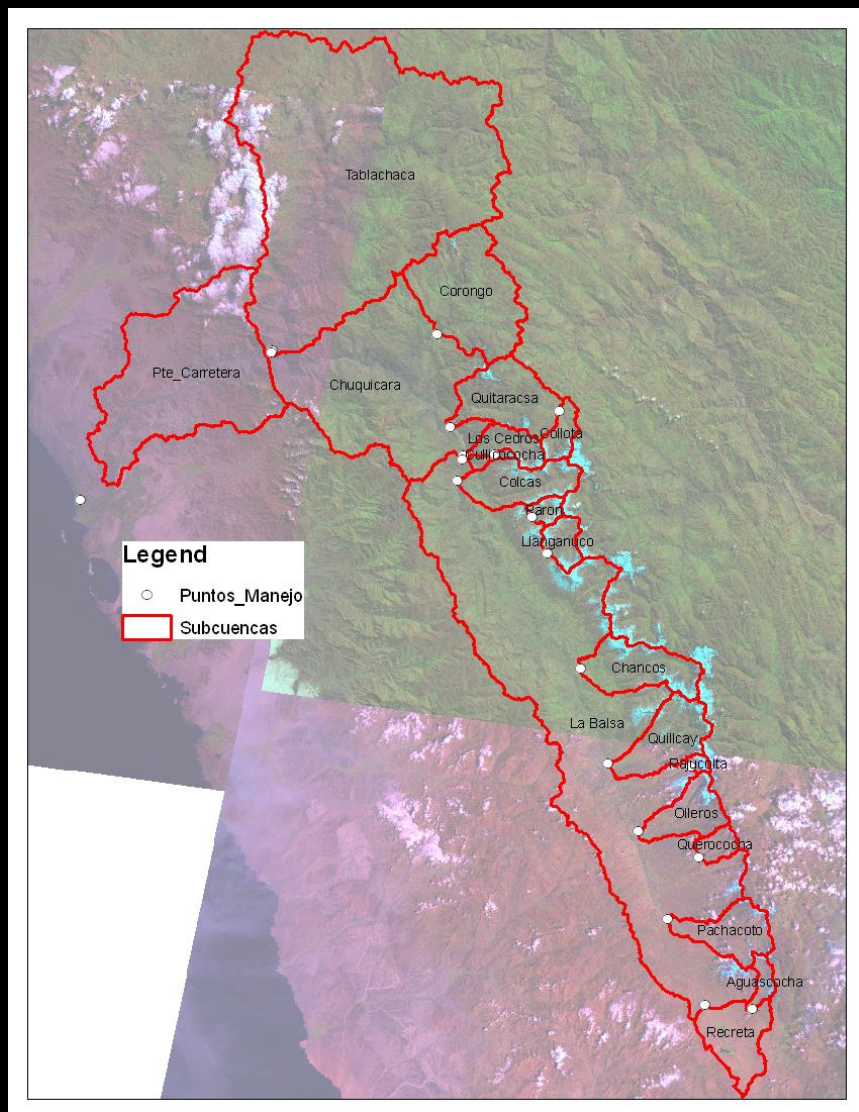


Zona no glaciaria: (11 sub cuencas)

- Precipitación y caudal : A partir de 1953 - 1997.
- Información de temperatura no abundante.
- Altitud > 2000 metros.



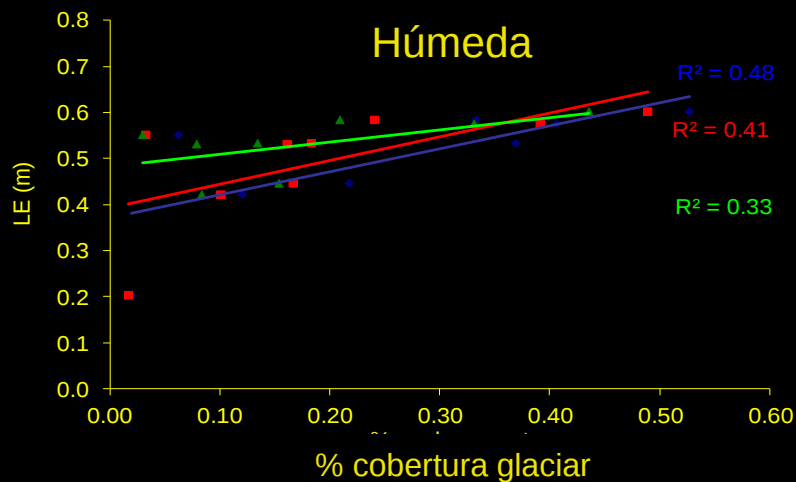
Objetivos Zona de Estudio	Elaboración del modelo	Calibración y validación	Resultados	Conclusiones	Perspectivas
------------------------------	---------------------------	--------------------------	------------	--------------	--------------



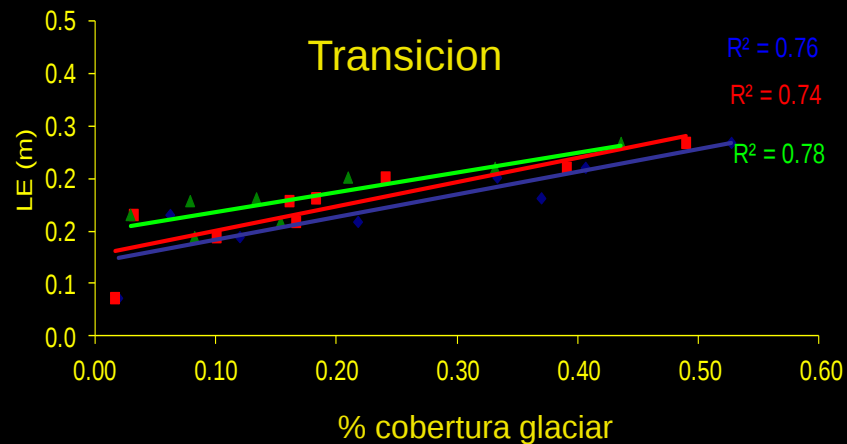
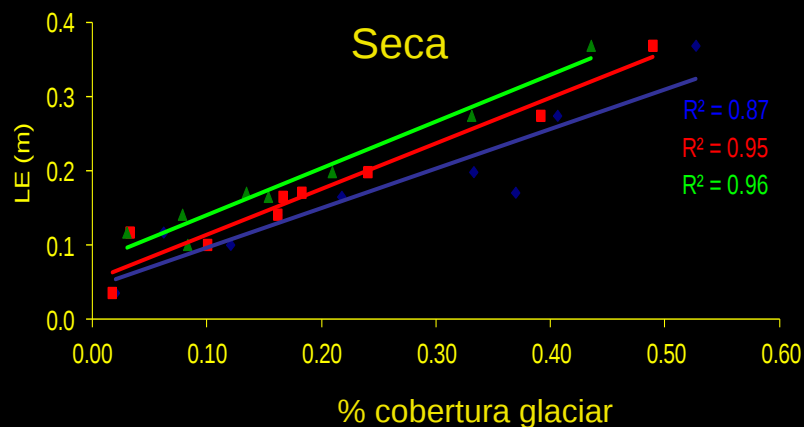
Objetivos	Elaboración del modelo	Calibración y validación	Resultados	Conclusiones	Perspectivas
Zona de Estudio					

