Aporte del «Proyecto Glaciares +» al sistema de alerta temprana de caudales del SENAMHI.

Ph.D Wilson Suarez
SENAMHI

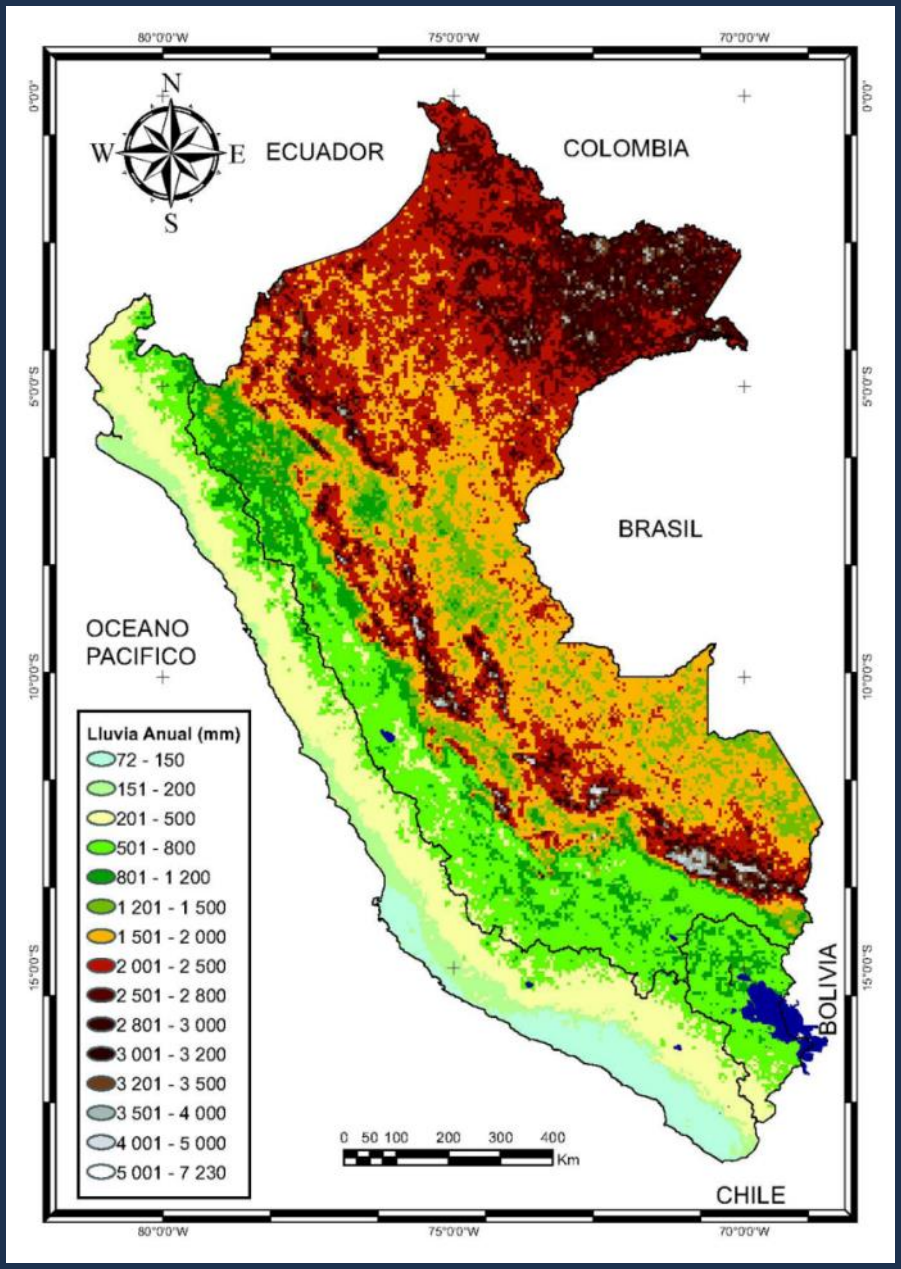
Lima 18 de abril del 2018

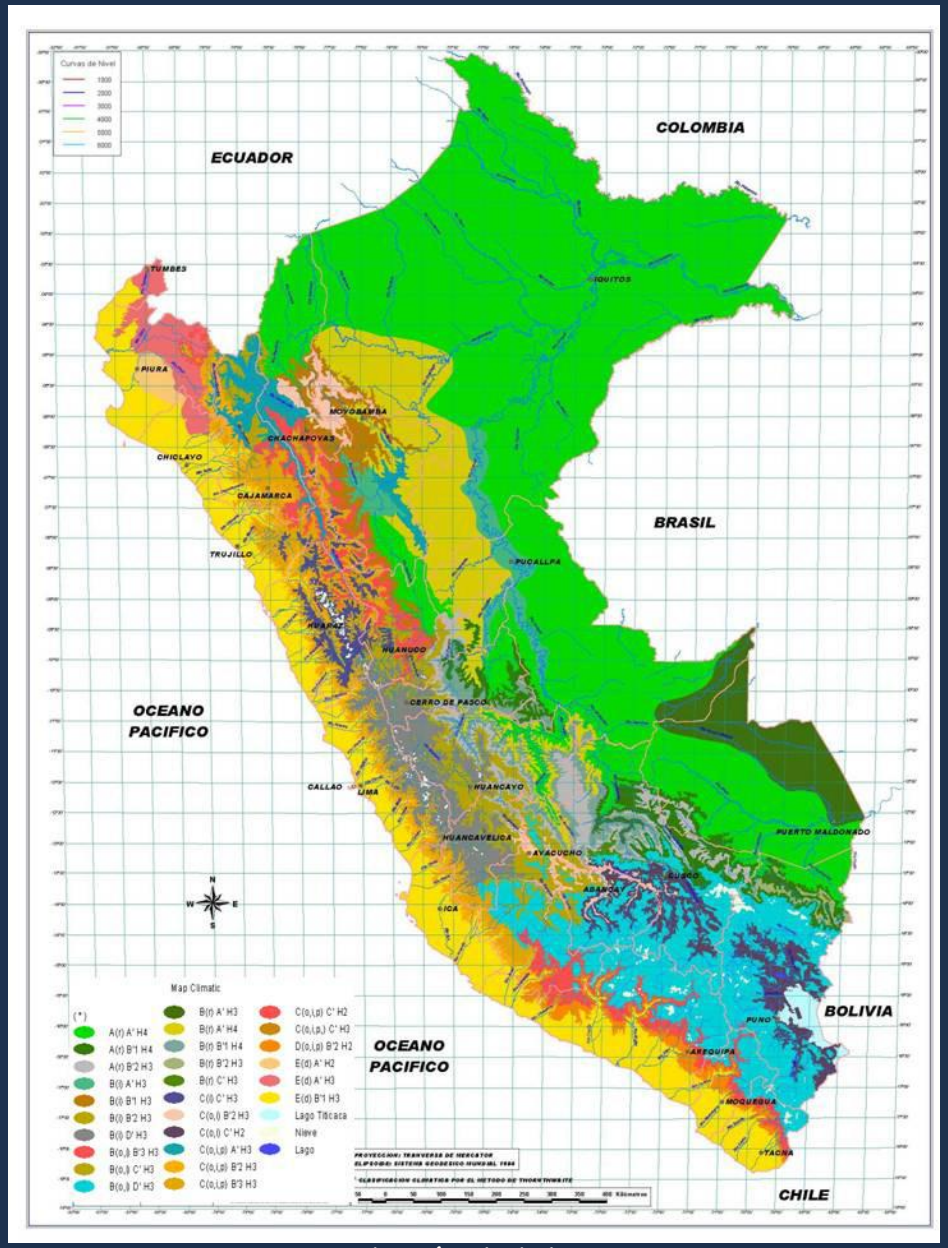
Conociendo el Perú

Superficie : 1’285,215.60 Km^2

http://geografia.laguia2000.com
http://fr.wikipedia.org/wiki/fichier:south_america_location_per.png

27 zonas climáticas diferentes en Perú (SENAMHI,2005)





Lima 18 de abril del 2018

SENAMHI

MISION

- Proveer productos y servicios meteorológicos, hidrológicos y climáticos confiables y oportunos.

VISION

- La sociedad peruana toma decisiones oportunas basadas en la información meteorológica, hidrológica y climática para su desarrollo sostenible.

- Realizar y formular los estudios e investigaciones que satisfagan las necesidades de desarrollo y defensa nacional, en lo concerniente a su aplicación en las diferentes áreas de la meteorología, hidrología, agrometeorología y otras conexas.

- Celebrar acuerdos y contratos de cooperación con entidades públicas y privadas, nacionales y proponer al Presidente de la República convenios internacionales, en el ámbito de su competencia, de acuerdo a los dispositivos legales vigentes

SENAMHI

Lima 18 de abril del 2018

Conceptos básicos en Hidrología

flood *see also* **flooding, high water**

(1) Rise, usually brief, in the water level of a stream or water body to a peak from which the water level recedes at a slower rate.
(2) Relatively high flow as measured by stage height or discharge.

crecida *sin.* **avenida** *véase también* **inundación, aguas altas**

1) Elevación, generalmente rápida, del nivel de agua de un curso, hasta un máximo a partir del cual dicho nivel desciende a una velocidad menor.
2) Flujo relativamente alto medido como nivel o caudal.

Fuente: Glosario UNESCO

flooding *syn.* **inundation** *see also* **flood**

(1) Overflowing by water of the normal confines of a watercourse or other body of water.
(2) Accumulation of drainage water over areas which are not normally submerged.
(3) Controlled spreading of water for irrigation.

inundación *véase también* **crecida**

1) Desbordamiento del agua fuera de los confines normales de un río o cualquier masa de agua.
2) Acumulación de agua procedente de drenajes en zonas que normalmente no se encuentran anegadas.
3) Encharcamiento controlado para riego.

Fuente: Glosario UNESCO

www.meted.ucar.edu

SENAMHI
Lima 18 de abril del 2018

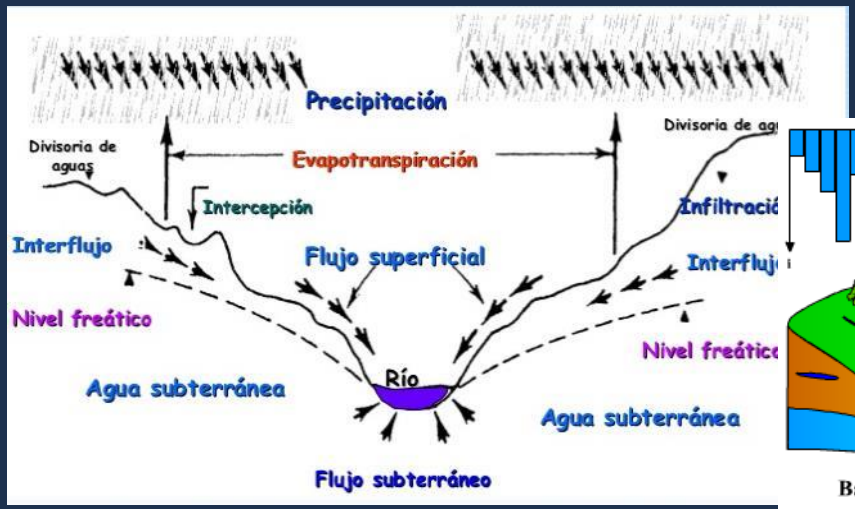
hydrological model *see also* **conceptual model, stochastic model**

Simplified representation of a hydrosystem.

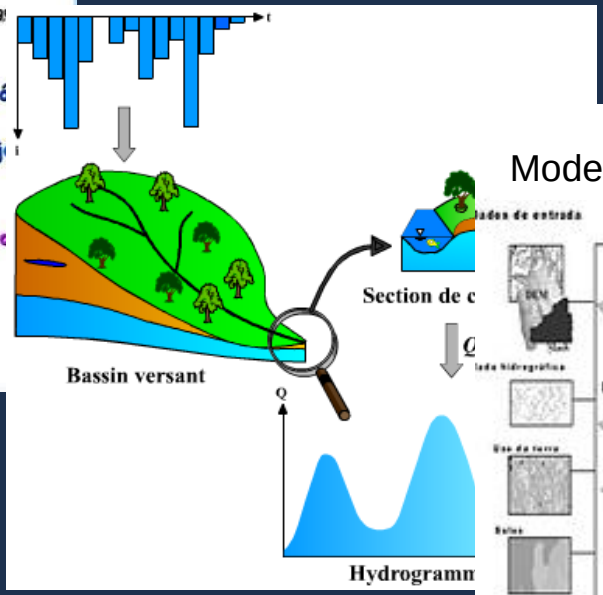
modelo hidrológico *véase también* **modelo conceptual, modelo estocástico**

Representación simplificada de un sistema hidrológico.

Fuente: Glosario UNESCO

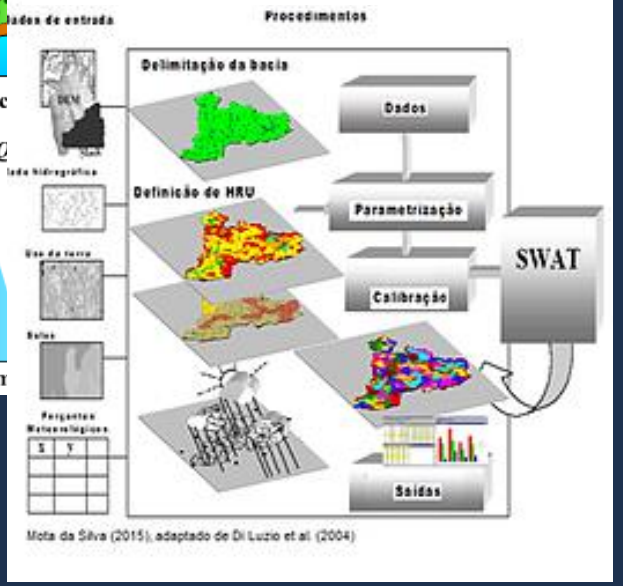


Fuente: Sebastián Santayana



http://echo2.epfl.ch

Modelo hidrológico y/o hidráulico



http://static.wixstatic.com

SENAMHI

Lima 18 de abril del 2018

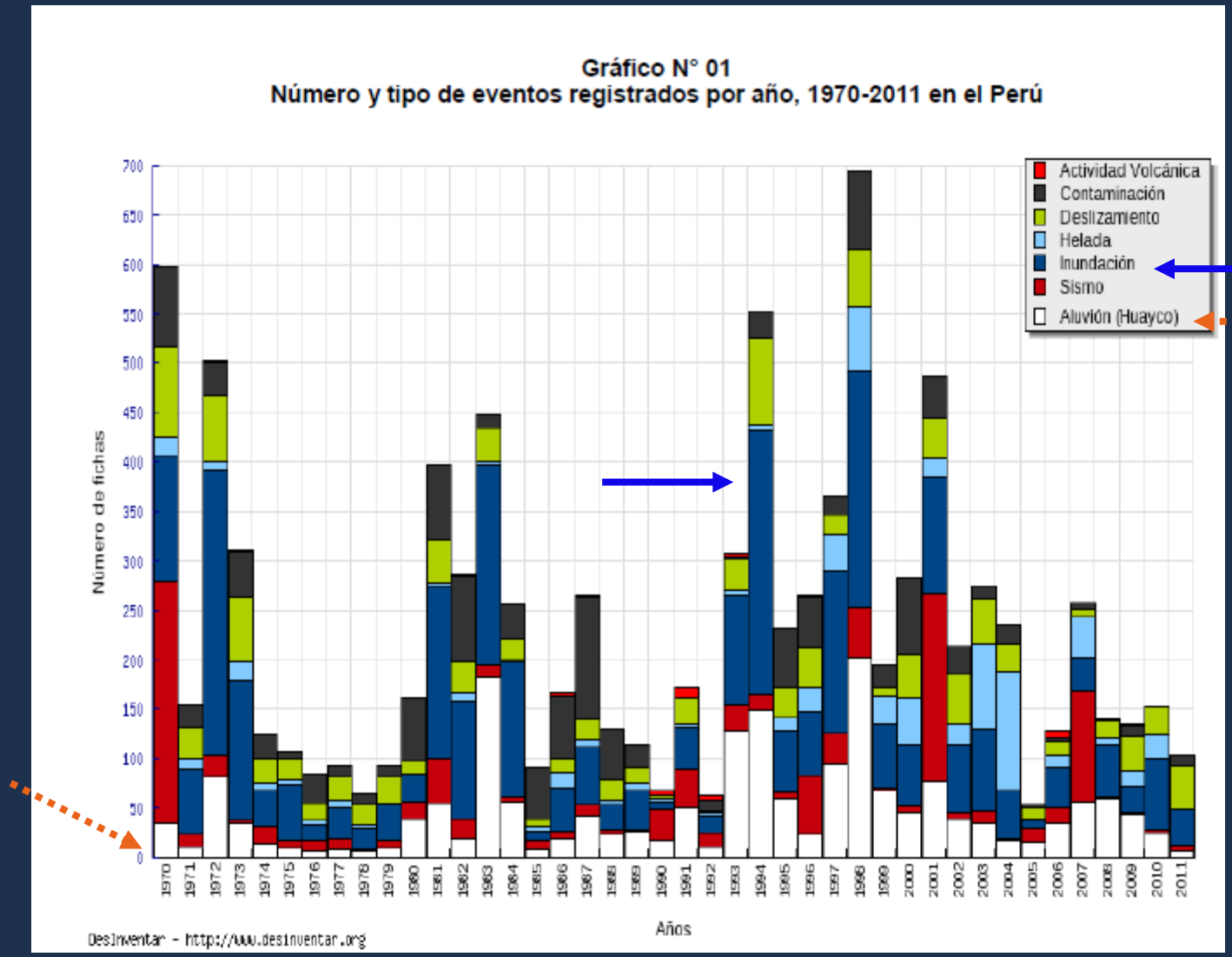
Perú: Impacto de Inundaciones y crecidas

PRINCIPALES PELIGROS	DESCRIPCIÓN DE LAS CONDICIONES DE VULNERABILIDAD POR EXPOSICIÓN A LOS PRINCIPALES PELIGROS
Sismos	El Perú es vulnerable por encontrarse en la zona donde la placa tectónica de Nazca, se subduce con la Placa de Sudamérica, formando parte del Cinturón de Fuego del Pacífico, donde se registran más del 80% de los movimientos sísmicos a nivel mundial. La existencia de la Cordillera de los Andes con sus características geológicas y geomorfológicas, presenta fallas que pueden ser activadas por movimientos sísmicos. Lima Metropolitana y Callao agrupan casi el 50% de los habitantes en alta exposición. Lima es la ciudad que en más ocasiones ha sido afectada por terremotos: 12 veces desde el siglo XVI hasta la actualidad; en 1587 y 1746 fue literalmente destruida. En cuanto a vías troncales expuestas a peligro sísmico alto en Perú tenemos 4,900 kilómetros. Los principales puertos de la costa están expuestos a la amenaza sísmica alta, siendo el principal el puerto del Callao con volúmenes de carga de 154 millones de toneladas. La infraestructura física y productiva, así como lugares turísticos y arqueológicos, dada su antigüedad y escaso mantenimiento son vulnerables a la ocurrencia de sismos. Por otro lado se tiene limitada disponibilidad de instrumentos de detección, medición y monitoreo de sismos en instituciones técnico científicas; lo cual no facilita el conocimiento científico de la vulnerabilidad.
Tsunamis	La costa peruana es susceptible de ser afectada por la presencia de tsunami, dada su ubicación en el Cinturón de Fuego del Pacifico, generando modificaciones geomorfológicas en el área de impacto afectando a la población concentrada en la costa de Perú.
Volcanes	Los efectos de los fenómenos volcánicos como la caída de cenizas, flujos piroclásticos y de lodo se concentra en el sur de la Cordillera de los Andes, principalmente en la ciudad de Arequipa (más de 800 mil habitantes) y otras poblaciones que están en el área de influencia del Misti, Ubinas y Sabancaya, entre otros volcanes.
Inundaciones	El Perú por su ubicación geográfica y características morfológicas, está sujeto a peligros Hidrometeorológicos, que generan inundaciones en zonas expuestas, afectando a la población y sus medios de vida, tanto en costa, sierra y selva.
FEN y Cambio Climático	Los glaciares tropicales presentan especiales evidencias de vulnerabilidad al cambio climático; la pérdida de áreas glaciares ha sido del 30% en Perú entre 1970 y 2000. Los fenómenos asociados con El Niño y La Niña han producido incremento de lluvias, sequías y heladas en el Perú. Según la CAF (2000), durante El Niño 1997-1998 las pérdidas alcanzaron el 7% del PIB de Perú. Las pérdidas económicas y los daños en la infraestructura se traducen en atraso y sobrecostos en la provisión de bienes y servicios.
Agentes químicos, físicos y biológicos	Población expuesta a agentes físicos, químicos y biológicos, que superan los límites máximos permisibles y/o estándares internacionales que rigen cada uno de estos agentes.

Fuente: Atlas de las Dinámicas del territorio andino, población y bienes expuestos a peligros naturales. Capitulo a manera de Balance. PREDECAN. 2009. *Actualización INDECI-CENEPRED*

SENAMHI

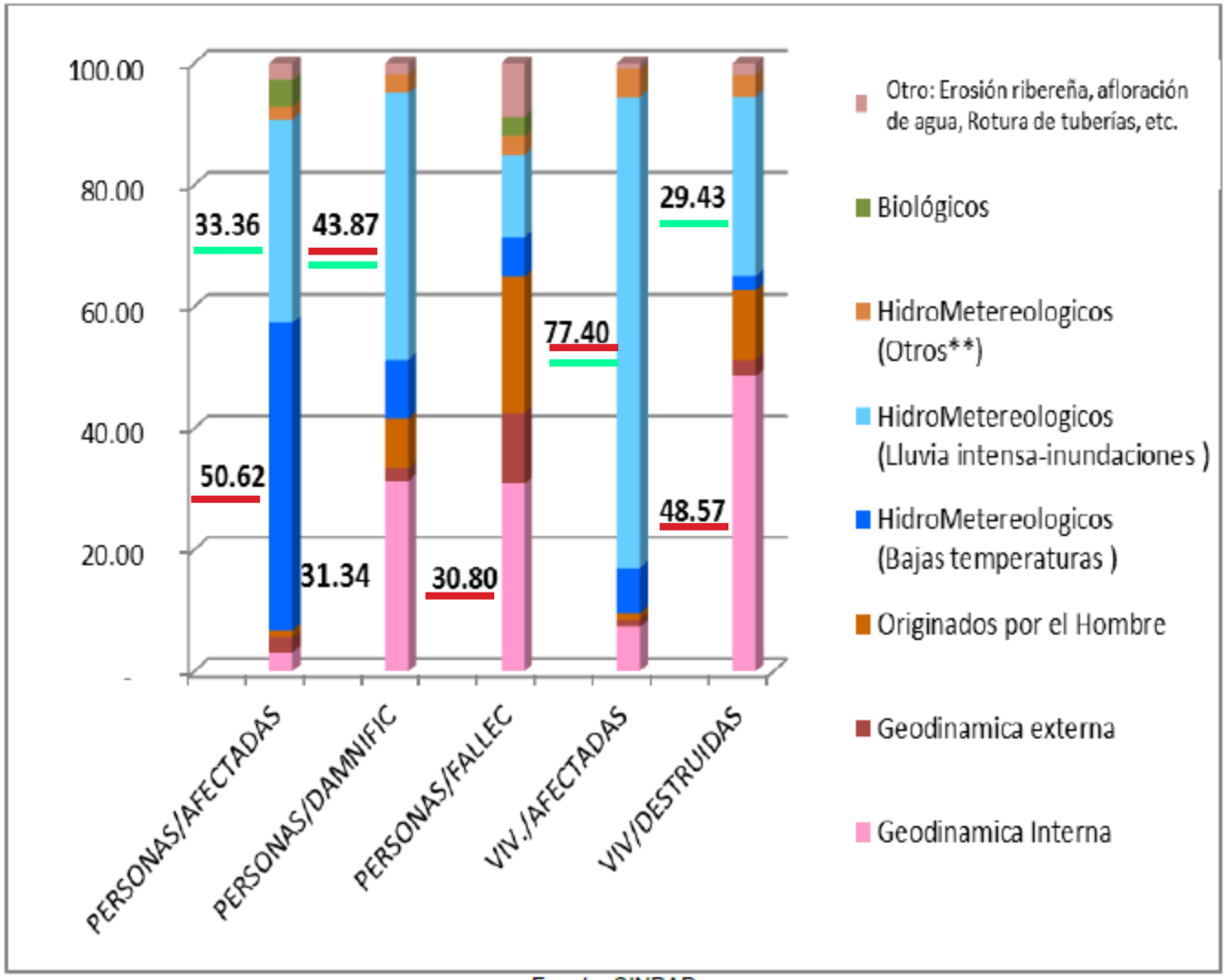
Lima 18 de abril del 2018



SENAMHI

Lima 18 de abril del 2018

Gráfico N° 02
Impacto en la población y viviendas según desastres en el periodo 2003-2012



Fuente: SINPAD

Tabla N° 2
Impacto de los desastres en la población y viviendas según tipo de Peligro, periodo 2003-2012

TIPO DE PELIGRO	PERSONAS/ AFECTADAS	PERSONAS/ DAMNIFICADAS	PERSONAS/ FALLECIDAS	VIV/ AFECTADAS	VIV/ DESTRUIDAS
GEODINÁMICA INTERNA					
ACTIVIDAD VOLCANICA	7,404	39	0	0	64
SISMO (*)	289,466	442,753	608	54,340	94,109
GEODINÁMICA EXTERNA					
ALUD	1,029	0	14	55	0
ALUVION	5,852	2,833	18	1,171	432
DERRUMBE DE CERRO	53,972	5,013	52	768	902
DESLIZAMIENTO	172,500	21,772	146	6,172	3,913
ORIGINADOS POR EL HOMBRE					
COLAPSO DE CONSTRUC	14,482	10,971	45	1,976	2,490
CONTAMINAC. AGUA	53,288	0	5	0	0
CONTAMINAC. SUELO	4,950	0	0	0	0
EXPLOSION	5,033	224	71	791	48
DERRAME SUST. NOCIVAS	2,277	15	6	0	3
INCENDIO FORESTAL	9,003	3,418	13	431	422
INCENDIO URBANO	27,267	101,210	304	5,288	19,146
HIDROMETEOROLÓGICO					
CRECIDA DE RIO	34,470	10,654	11	5,301	2,124
GRANIZADA	519,016	17,631	13	14,843	1,687
HELADA	2,608,024	52,286	49	16,118	212
HUAYCO	263,857	17,983	60	6,152	2,081
INUNDACION	1,227,176	432,288	102	256,706	23,724
LLUVIA INTENSA	1,928,295	176,753	156	311,581	31,201
MAREJADA (MARETAZO)	16,444	71	0	918	10
NEVADA	261,469	4,802	4	14,440	649
SEQUIA	1,212,801	42,671	0	3,640	0
TORMENTA ELECTRICA	1,314	1,625	33	191	135
VIENTO FUERTE	206,681	41,946	27	34,021	6,821
BIOLÓGICO					
EPIDEMIA	41,533	0	53	726	0
PLAGA	381,650	0	9	0	0
OTRO 1/	261,746	25,713	175	6,611	3,727
TOTAL	9,610,999	1,412,671	1,974	742,240	193,900

1/ Incluye erosión ribereña, afloración agua, caída de árbol, caída meteorito, volcadura ómnibus, rotura tubería matriz, reptación, alud, etc.

(*) Incluye sismos sentidos en otros distritos colindantes con los epicentros de los sismos principales.

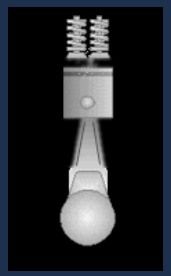
Fuente: COEN - SINPAD –INDECI

Dirección de Políticas, Planes y Evaluación del INDECI-Sub Dirección: Aplicaciones Estadísticas

Elaboración: CENEPRED-INDECI

puntos clave en la Implementación de modelos hidrológicos con fines de predicción de crecidas

- Componente 1: Modelo hidrológico a utilizar
- Componente 2: Asimilación de datos (PP, T°, HR, etc)
- Componente 3: Modelos numéricos de predicción del tiempo
- Componente 4: Sistema de salida al usuario
- Interacción entre los diferentes componentes



SENAMHI

Lima 18 de abril del 2018

Componente 1: Modelo hidrológico a Utilizar

1983: Fenómeno El Niño sorprende al Perú, especialmente al norte del Perú por fuertes lluvias y al sur por sequias.

1997-98: Regreso el ENSO, pronósticos de la NOAA permitieron tomar previsiones que mitigaron los daños

2001: se capacita un ingeniero del SENAMHI en el modelo SACRAMENTO, el cual corre solo desde un puesto y exclusivamente para la cuenca del Rímac

2003 - 2007: Personal del SENAMHI en el marco de formación doctoral viaja a Francia y toma contacto con los modelos hidrológicos de la familia GR (4J, 2M, 1A)

2009 - 2010: Personal del SENAMHI modela las cuencas de los ríos Vilcanota y Apurímac con los modelos WEAP y GR2M a paso de tiempo mensual para ver el impacto del cambio climático en los recursos hídricos.

2010 : Importante inundaciones en la región de Cusco por crecida del río Vilcanota-Urubamba

2011 : Se pone operativo el modelo GR4J a paso diario en la cuenca del río Vilcanota-Urubamba

2013: Reunión SENAMHI-CREALP – Universidad de Zurich, en el marco del EGU 2013 en Europa, donde se conoce la plataforma RS-MINERVE y se logran compromisos de colaboración

2014 - 2016: Mas de 60 profesionales peruanos del sector publico y privado son formados por el CREALP en el uso de la plataforma RS Minerve.

2015 - 2016: Se construyen los modelos GR4J, SACRAMENTO, HVB y SOCONT bajo la plataforma RS MINERVE para diferentes cuencas del Perú.

2017: Inundaciones desde el centro a norte del Perú por efecto de El Niño costero, modelos hidrológicos tienen problemas con las crecidas máximas repentinas.

2017 : Formación en el manejo del modelo HEC-RAS, muestra las limitaciones de red de estaciones.

REQUERIMIENTOS DEL MODELO A EMPLEAR

- El modelo debe poder trabajar dentro de un contexto de poca información.
- El modelo debe poder trabajar a paso de tiempo diario o menor.
- El modelo debe ser de una interface amigable para el usuario.
- Debe ser de preferencia de libre distribución (libre o gratuito).
- Debe poder trabajar de manera distribuida o semi distribuida.
- Debe poder considerar las obras de arte básicas que se pueden encontrar en una cuenca.

Sistema RS – MINERVE

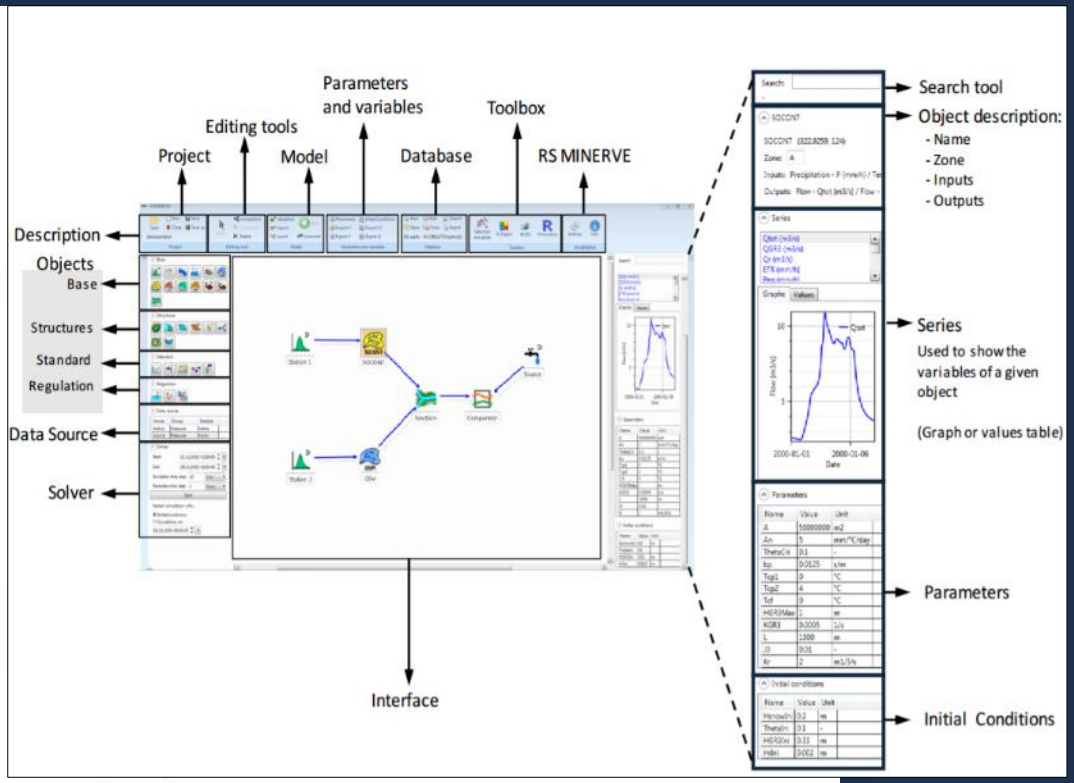
- Desarrollado por el Centro de Investigación de Medios Alpinos de Suiza (CREALP).