➤ Relación entre la lamina escurrida (volumen / Area total) y la cobertura glaciar

- % cobertura glaciar (área glaciar/superficie total de la cuenca) de los años **1970** (carta nacional), **1991** (SPOT 2) et **2003** (SPOT 5).



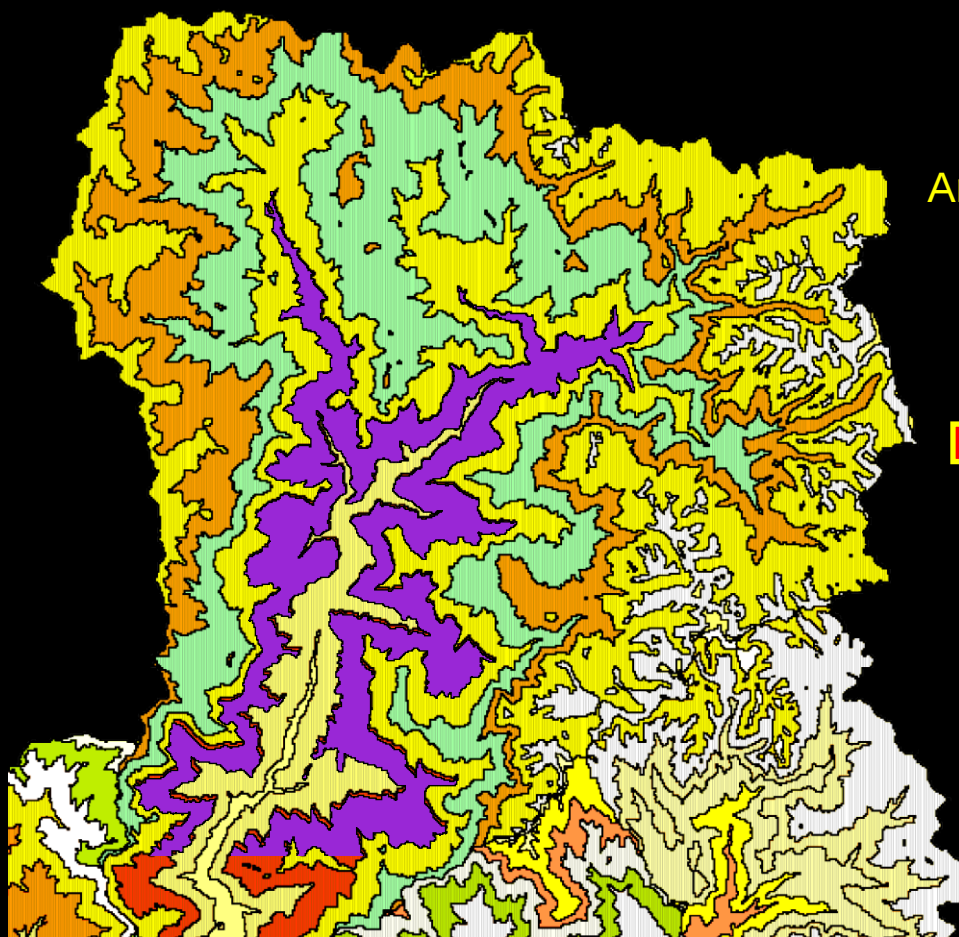
- Durante la estación húmeda la lluvia tiene una participación importante.
- Los escurrimientos de la estación de transición muestran una dependencia de la fusión glaciar.
- Durante la estación seca la lluvia no es significativa y los escurrimientos son en su totalidad de origen glaciar.



Base semi-espacial del modelo

Cuenca semi espacializada

$$PP = EV + ES + I \pm \Delta R_{\text{ervorio}} (\text{Lagos} + \text{Gl})$$



Area de captacion

Data:

- Precipitación
- Caudales
- Parámetro de infiltración
- Climatología
- Población
- Generación Eléctrica
- Glaciares
- Reservorios
- Escenarios climáticos

Metodología de Manejo
De la información

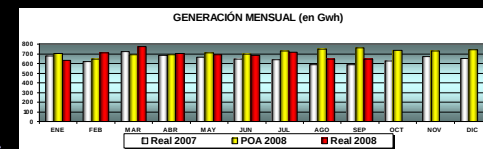
Imagen
Satélite
(Landsat 5)

Cuencas

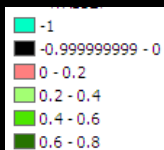
MNT

Precipitación

Hidrometría y Lagunas

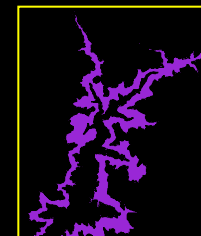


Generación Eléctrica



Armando un Modelo de Gestión de Recursos Hídricos

$$PP = EV + ES + I \pm \Delta \text{Reservorio (Lagos + Glaciares)}$$



Modelo Tipo “grado- día” (Hook, 2003)