Entradas

- **Variables de entrada**: Precipitación, temperatura, ETP,…
- **Objetos**: Modelo SOCONT, modelo HBV, modelo SAC,…

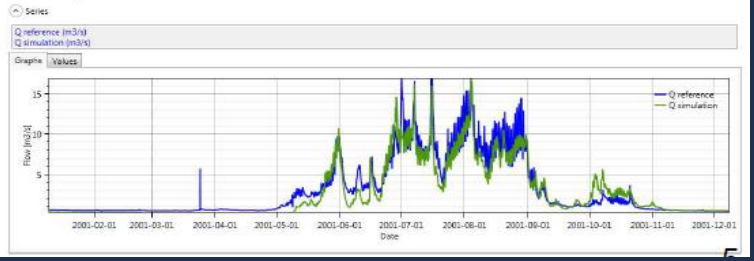
  Parámetros: Capacidad del reservorio, coeficiente de infiltración,…

  Condiciones iniciales: Altura de agua en el reservorio, altura de nieve,…



Salidas

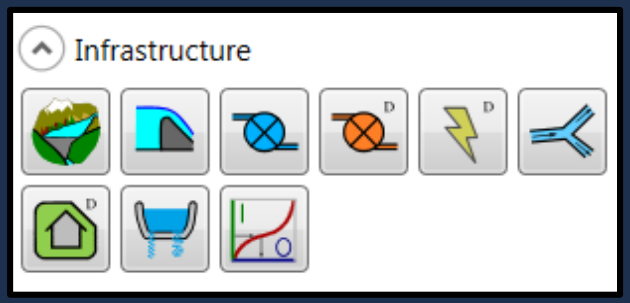
- **Variables de salida:** Caudal, nivel en un embalse,…



Objetos base

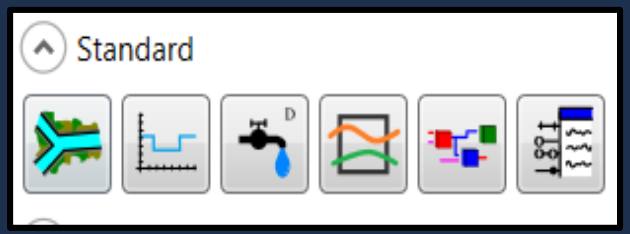
Modelamiento hidrológico(Hydrology):
Virtual Weather station, Snow-GSM, SWMM, GSM, SOCONT, HVB, GR4J, SAC.

Dispersión cinemática:
Lag Time, Kinematic Wave, Muskingum-Cunge, St Venant



Objetos Estructura

Primera fila:
Reservorios, Level –Discharge Relation HQ, Turbine, Turbine DB, Hydro Power, Diversification. **Segunda Fila:**
Consumer, Eficiencia de las estructuras, Planificación



Objetos Estándares

Juction, Time series, Sources, Comparator, Sub model, Group interface.

Fuente: Javier Hernandez

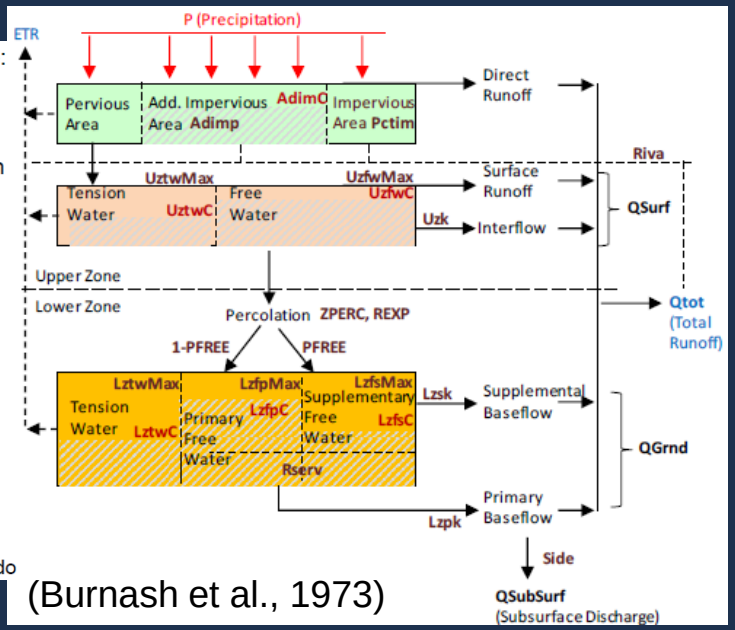
SAC-SMA: "Sacramento Soil Moisture Accounting

- Caudal de superficie:
  - Caudal de escorrentía
  - Interflujo
- Caudal de infiltración
  - Caudal de base primario
  - Caudal de base suplementario

- 17 parámetros
- 16 parámetros de calibración
- 6 variables de estado

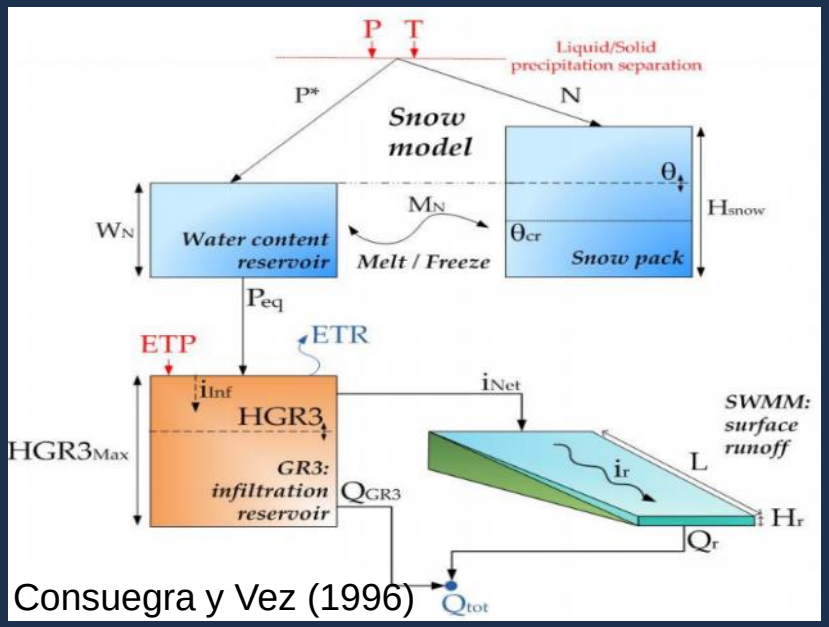
Posibilidad de asociar un modelo de nieve:

- + 5 parámetros
- + 2 variables de estado



(Burnash et al., 1973)

SOCONT



Consuegra y Vez (1996)

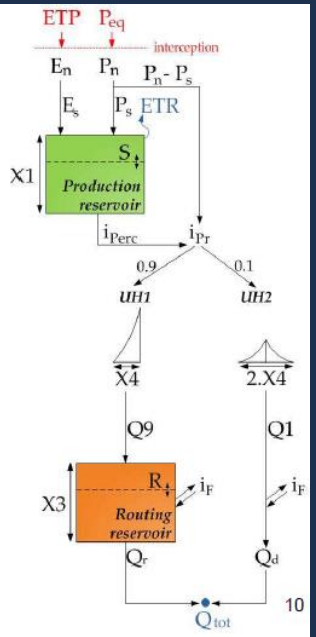
GR4J: "Génie Rural à 4 paramètres Journalier" (Perrin et al, 2003)

- Caudal total

- 5 parámetros
- 4 parámetros de calibración
- 2 variables de estado

Posibilidad de asociar un modelo de nieve:

- + 5 parámetros
- + 2 variables de estado

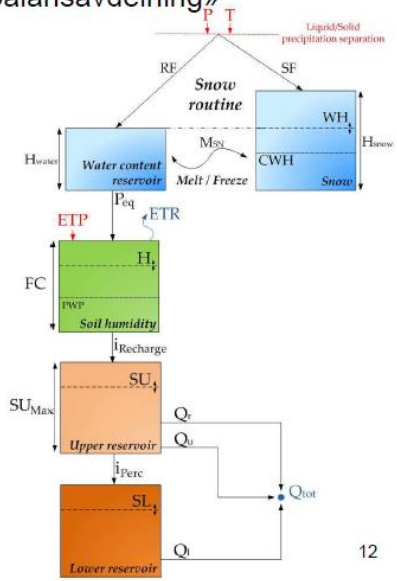


HBV: "Hydrologiska Byråns Vattenbalansavdelning» (Sten Bergström ,1992)

- Caudal de escorrentía
- Caudal del reservorio superior
- Caudal del reservorio inferior

} Caudal de infiltración

- 15 parámetros
- 10-14 parámetros de calibración
- 5 variables de estado



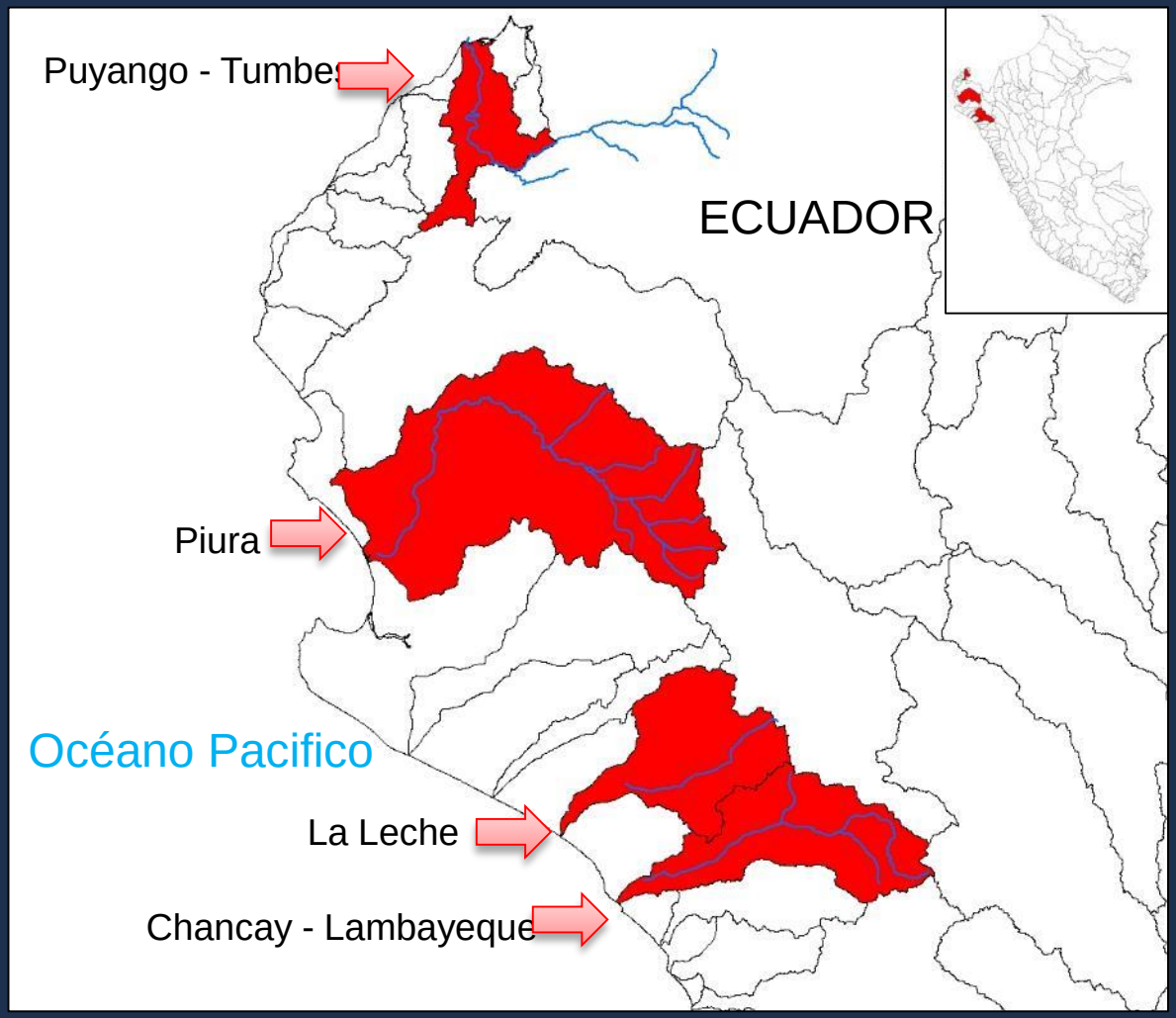
- **Capacitación del personal**

-Visita a Suiza 2013, mediante proyecto Glaciares (CARE – Perú y la Universidad de Zurich).
-Reuniones de trabajo con el CREALP y compromiso de capacitación en Perú.
-Capacitación durante 3 años

Fuente: http://rsminerve.hydro10.org/tag/crealp/

Año	curso	Institución	Sector	Curso	
				Básico	Avanzado
2014	Operación de RS MINERVE	SENAMHI	Publico	21	
		Autoridad Nacional del Agua	Publico - aguas	6	
		SEDAPAL	Publico - agua potable	3	
		CARE	ONG	1	
2015	Operación de RS MINERVE	SENAMHI	Publico	15	12
		Universidad Nacional Agraria La Molina	Académico	3	1
		OFITECO	Privado - estudios	2	2
		Universidad Católica	Académico	3	1
		SEDAPAL	Publico - agua potable	2	
		Electro Perú	Publico - enérgico	1	
		COES	Privado - energético	1	
		Instituto Geofísico del Perú	Publico - Investigación	2	
		AUTODEMA	Publico - manejo de aguas	1	
		Estudiantes		1	
		Southerm Perú	Privado - minero	1	1
2015	Operación RS MINERVE bajo línea de comandos	SENAMHI	Publico	10	
2016	Operación de RS MINERVE	SENAMHI	Publico	11	12
		Autoridad Nacional del Agua	Publico - aguas	4	1
		Ambiand	Privado - estudios	3	2
		Barrick	Privado - minero	2	1
		Duke Energy	Privado - energético	2	2
		PNUD (Naciones Unidas)	Cooperación Internacional	1	
		INAIGEM	Publico - Investigación	1	1
		Pöyri	Privado - estudios	3	2
		Universidad Católica	Académico	2	2
		SERNANP	Publico	1	
		Unidad de Glaciología de Huaraz	Publico - agua y riesgos	3	4
		Universidad Nacional Agraria La Molina	Académico	5	3
		Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo	Académico	1	
		Universidad Nacional de Ingeniería	Académico	4	
		Universidad Nacional del Altiplano	Académico	1	

. Relación de instituciones participantes a los cursos de RS - MINERVE



Cuenca	Área (km2)
Puyango – Tumbes	5428 (1806 Perú – 33%)
La Leche	1615
Chancay – Lambayeque	4022
Piura	12216

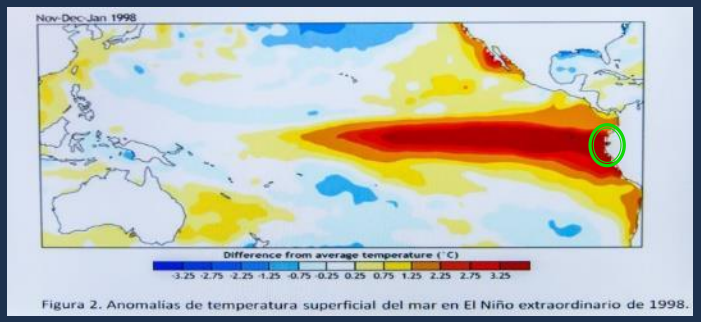


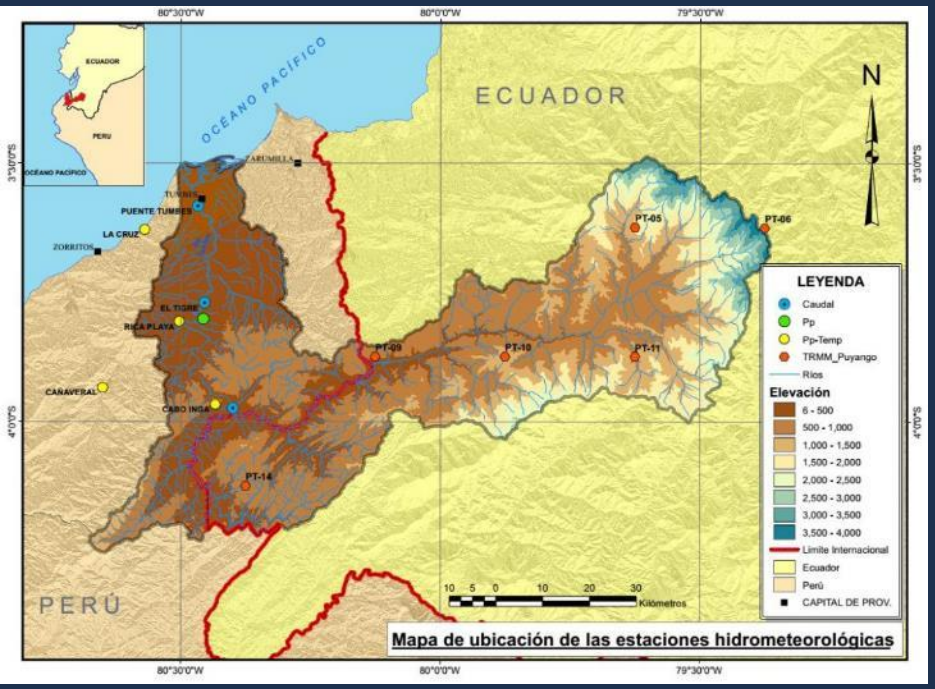
Figura 2. Anomalías de temperatura superficial del mar en El Niño extraordinario de 1998.

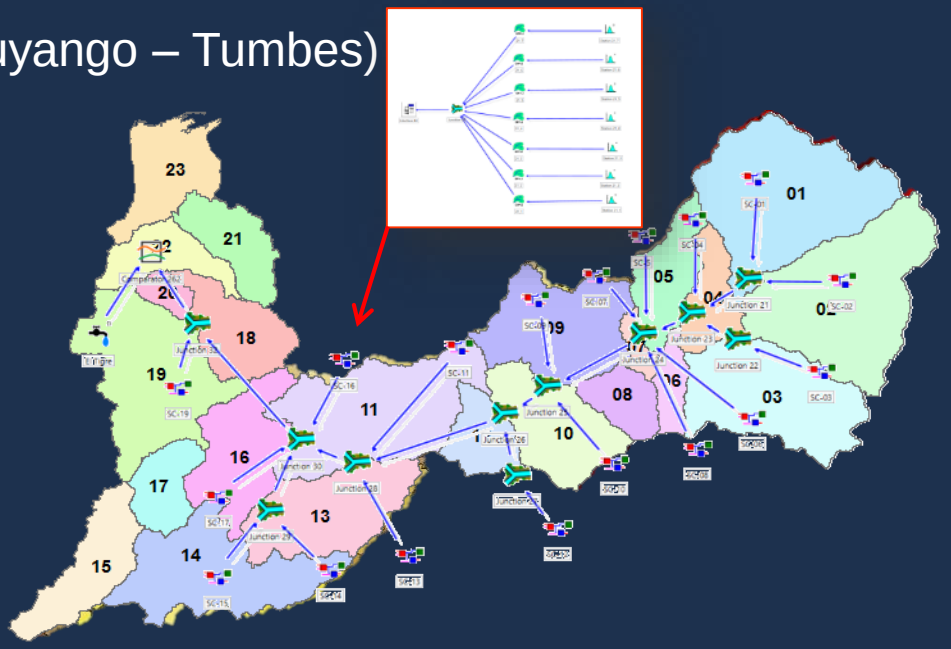
Fuente: www.udep.edu.pe

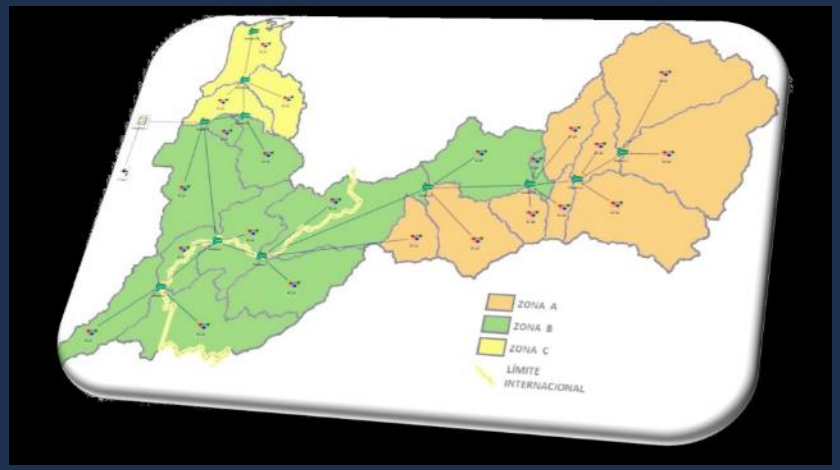
SENAMHI

Lima 18 de abril del 2018

Modelo Conceptual RS-Minerve (Ejemplo Puyango – Tumbes)



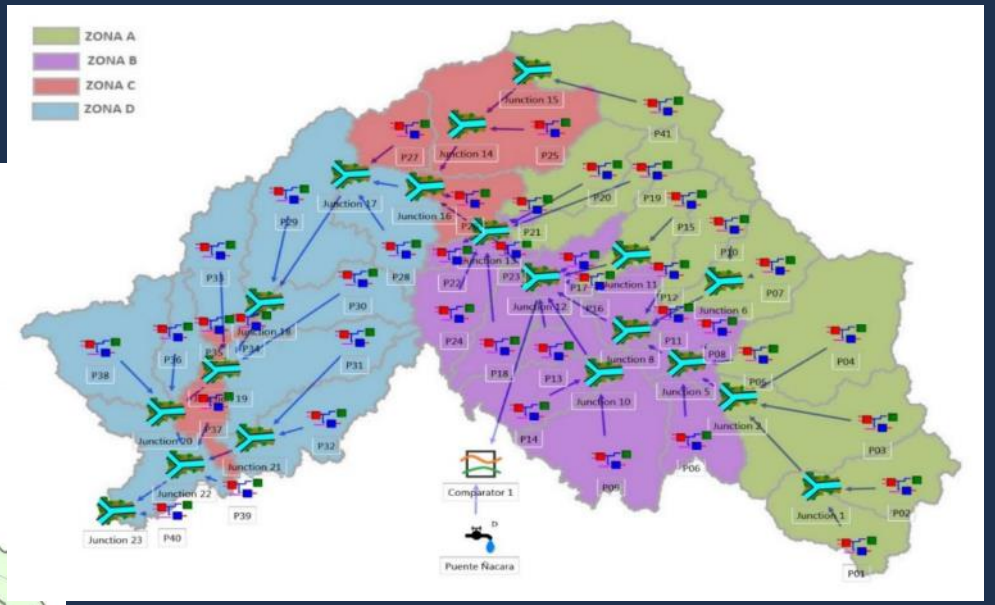




05 estaciones meteorológicas convencionales
01 estación hidrométrica (El Tigre)
06 puntos de referencia TRMM (zona ecuatoriana)

SENAMHI

Lima 18 de abril del 2018

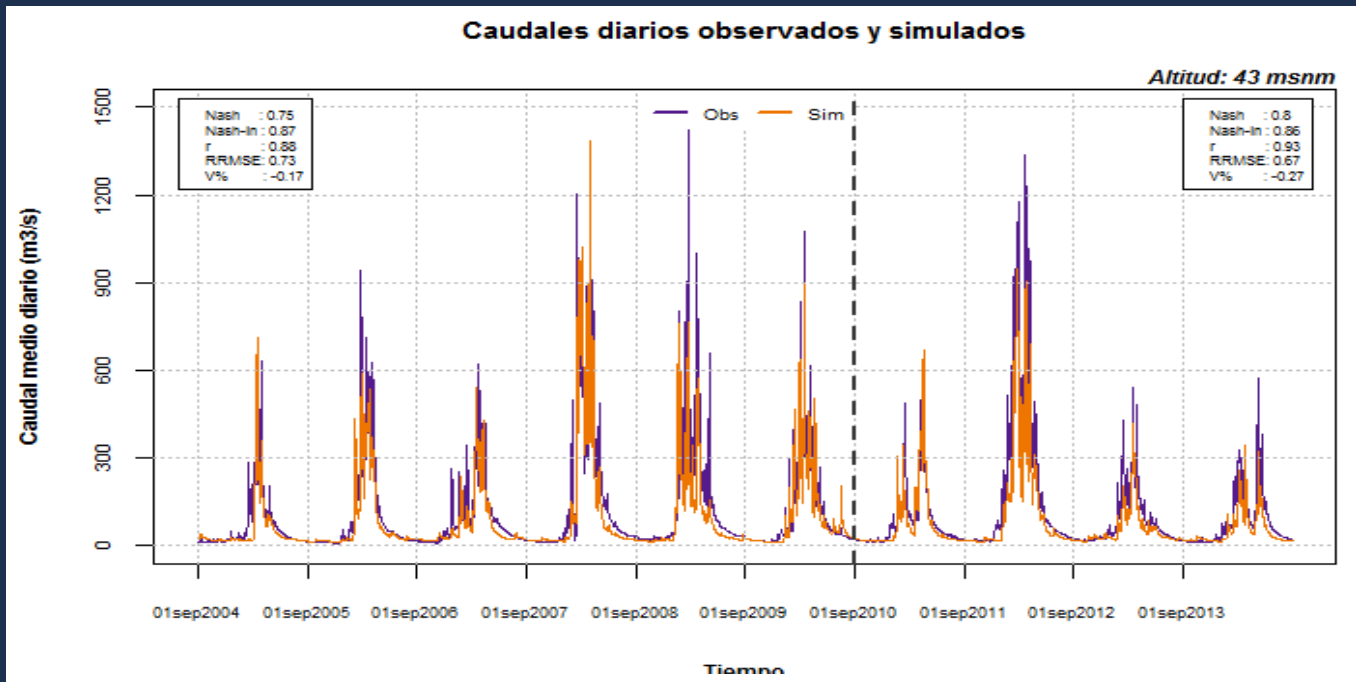


Cuenca Piura

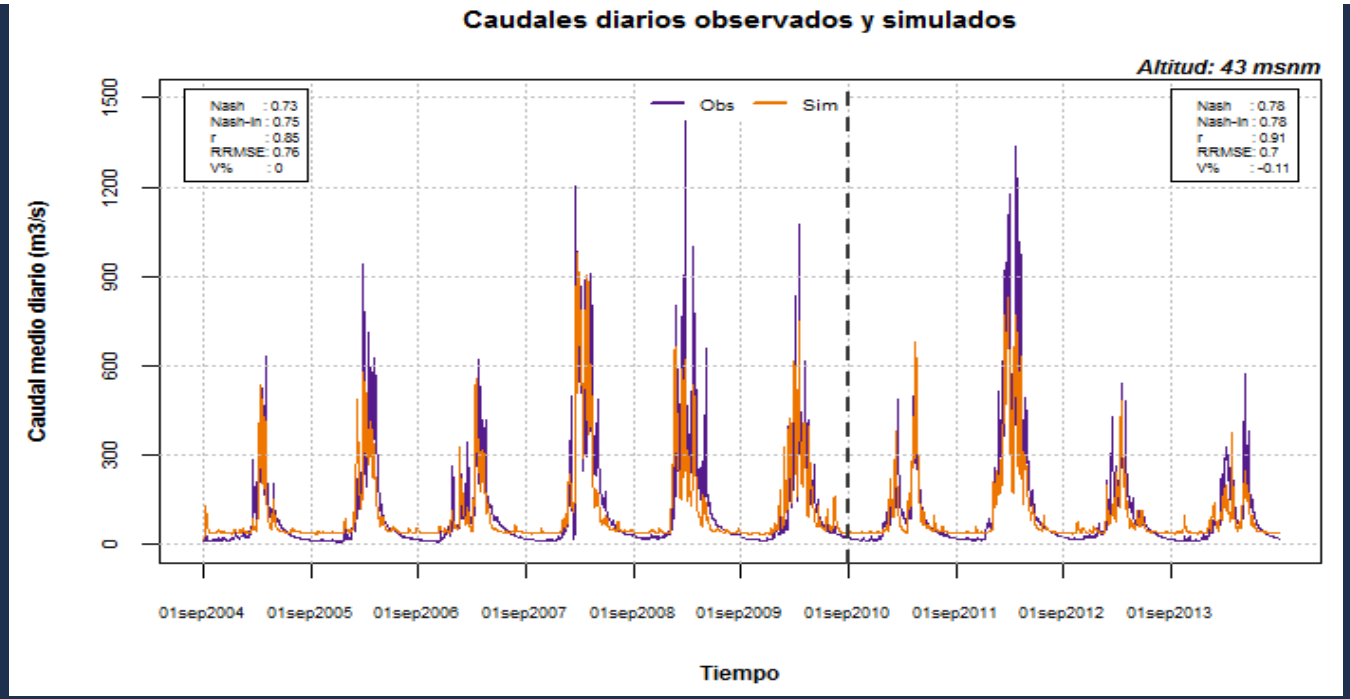
Cuenca	# Subcuencas	Limite Bandas (m)	UH
La Leche	24	400 parte baja 200 parte alta	132
Chancay	39	400 parte baja 300 parte alta	204
Piura	41		

GR4J

Río Tumbes



SAC



SENAMHI

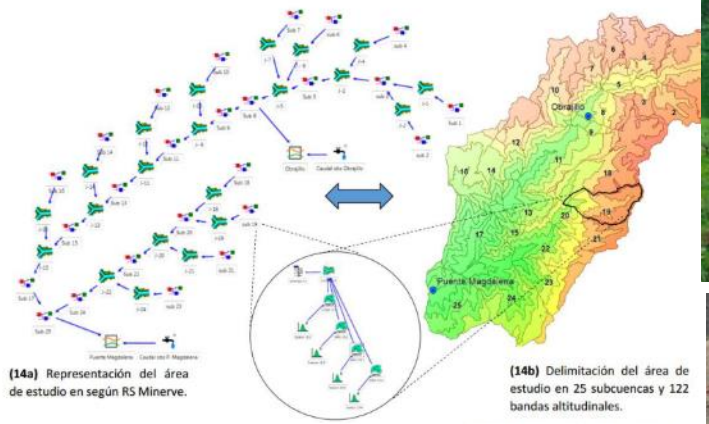
Lima 18 de abril del 2018

• RESULTADOS

Cuenca	Modelo	Calibración (NASH)	Validación (NASH)	N° Sub cuencas	Estaciones precipitación	Estación hidrológico / nombre
Chancay – Lambayeque	SAC	(01sep2001 – 31ago2009)	(01sep2009 – 31ago2014)	29	10	1/ Raca-Rumi (250 metros)
		0.83	0.80			
	HBV	(01sep2001 – 31ago2009)	(01sep2009 – 31ago2014)			
		0.85	0.80			
La Leche	SAC	(01sep2007 – 31ago2011)	(01sep2011 – 31ago2014)	19	6	1 / Puchaca
		0.62	0.22			
	HBV	(01sep2007 – 31ago2011)	(01sep2011 – 31ago2014)			
		0.54	0.32			
Puyango – Tumbes	GR4J	(01sep2004 – 31ago2010)	(01sep2010 – 31ago2014)	19	5 (considera TRMM)	1 / EL Tigre (43 metros)
		0.75	0.80			
	SAC	(01sep2004 – 31ago2010)	(01sep2010 – 31ago2014)			
		0.73	0.77			
Chira – Piura	GR4J	(01sep1972 – 31ago1980)	(01sep1980 – 31dic1991)	40	8	1 / Puente Ñacara (103 metros)
		0.72	0.67			
	SAC	(01sep1972 – 31ago1980)	(01sep1980 – 31dic1991)			
		0.70	0.75			

Cuencas Terminadas y en prueba
Cuencas calibradas
Cuencas en construcción

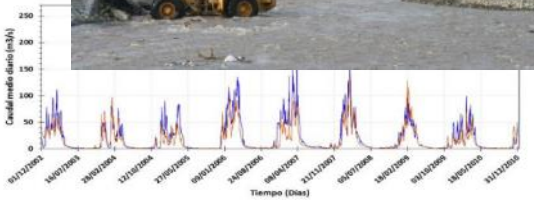
Cuenca Chillón



(14a) Representación del área de estudio en según RS Minerve.

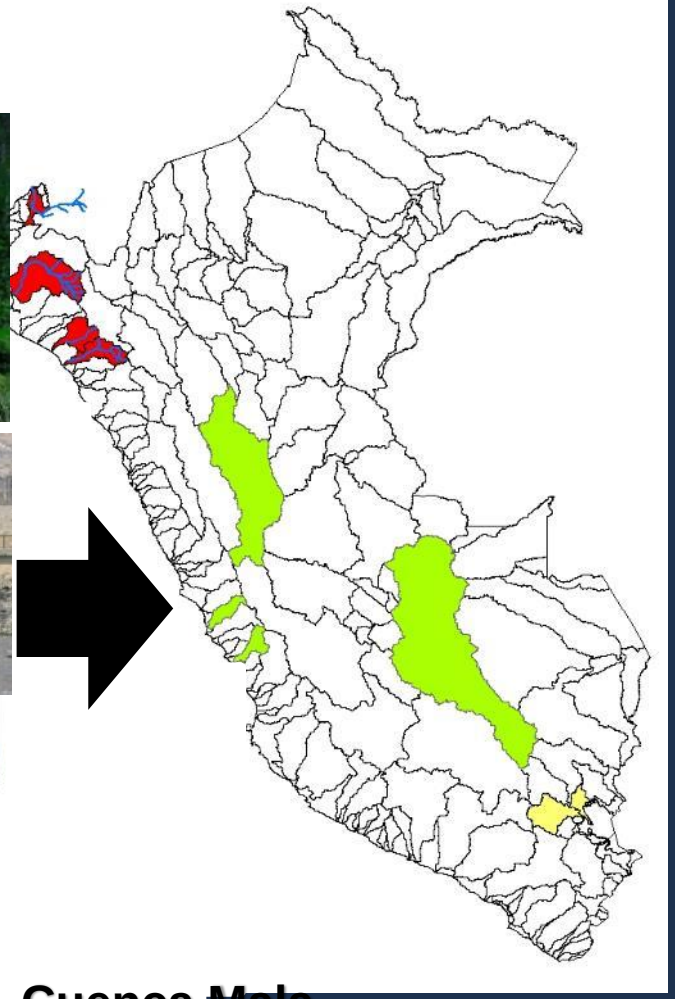
(14b) Delimitación del área de estudio en 25 subcuencas y 122 bandas altitudinales.