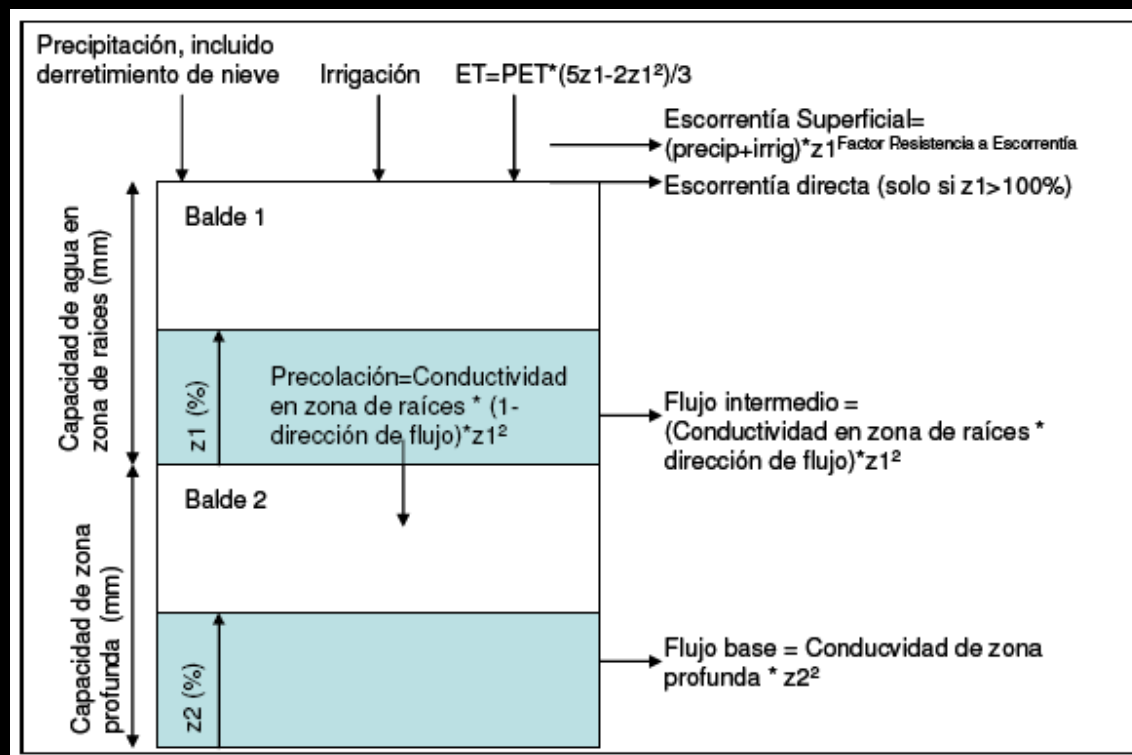
$$M = DDF_{snow/ice} \cdot T \quad T > T_t$$

M (mm): Derretimiento del hielo y la Nieve

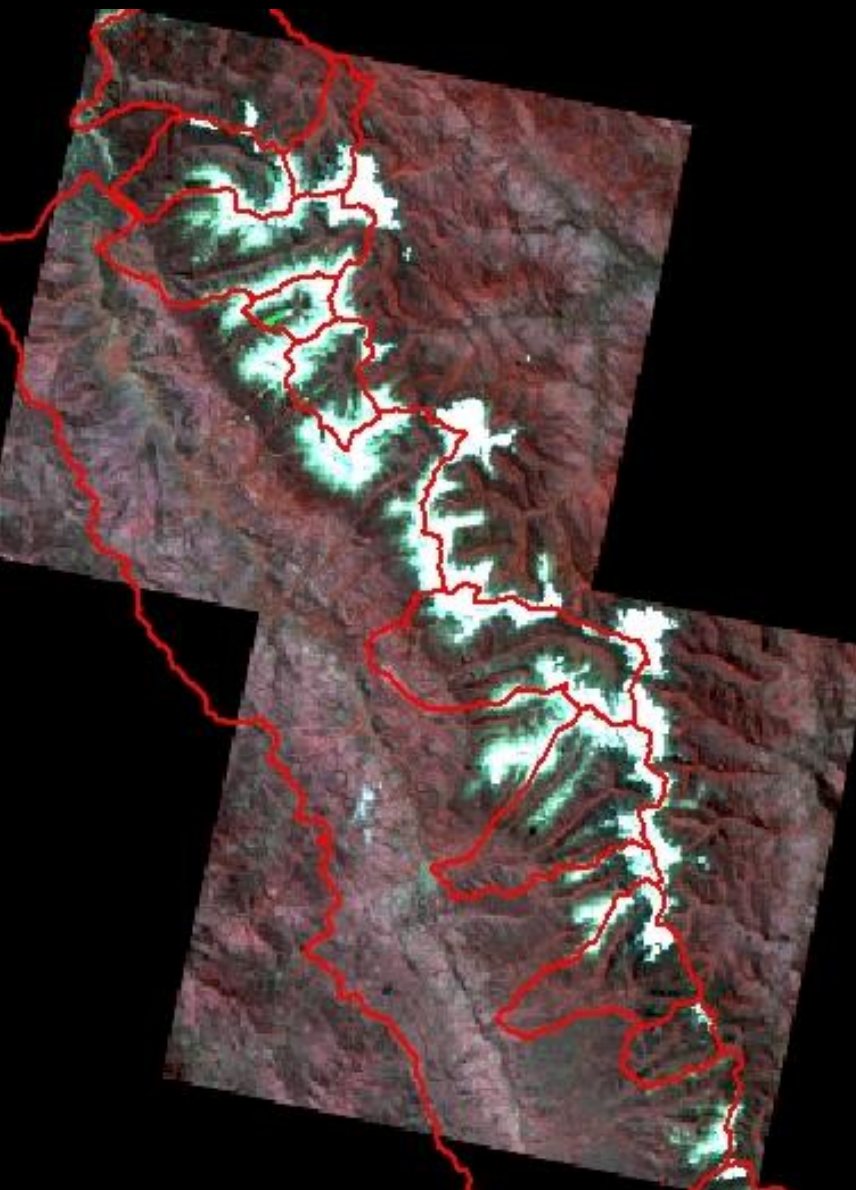
DDF: Factor de proporcionalidad Grado- Día