(14c) Representación de la subcuenca de código 19 <> Sub 19.



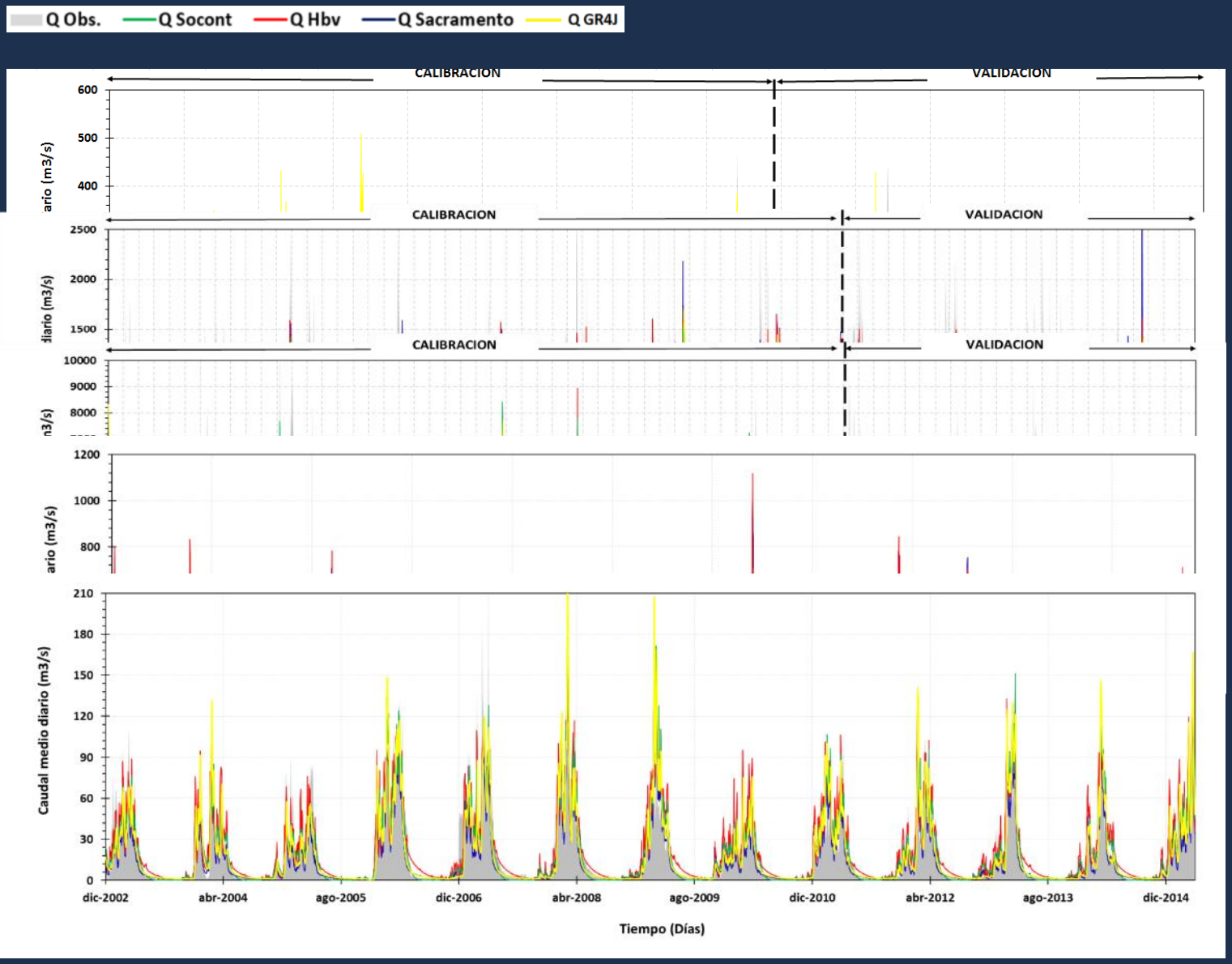
MODELO HIDROLÓGICO

	ESTADISTICO	GR4J	SOCONT	HBV	SAC
CALIBRACIÓN	Nash	0.75	0.82	0.83	0.75
	Nash-ln	0.91	0.43	0.88	0.91
	Coef. Pearson	0.87	0.9	0.91	0.90
VALIDACIÓN	Nash	0.67	0.76	0.67	0.80
	Nash-ln	0.92	0.40	0.82	0.90
	Coef. Pearson	0.89	0.92	0.92	0.90



Cuenca Mala

ASIMILACION DE DATOS



Coata

Tingo María

Picota

Vilcanota

Mala

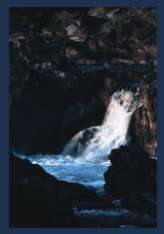
PERSONAL OPERANDO CORRECTAMENTE LOS MODELOS DESEADOS!

- Componente 2: Asimilación de datos (PP, T°, HR, etc)

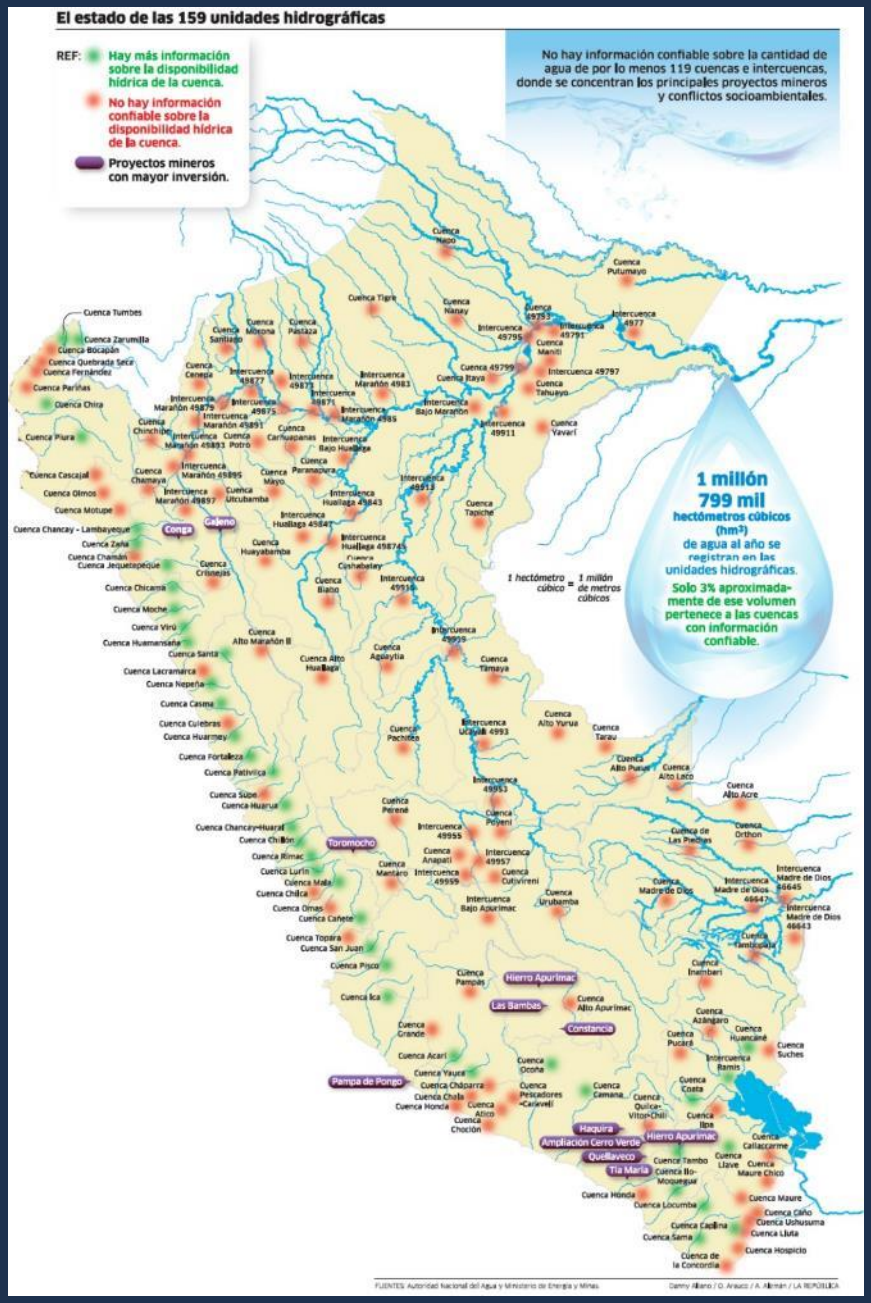
Datos de ingreso a los modelos

- Precipitación y Temperatura

- Caudales para calibración



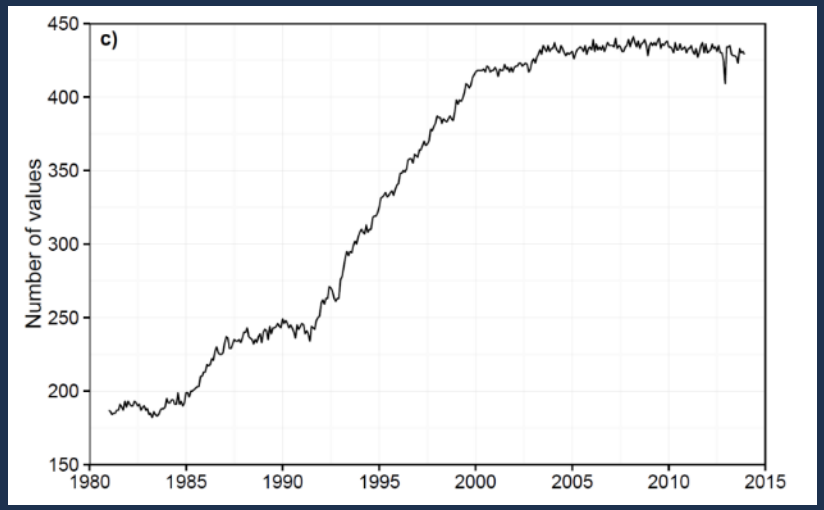
- Precipitación y Temperatura



159 unidades hidrológicas

Verde: con datos (40)

Rojo: Sin datos (119)

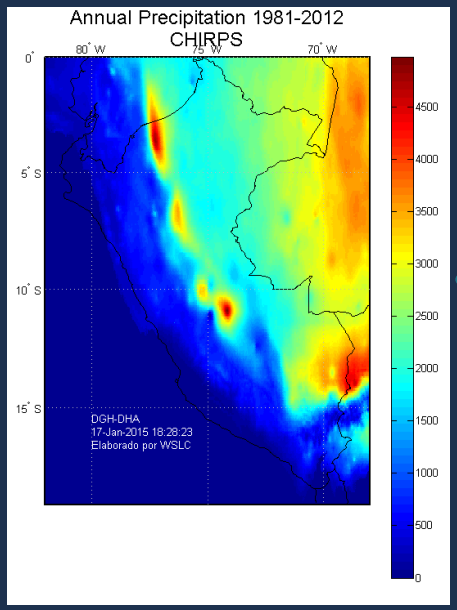


SENAMHI

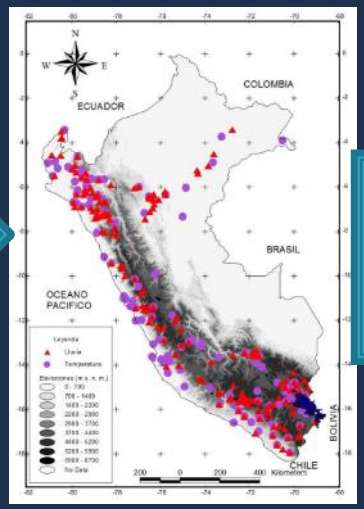
Lima 18 de abril del 2018

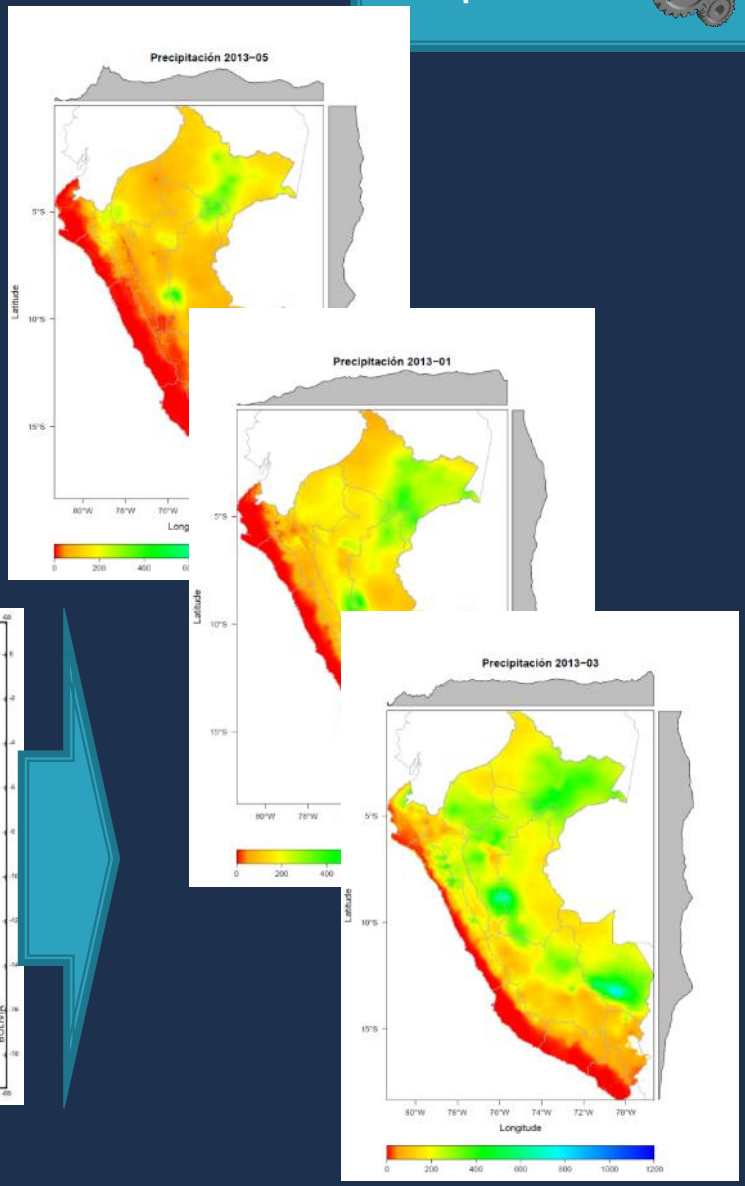
Datos interpolados de las estaciones climatológicas e hidrológicas del SENAMHI

PISCO
Peruvian Interpolate data of the SENAMHI's Climatological and Hydrological Observations



MERGING





Precipitación interpolada PISCO-prec á paso de tiempo mensual y diario

Enero/1981 a Dic/2016

Fuente: Waldo Lavado

- Componente 3: Modelos numéricos de predicción del tiempo

1983: Fenómeno El Niño sorprende al Perú, especialmente al norte del Perú por fuertes lluvias y al sur por sequias.

1997-98: Regreso el ENSO, pronósticos de la NOAA permitieron tomar previsiones que mitigaron los daños

1999: Se implementa el modelo ETA-SENAMHI, con una resolución de 48 km.

2009: Se actualiza el modelo ETA-SENAMHI a una resolución de 32 y 22 km.

2010: Se implementa el modelo WRF con una resolución de 33 y 22 km

2016: Se implementa una corrección mediante BIAS a los modelos ETA-SENAMHI y WRF.