T: Temperatura del aire

Modulo
Glaciar

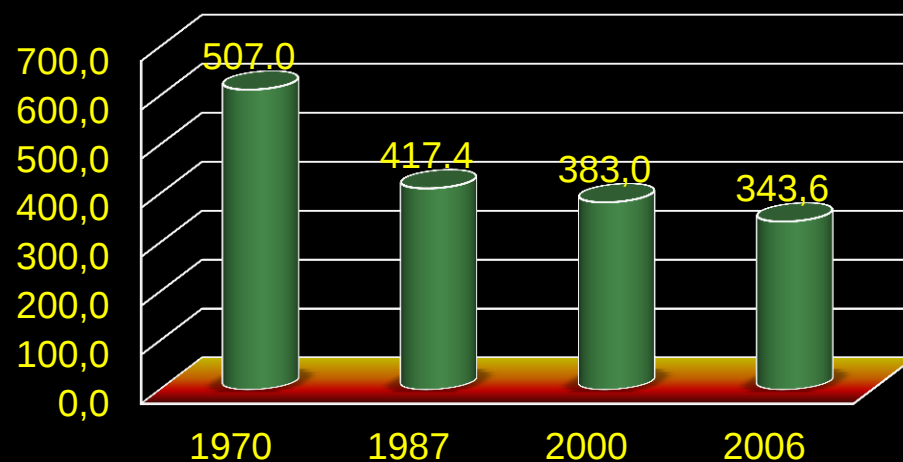


WEAP



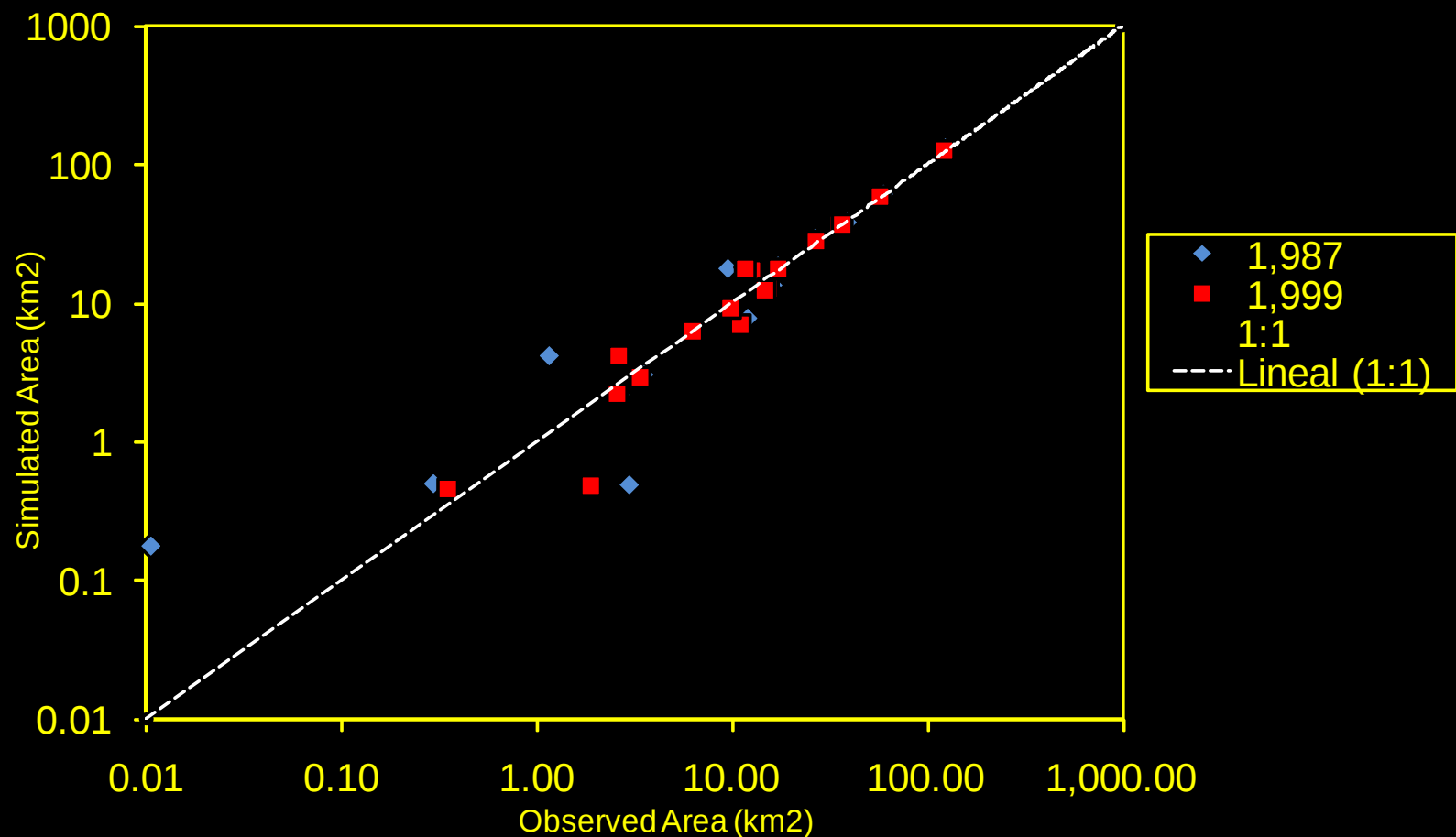
Cuenca Santa

Santa



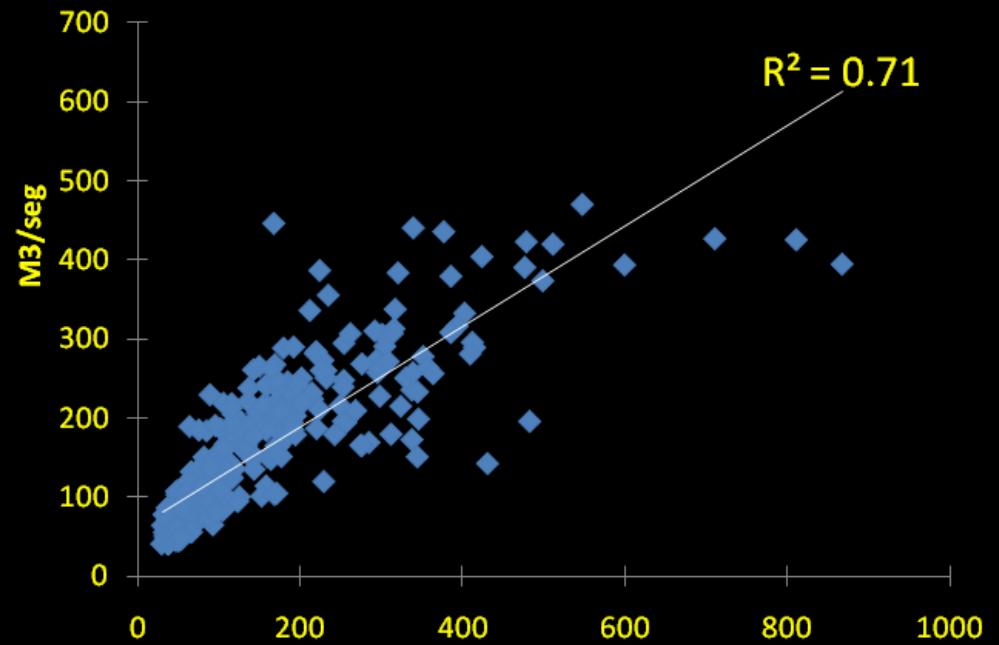
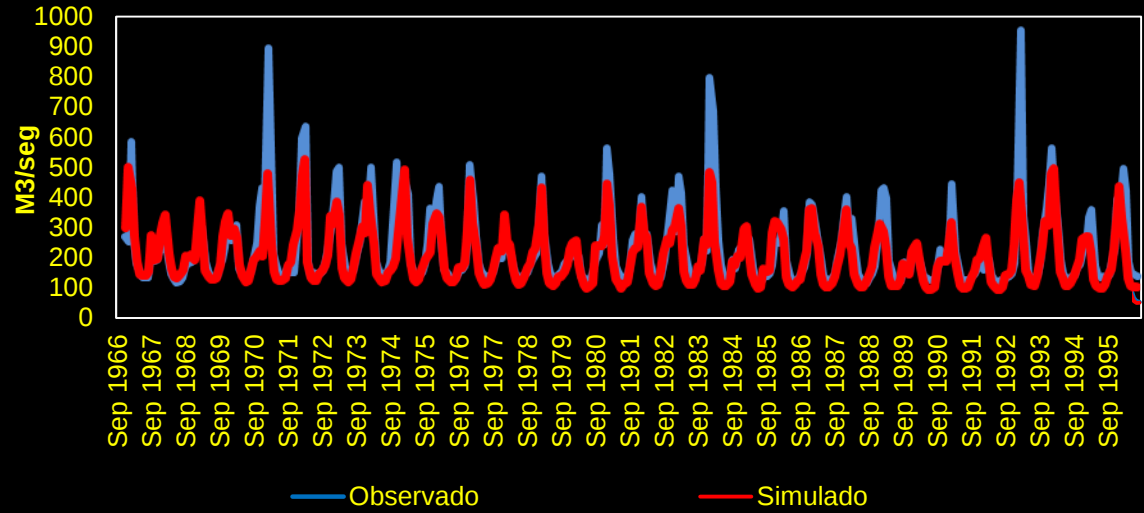