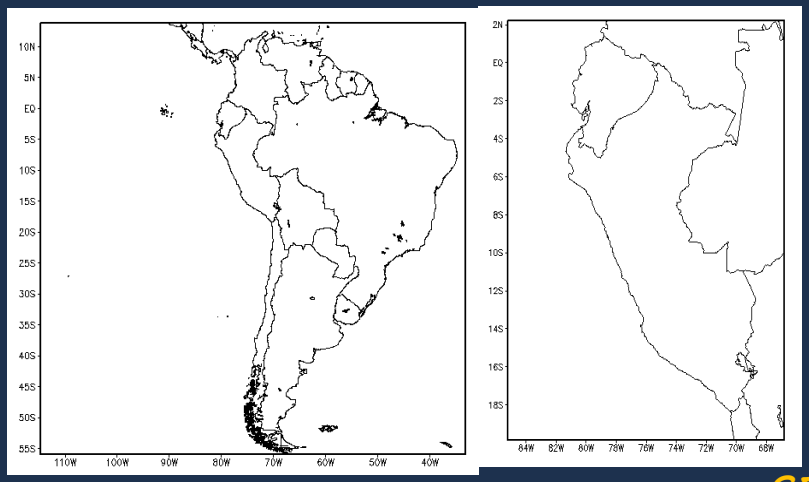
SENAMHI

Lima 18 de abril del 2018

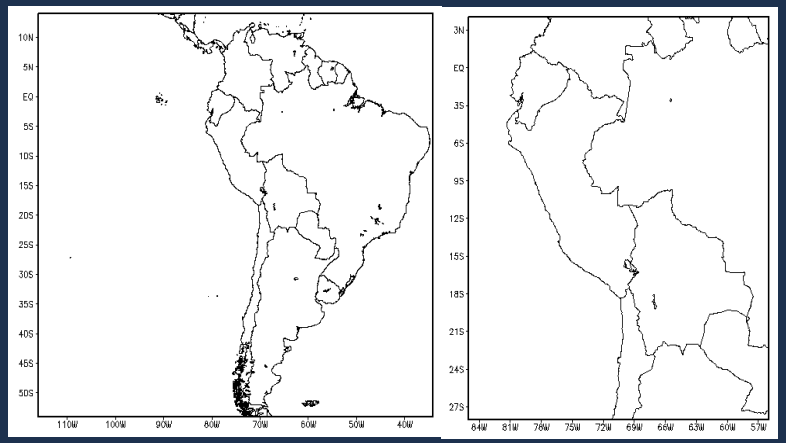
• Componente 3:

	WRF		ETA	
Resolución espacial	Perú [22 km]	Sudamérica [33 km]	Perú [22km]	Sudamérica [32km]
Área	Longitud : 85.2° W 66.7° W	Longitud : 114.6° W 33.1°W	Longitud : 85° W 56° W	Longitud : 116° W 34°W
	Latitud : -19.8° S 2.1° N	Latitud : 55.9° S 13.7° N	Latitud : 28° S 4° N	Latitud : 54° S 13° N
Resolución temporal	Cada 6 horas.		Cada 6 horas.	
Actualización	Dos veces al día (00Z y 12Z)		Dos veces al día (00Z y 12Z)	
Tiempo de pronostico	120 horas		120 horas	180 horas

Dominios Sudamérica (33km) y Perú (22km) del modelo WRF.

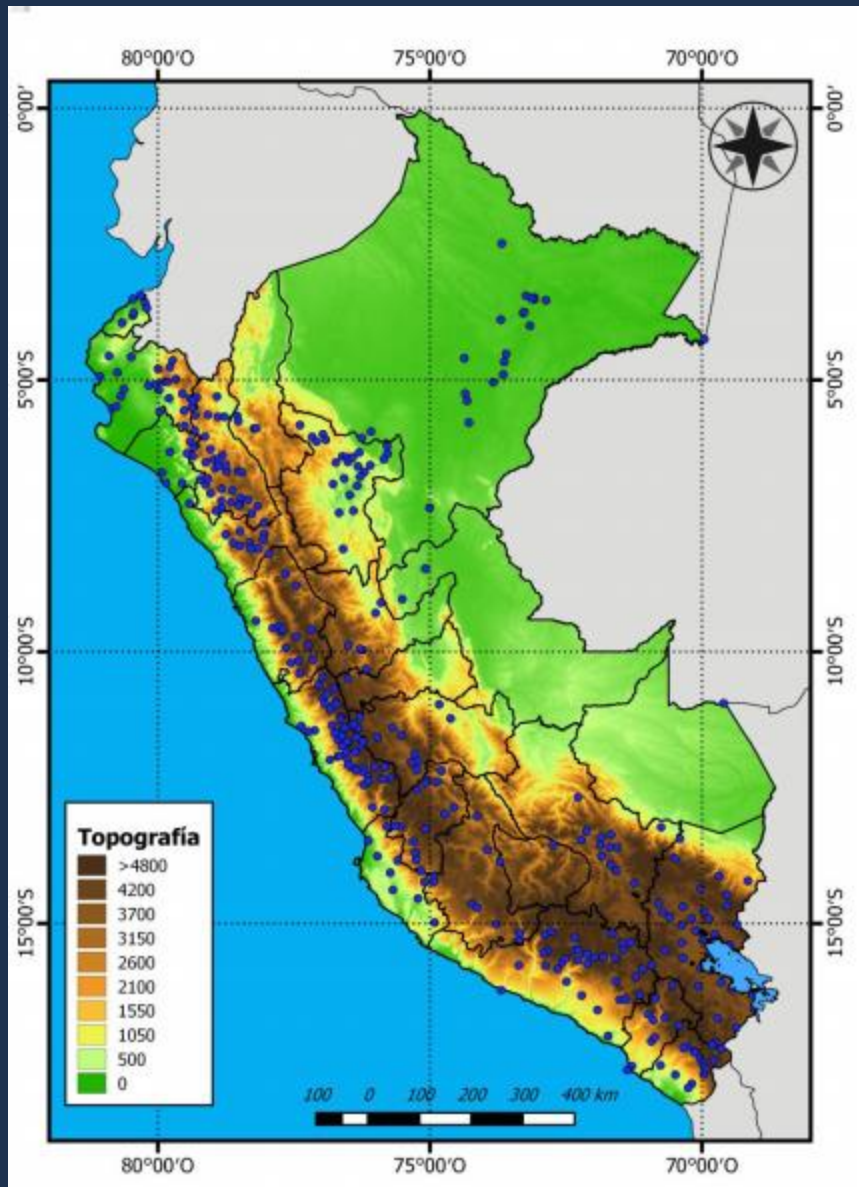


Dominios Sudamérica (32km) y Perú (22km) del modelo ETA.



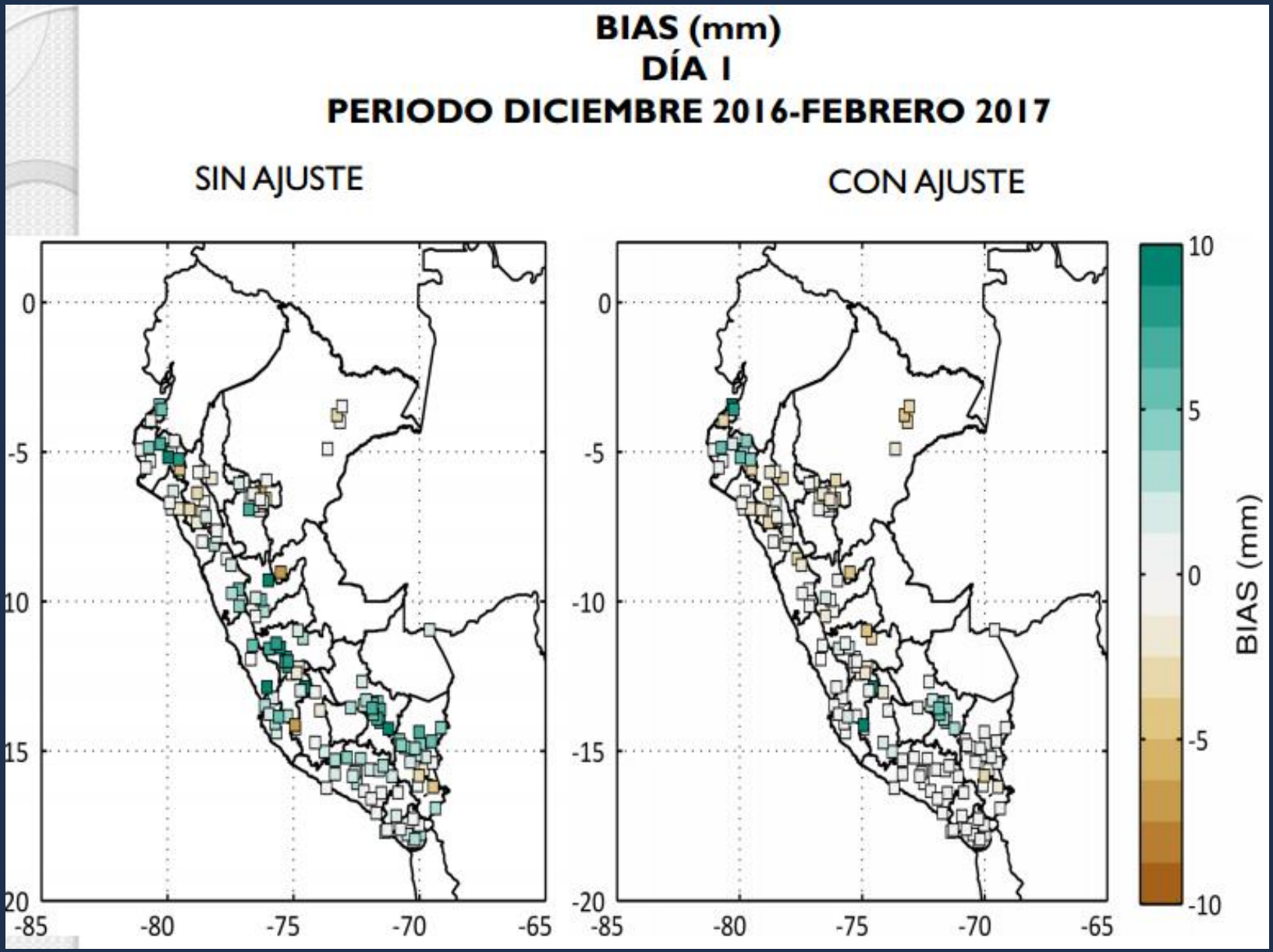
SENAMHI

Lima 18 de abril del 2018

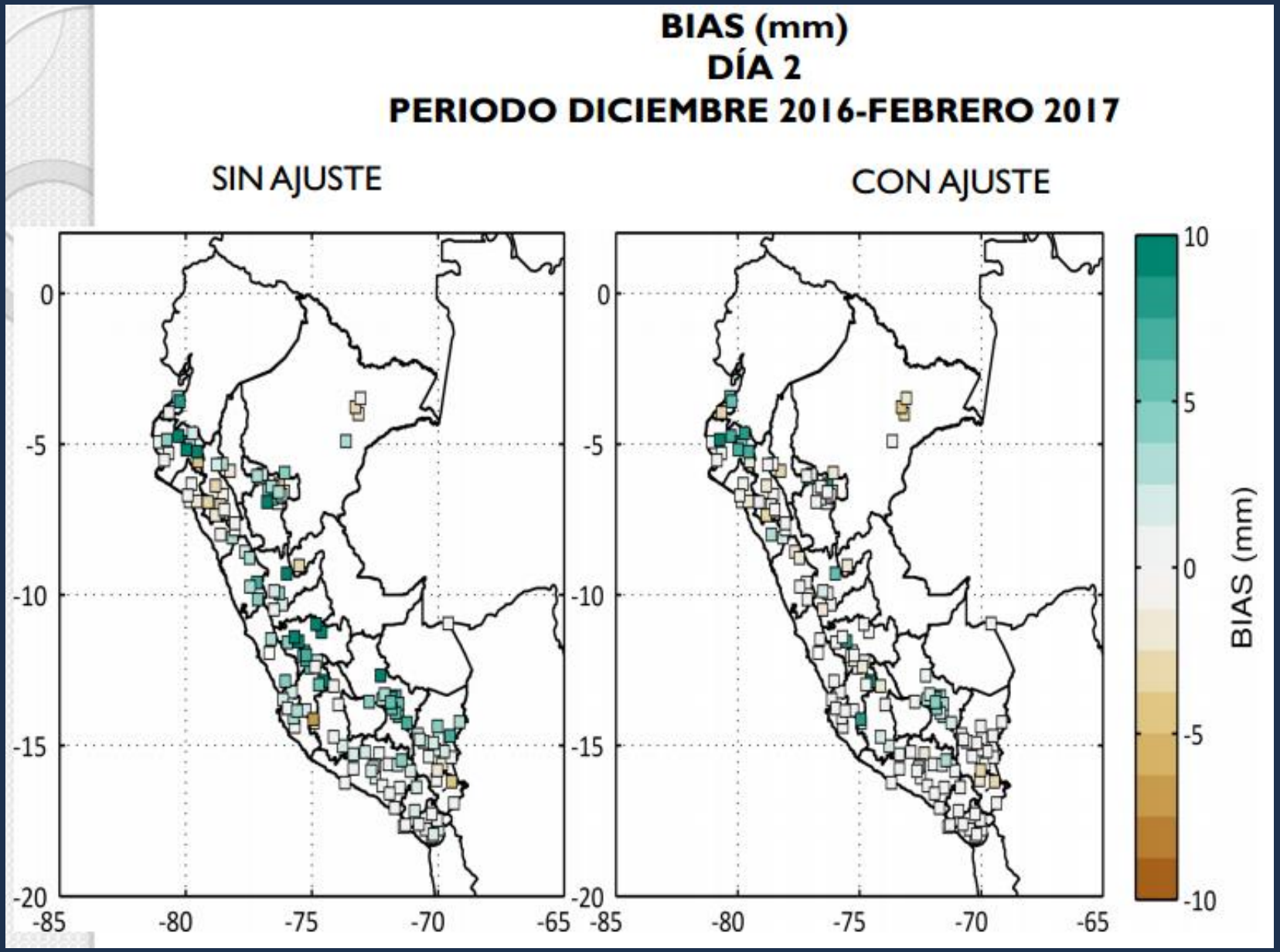


- Información pluviométrica **de 365 estaciones** a nivel nacional
- Información de precipitiación del modelo **ETA/SENAMHI** extraída a **punto de estación** para el pronóstico del **Día 1** y **Día 2**
- Periodo: **Enero 2010-Diciembre 2015**