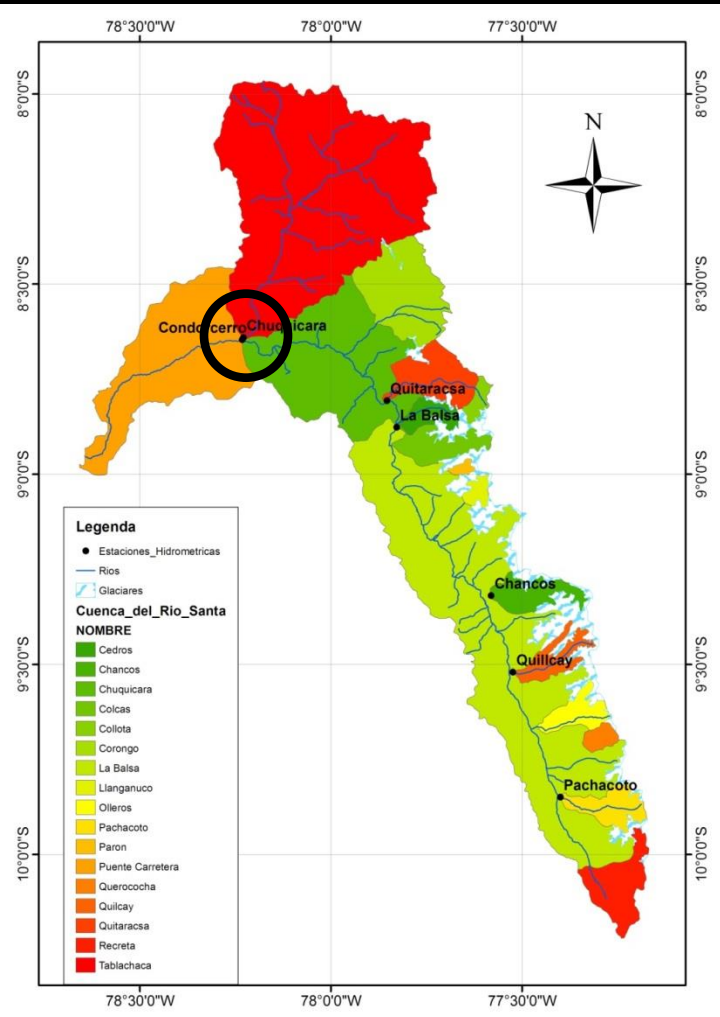
Porcentaje	1970	1987	2000	2006
Santa	100.0	67.1	62.5	56.1

Spot 5 (Bandas 1,2,3) Agosto - 2003



Total Areas (km2)	1970*	1987	1999	% Change		
				70-87	87-96	70-99
Simulated		411	391	18%	5%	22%
Observed	507	396	387	22%	2%	24%