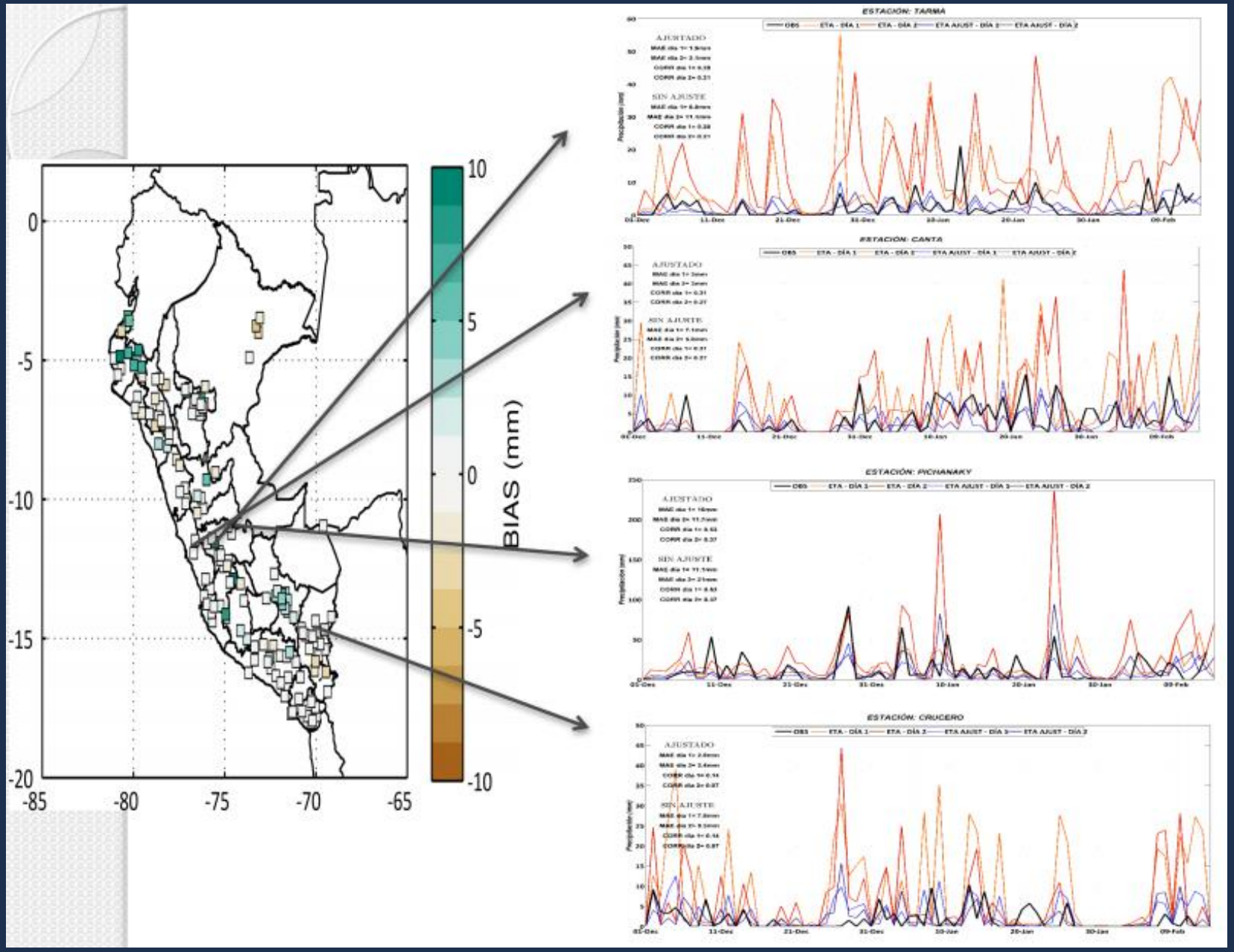
Fuente: De la Cruz, G



Fuente: De la Cruz, G



Fuente: De la Cruz, G

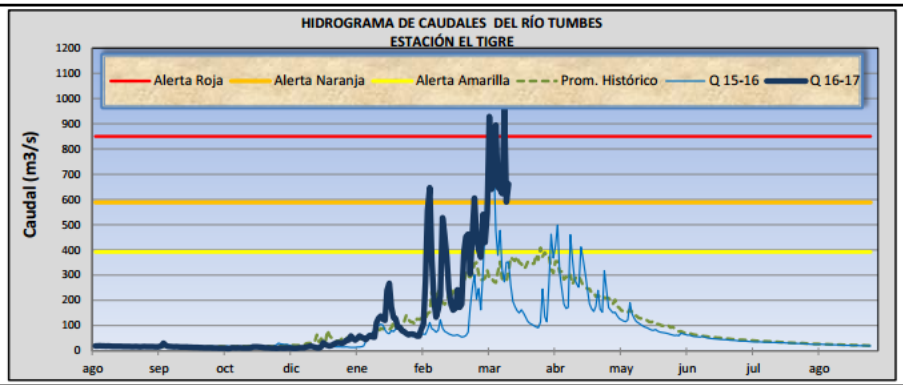


Fuente: De la Cruz, G

Componente 4: Sistema de salida al usuario

PERÚ Ministerio del Ambiente — Senamhi

Fecha: lunes, 13 de marzo de 2017 — PRONÓSTICO HIDROLÓGICO 2016/2017 — Nº Tu ET 054-17



CUENCA	ESTACION	CAUDALES DEL DIA ANTERIOR (m^3/seg.)					CAUDALES DE HOY (m^3/seg.)				
		Promedio 24 hrs.	Normal Diario	Anomalia (%)	Min.	Max.	Promedio:00:00 a 10:00 hrs	Normal Diario	Anomalia (%)	Min.	Max.
Tumbes	EL TIGRE	589.4	276.1	110	516.1	677.6	661.1	315.0	139	572.1	694.1

Fuente: SENAMHI

CONCLUSIONES Y PREVISIONES

El caudal del río Tumbes en la estación hidrológica El Tigre hasta las 10:00 hrs. es de 661.1 m3/s, con una anomalia de +139% con respecto a su normal histórica. El caudal promedio supera el umbral de alerta hidrologica naranja. De acuerdo a las salidas del modelo de pronóstico de caudales a las próximas 72 horas se presenta en el cuadro siguiente:

Rio	Caudal Promedio (m^3/s)		
	24 horas	48 horas	72 horas
Tumbes	637.2 - 701.0	829.2 - 912.1	684.5 - 753.0

SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA DEL PERÚ

Jr. Cahuide 785 Jesús María Tel: 6141401 Telefax: 4717287 Email: oci@senamhi.gob.pe www.senamhi.gob.pe

Jr. Cahuide 785 Jesús María Tel: 6141401 Telefax: 4717287 Email: oci@senamhi.gob.pe www.senamhi.gob.pe

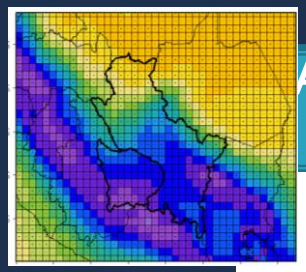
Pronósticos para el 13 de marzo

Rio	Caudal Promedio (m^3/s)		
	24 horas	48 horas	72 horas
Tumbes	649.9 - 718.3	619.1 - 684.2	934.5 - 1032.8

SENAMHI

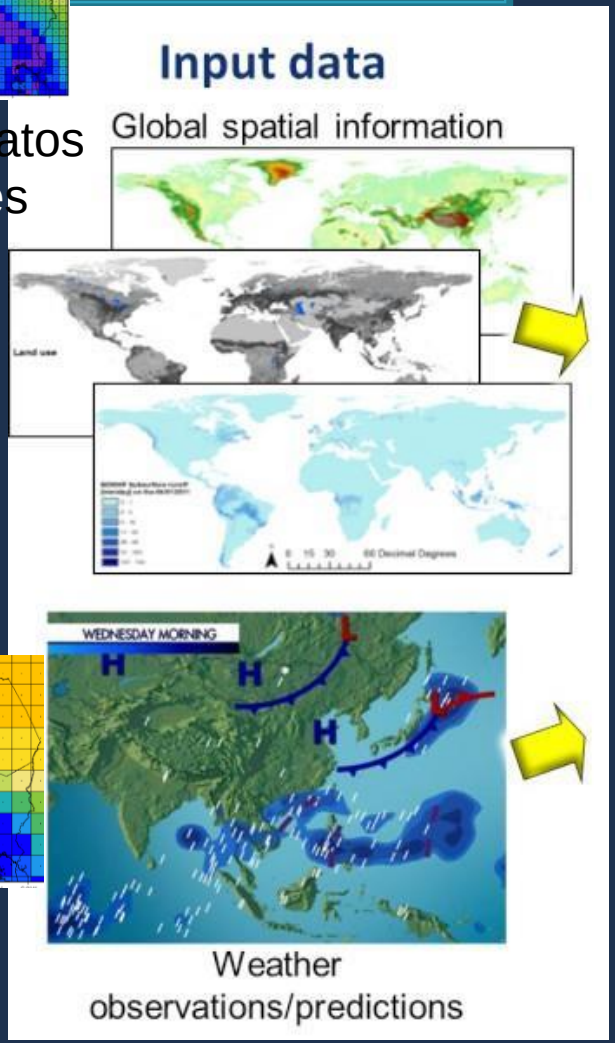
Lima 18 de abril del 2018

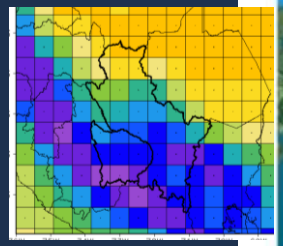
• SISTEMA DE PRONOSTICOS



Base de datos
-Estaciones
-PISCO
-CHIRPS

ASIMILACION DE DATOS

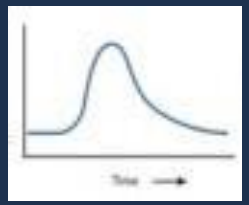


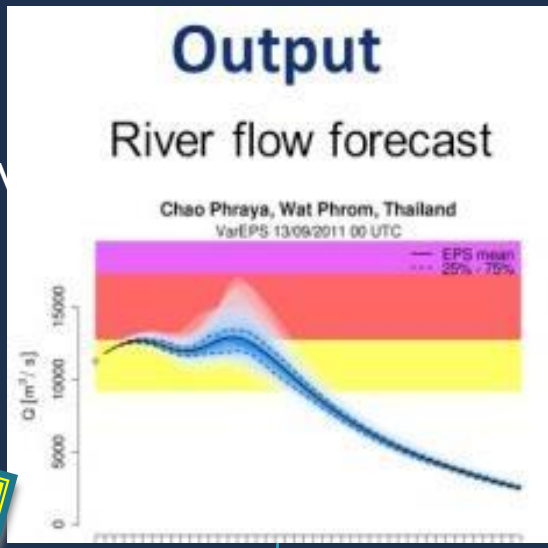


ETA
WRF

MODELO HIDROLOGICO

Plataforma RS MINERV
(SAC, GR4J y HBV)





Cuenca:
Pronósticos a 3 días
Niveles de incertidumbre

SALIDAS AL USUARIO

(adaptado de Lavado, 2012)

Protocolo de Pronóstico

Descarga de datos satelitales (GPM)

Corrección de datos satelitales en base al producto PISCO usando datos observados del programa Voz y Data

Actualización diaria de la base de datos histórica

Previsiones de Precipitación modelo ETA

RS Minerve VBS. (comandos)

Pronóstico de Caudales Puntos de interés

Reportes diarios con previsión de 3 días

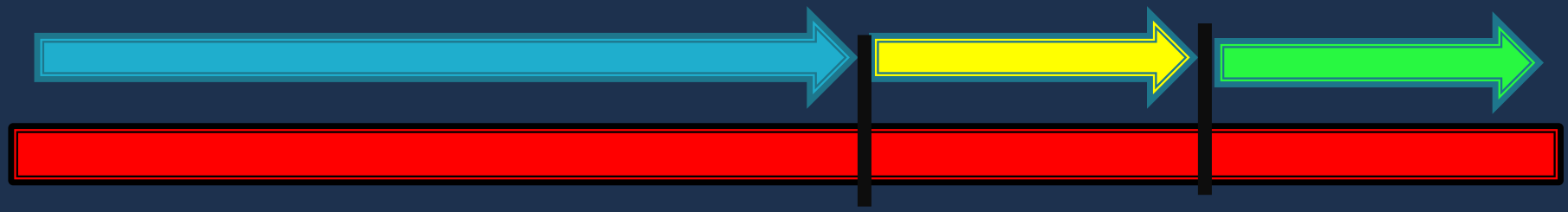
PISCO
Peruvian Interpolate data of the SENAMHI's Climatological and Hydrological Observations

Base de datos grillada de observaciones climáticas e hidrológicas (1981-2016) con resolución de 5 km

- Se descarga información del satélite GPM y «voz y data» para completar datos hasta el día «n» a las 7 de la mañana.

- Se toma las salida de los modelos climáticos para los modelos

1981 hasta 3 meses (n-60) antes del día actual (n)
Pisco



Se publica pronostico diario con un horizonte de 3 dias

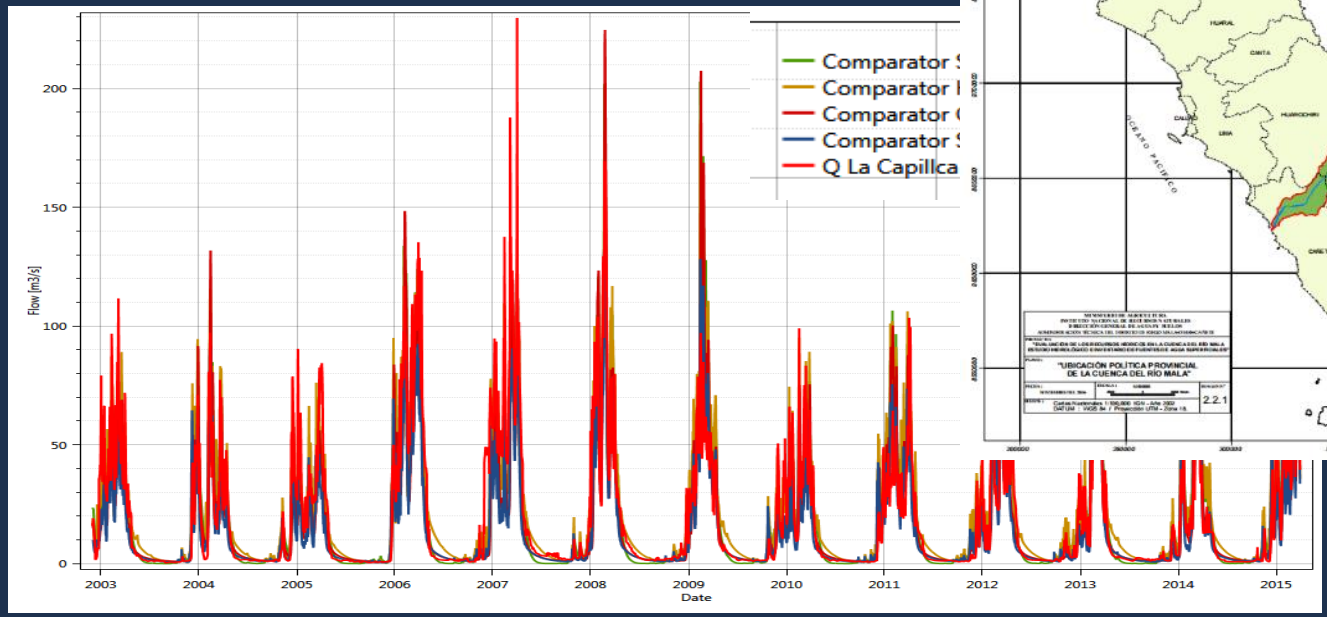
Conclusiones

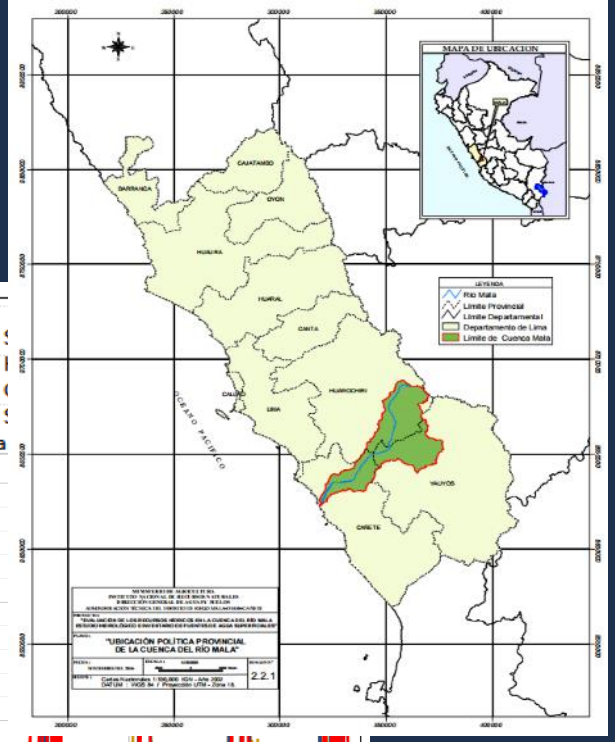
- El SENAMHI cuenta con una plataforma de modelamiento hidrológico, con buen numero de personal formado.
- Los modelos meteorológicos han mejorados bastante desde la implementación de la metodología de corrección por BIAS, mejorando los pronósticos diarios.
- Se cuenta con la base de datos PISCO que permite tener información de precipitación para todo el país hasta paso de tiempo diario

Problemas

- Información hidrológica para los modelos: Caudales

Cuenca Mala
2003 a 2015





GR4J

Name	Value	Unit
Nash	0.72773	-
Nash-In	0.91777	-
Pearson Correlation Coeff	0.8677	-
Kling-Gupta Efficiency	0.81303	-
Bias Score	0.99234	-
RRMSE	0.74083	-
Relative Volume Bias	-0.08048	-
Normalized Peak Error	-0.02196	-

SOCONT

Name	Value	Unit
Nash	0.80363	-
Nash-In	0.40154	-
Pearson Correlation Coeff	0.9022	-
Kling-Gupta Efficiency	0.90205	-
Bias Score	1	-
RRMSE	0.62915	-
Relative Volume Bias	-0.00141	-
Normalized Peak Error	-0.11681	-

HBV

Name	Value	Unit
Nash	0.79467	-
Nash-In	0.86745	-
Pearson Correlation Coeff	0.90604	-
Kling-Gupta Efficiency	0.80341	-
Bias Score	0.9795	-
RRMSE	0.64335	-
Relative Volume Bias	0.14317	-
Normalized Peak Error	-0.18668	-