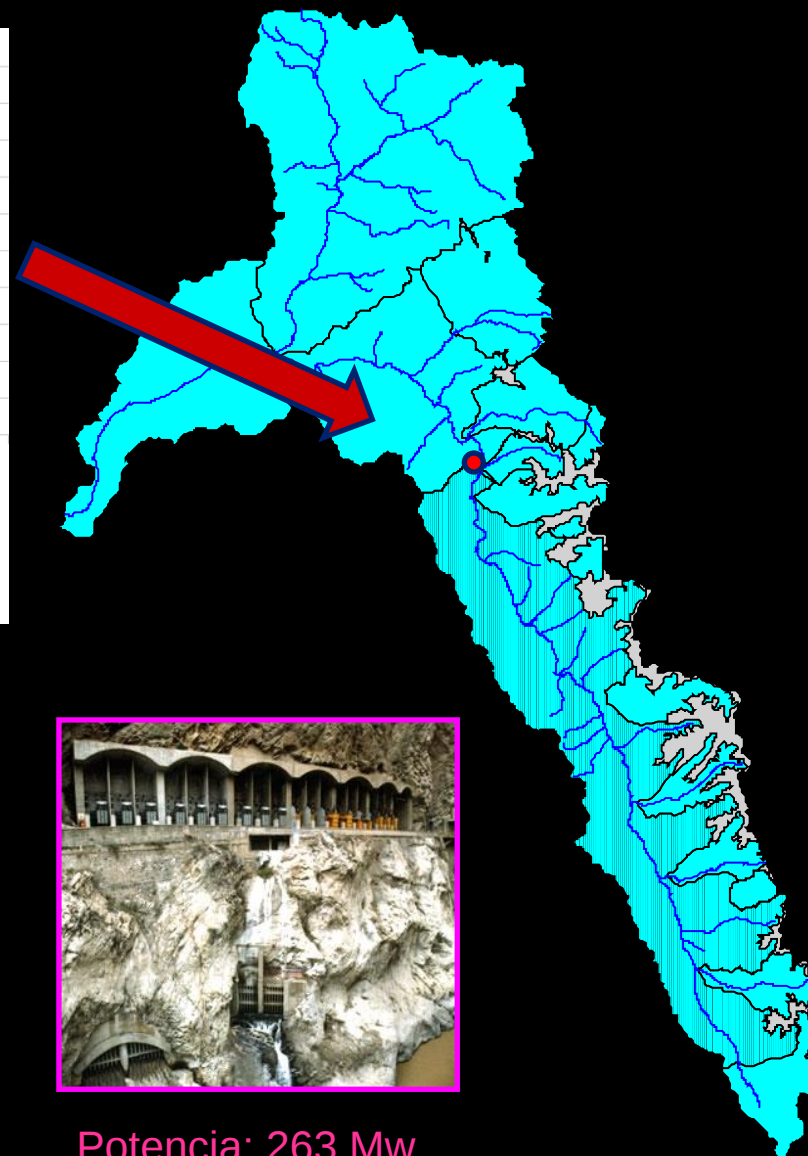
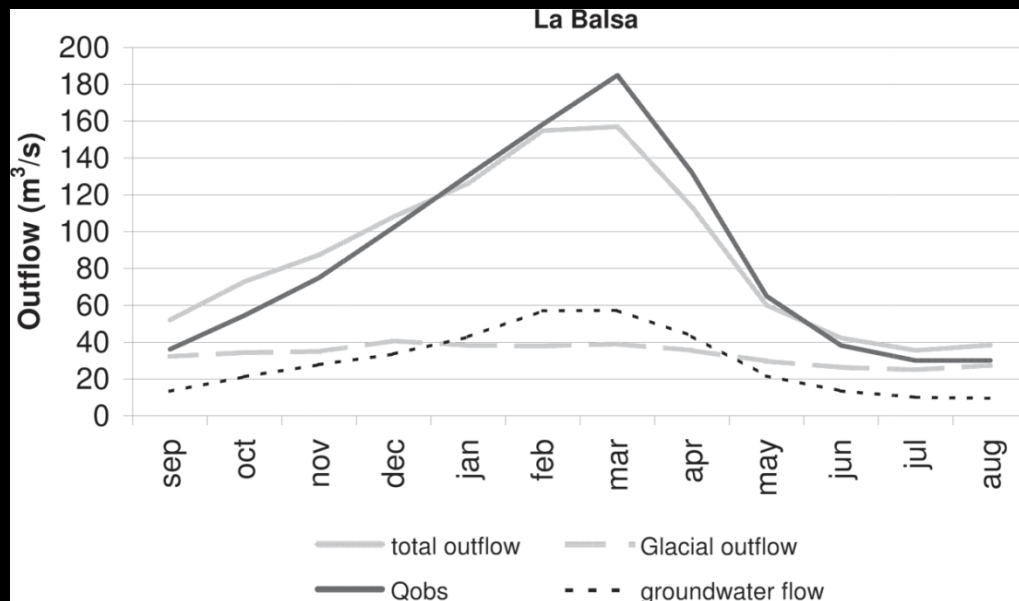
* Observed data error +/- 25 km2



Objetivos	Elaboración del modelo	Calibración y validación	Resultados	Conclusiones	Perspectivas
-----------	------------------------	--------------------------	------------	--------------	--------------

Tabla 10. Calibración y validación del modelo WEAP para la cuenca del río Santa

	Calibration					Validation				
<i>Sub-watershed</i>	Period	n	RMSE	BIAS	Ef	Period	n	RMSE	BIAS	Ef
1 - La Recreta	1969-1979	120	0.43	39%	0.63	1979-1989	120	0.43	44%	0.50
2 - Pachacoto	1969-1979	120	0.51	9%	0.64	1979-1989	120	0.53	13%	0.55
3 - Querococha	1969-1979	120	1.37	1%	0.72	1979-1989	120	1.50	20%	0.73
4 - Olleros	1969-1979	120	0.54	7%	0.73	1979-1989	120	0.55	-4%	0.63
5 - Quillcay	1969-1979	120	0.43	9%	0.65	1979-1989	120	0.45	-2%	0.63
6 - Chancos	1969-1979	120	0.26	20%	0.30	1979-1989	120	0.36	-4%	0.63
7 - Llanganuco	1969-1979	120	0.73	35%	-0.60	1979-1989	120	0.92	-15%	0.13
8 - Paron	1969-1979	120	1.70	6%	0.25	1979-1989	120	0.74	-44%	-1.60
9 - Artesoncocha	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
10 - Colcas	1969-1979	120	0.34	24%	0.34	1979-1989	120	0.38	4%	0.24
11 - Los Cedros	1969-1979	120	0.98	3%	0.34	1979-1989	120	0.79	-17%	0.20
12 - Quitaracsca	1969-1979	120	0.29	-7%	0.64	1979-1989	120	0.23	-23%	0.20
13 - La Balsa	1969-1979	120	0.03	3%	0.70	1979-1989	120	0.03	1%	0.72
14 - Corongo (Manta)	1969-1979	120	0.19	-12%	0.54	1979-1989	120	0.20	-9%	0.40
15 Chuquicara	1969-1979	120	0.01	4%	0.69	1979-1989	120	0.02	1%	0.77
16 - Tablachaca (Condorcerro)	1969-1979	120	0.05	17%	0.67	1979-1989	120	0.05	16%	0.61
17 - Puente Carretera	1969-1979	120	0.01	290%	-165.00	1979-1989	120	0.01	360%	-190.00



Fuente: Thomas Condom, Marisa Escobar, David Purkey, Jean Christophe Pouget, **Wilson Suarez**, Cayo Ramos, James Apaestegui, Arnaldo Tacsí & Jesus Gomez (2012): Simulating the implications of glaciers' retreat for water management: a case study in the Rio Santa basin, Peru, Water International, 37:4, 442-459

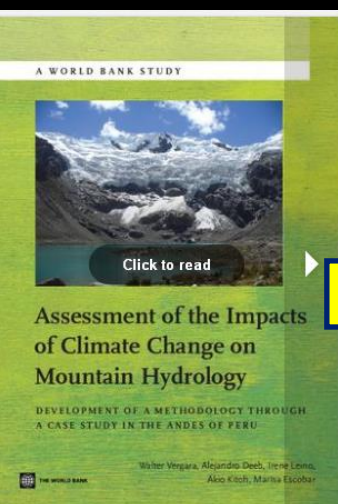
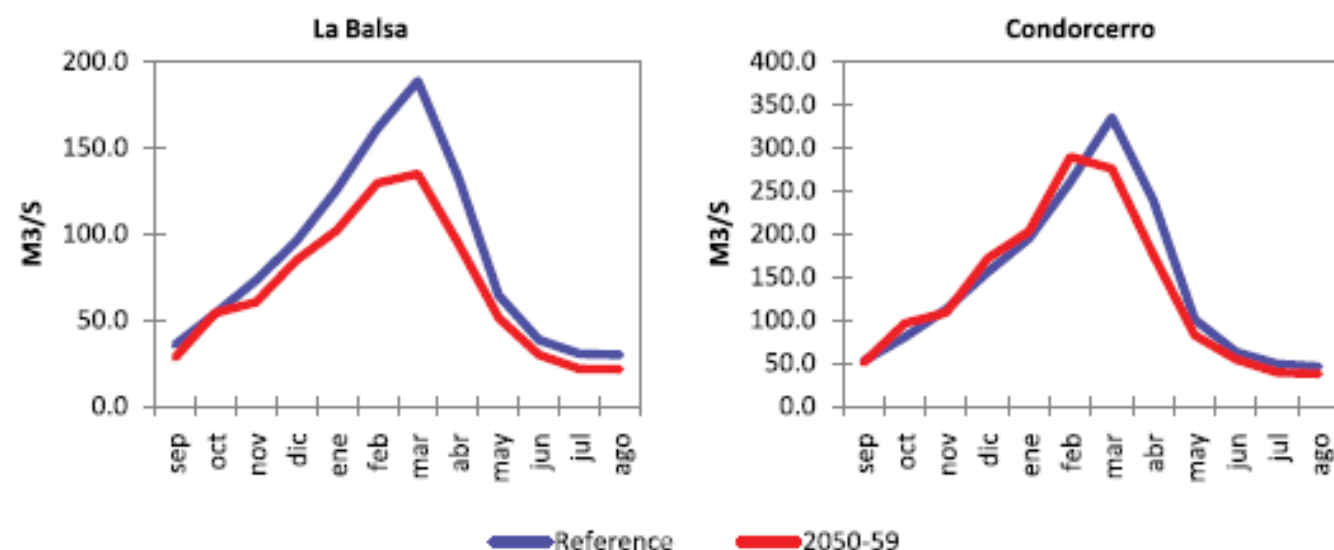


Figure 6.6. Comparison of average monthly discharges in the Santa River between observed historical (blue line) and projected mid-century (red line) values (m^3/s), based on trend analysis



Source: Figure generated for the report by IRD and SEI.

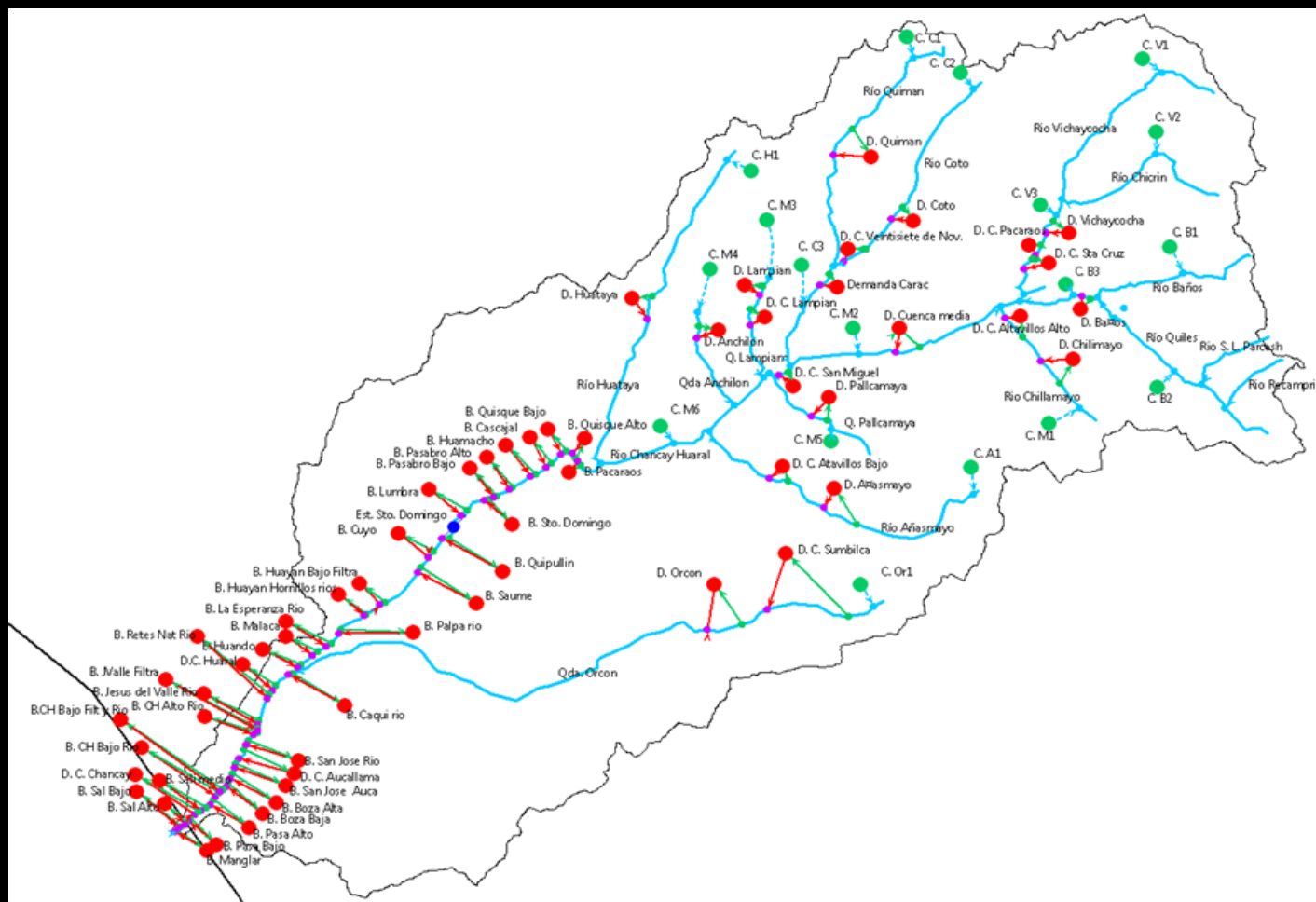
Conclusiones

- El modelo de Fusión glaciar fue puesto de manera operativo, considerando una adaptación del modelo grado-Día (mensual) .
- Se determino la importancia de los aportes glaciares durante el periodo de estiaje y su rol para la producción electrica.

Objetivos	Elaboración del modelo	Calibración y validación	Resultados	Conclusiones	Perspectivas
-----------	------------------------	--------------------------	------------	--------------	--------------

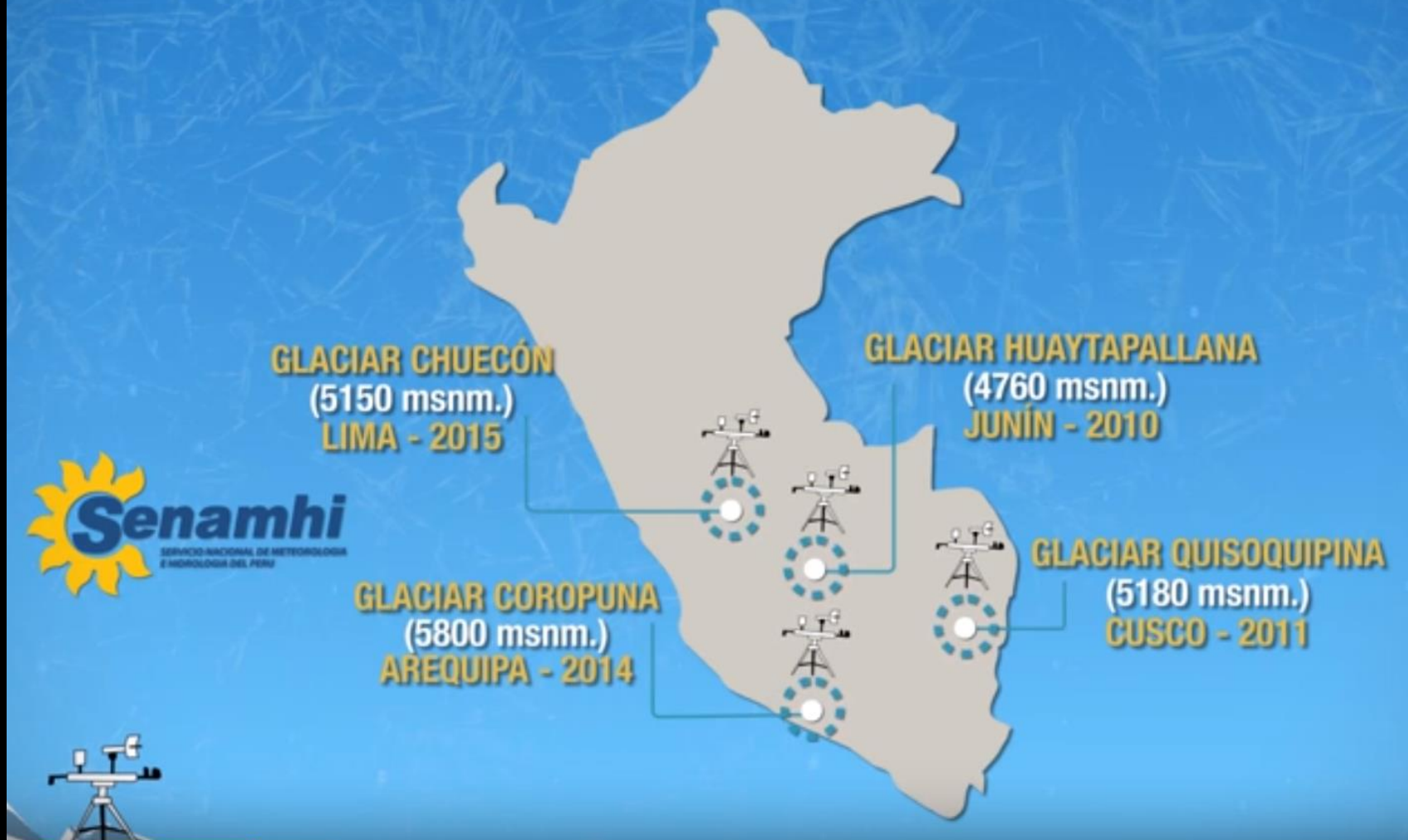
Perspectivas

- Pues operativa del modelo WEAP para posteriores estudios a nivel nacional.
- Se realizaron corridas de diferentes escenarios de oferta hídrica, dentro de escenarios de cambio climático para diferentes escenarios.
- Actualmente el equipo del SEI ha mejorado el modulo incluyendo nuevos datos de entrada (radiación).
- Se observo una importante deficiencia en el monitoreo de zonas de criosfera.



Modelización Cuenca río Chancay-Huaral (Fuente: Darwin santos)

EL RETROCESO DE LOS GLACIARES





Estación Instalada a 5800 metros (Convenio SENAMHI-AEDES)

Suarez, Wilson

Santiago de Chile, 2015

www.senamhi.gob.pe

Gracias



Laguna Paron, 4250 metros