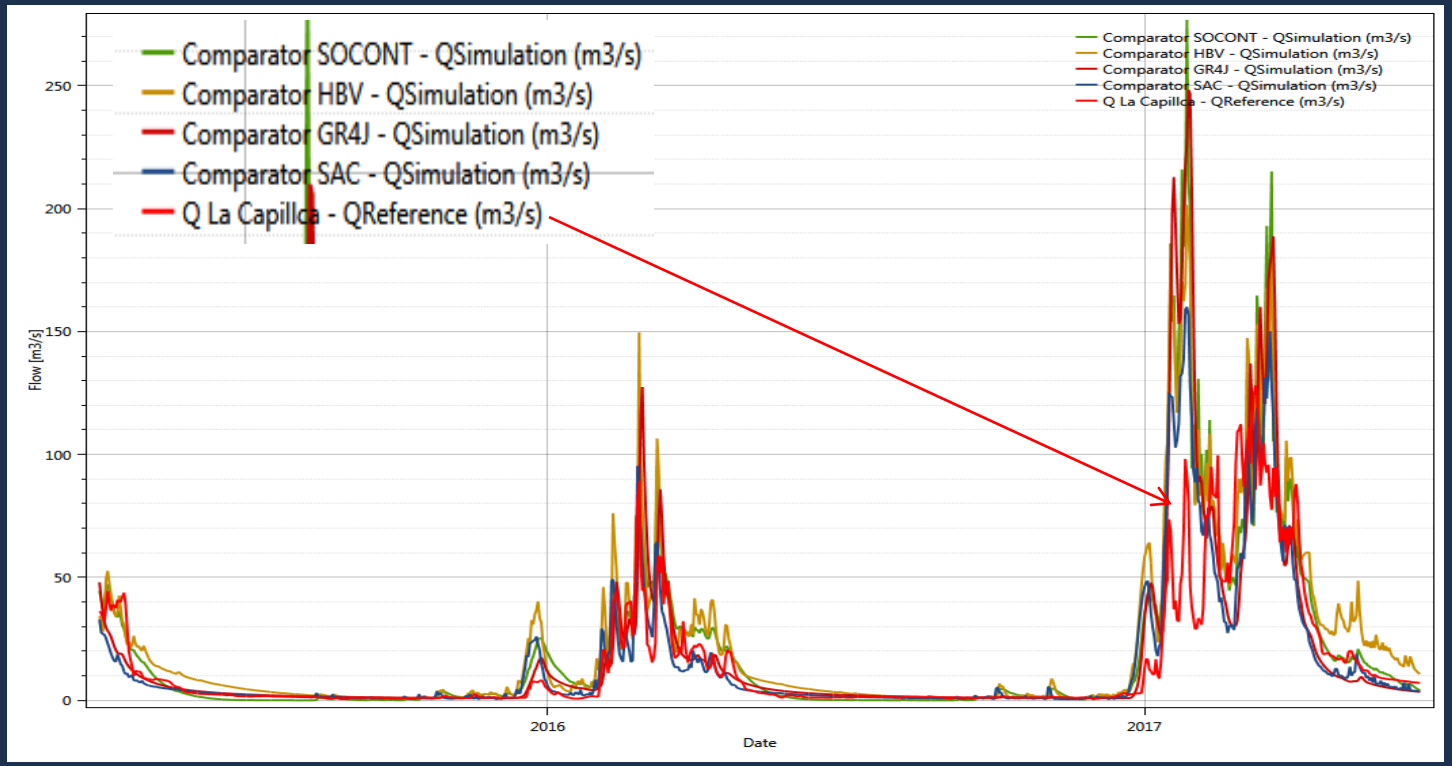
SACRAMENTO

Name	Value	Unit
Nash	0.76014	-
Nash-In	0.90801	-
Pearson Correlation Coeff	0.89254	-
Kling-Gupta Efficiency	0.74239	-
Bias Score	0.90894	-
RRMSE	0.69533	-
Relative Volume Bias	-0.23181	-
Normalized Peak Error	-0.37711	-

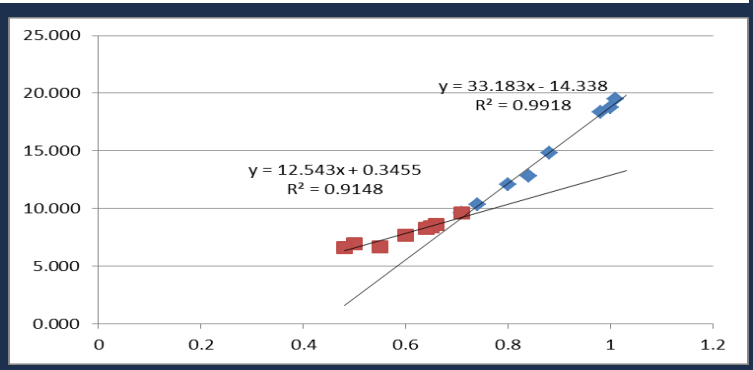
Problemas

- Información hidrológica para los modelos: Caudales y curvas altura gasto

Cuenca Mala
2016 a 2017



Ecuación Altura - gasto



Velocidad superficial superior a 3 m/s

Problemas

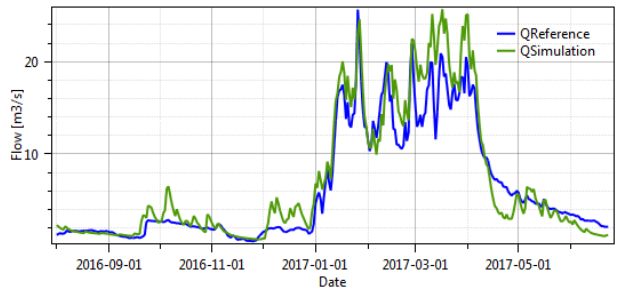
- Información hidrológica para los modelos: Caudales

Cuenca
Río
Chillón

Name	Value	Unit
Nash	0.87722	-
Nash-In	0.89414	-
Pearson Correlation Coeff	0.9685	-
Kling-Gupta Efficiency	0.86287	-
Bias Score	0.98454	-
RRMSE	0.33963	-
Relative Volume Bias	0.12433	-
Normalized Peak Error	0.00122	-

QReference (m3/s)
QSimulation (m3/s)

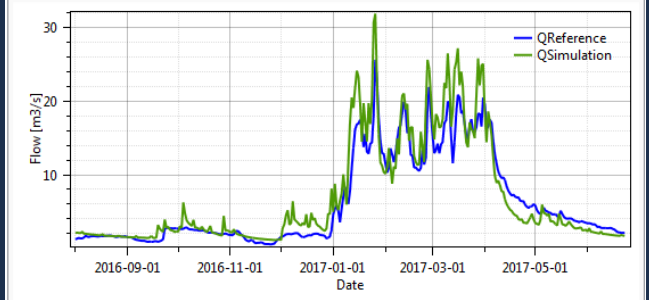
Graphs | Values

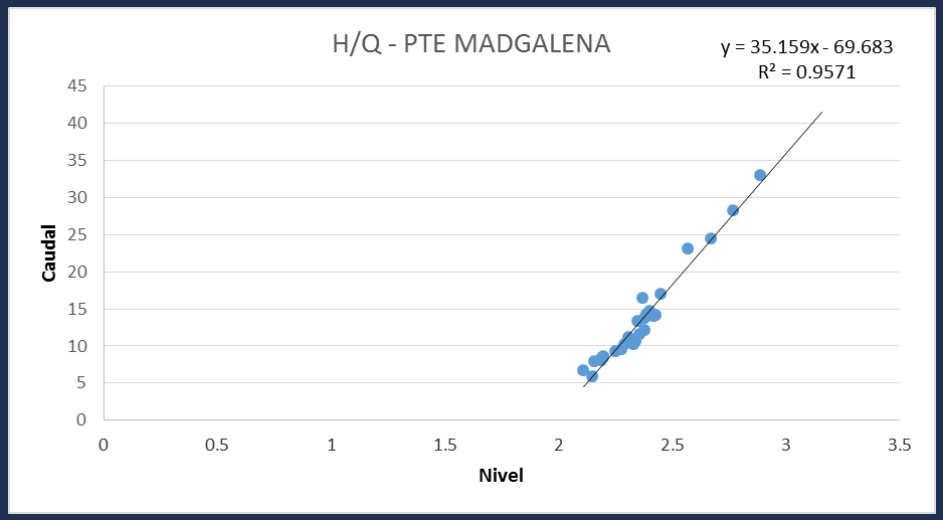


Name	Value	Unit
Nash	0.83138	-
Nash-In	0.88312	-
Pearson Correlation Coeff	0.95009	-
Kling-Gupta Efficiency	0.85822	-
Bias Score	0.98702	-
RRMSE	0.39801	-
Relative Volume Bias	0.11391	-
Normalized Peak Error	0.24432	-

QReference (m3/s)
QSimulation (m3/s)

Graphs | Values

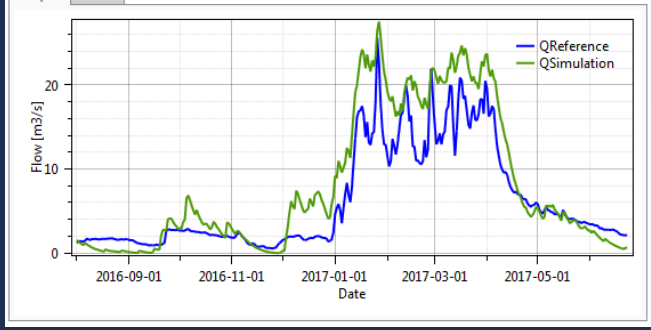




Name	Value	Unit
Nash	0.66094	-
Nash-In	0.20162	-
Pearson Correlation Coeff	0.96032	-
Kling-Gupta Efficiency	0.69287	-
Bias Score	0.90984	-
RRMSE	0.56439	-
Relative Volume Bias	0.30026	-
Normalized Peak Error	0.0745	-

QReference (m3/s)
QSimulation (m3/s)

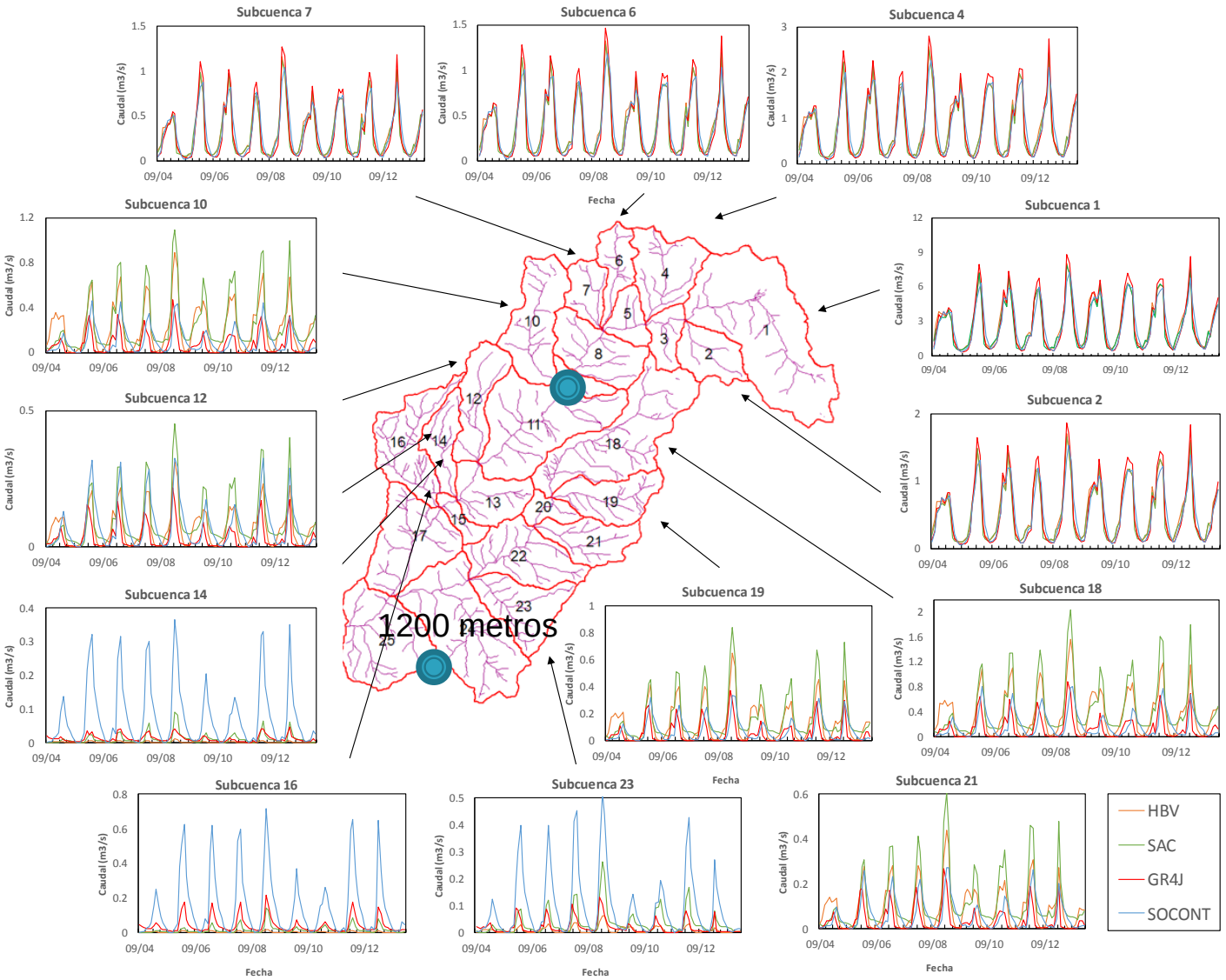
Graphs | Values



Problemas

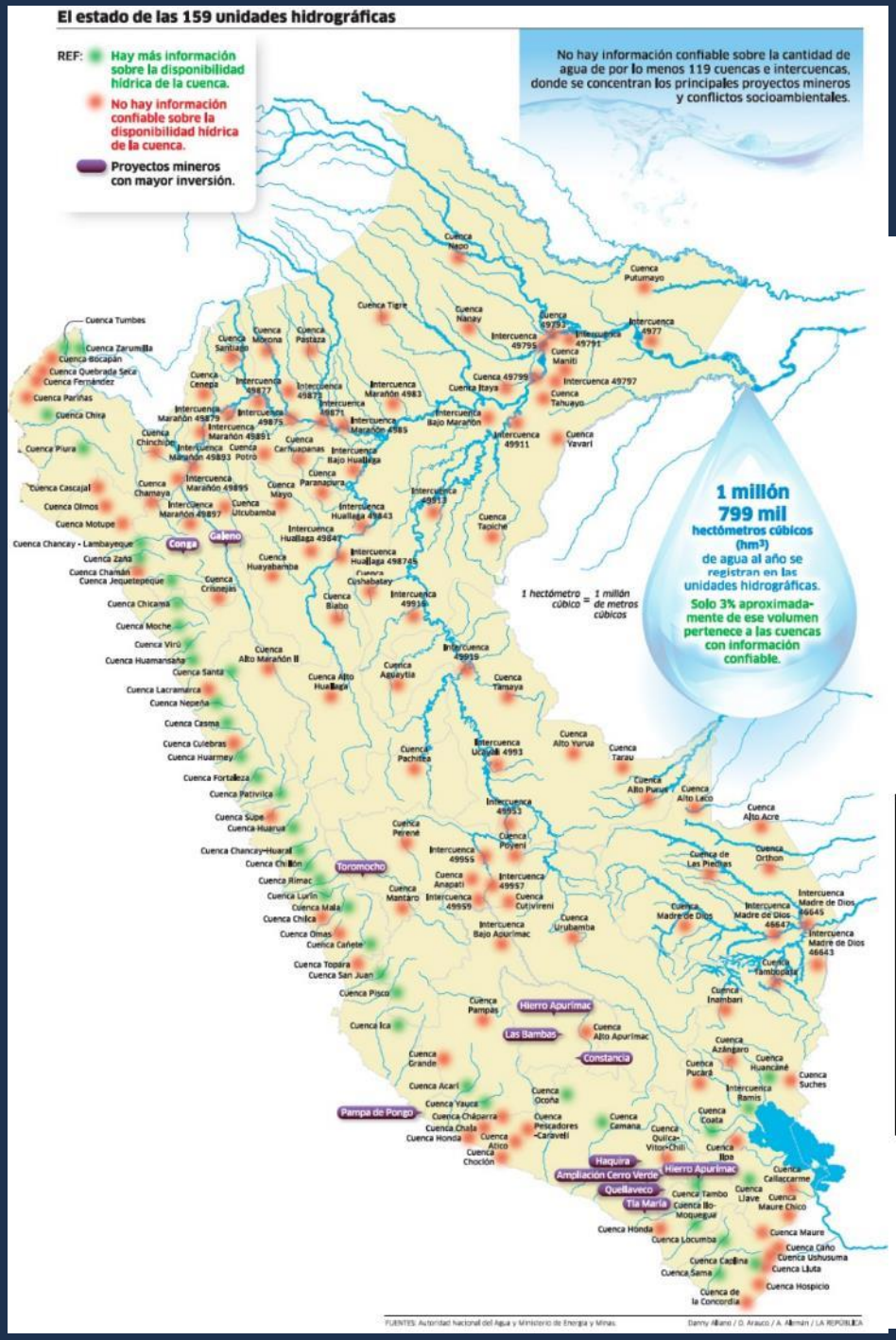
- Información hidrológica para los modelos: Caudales

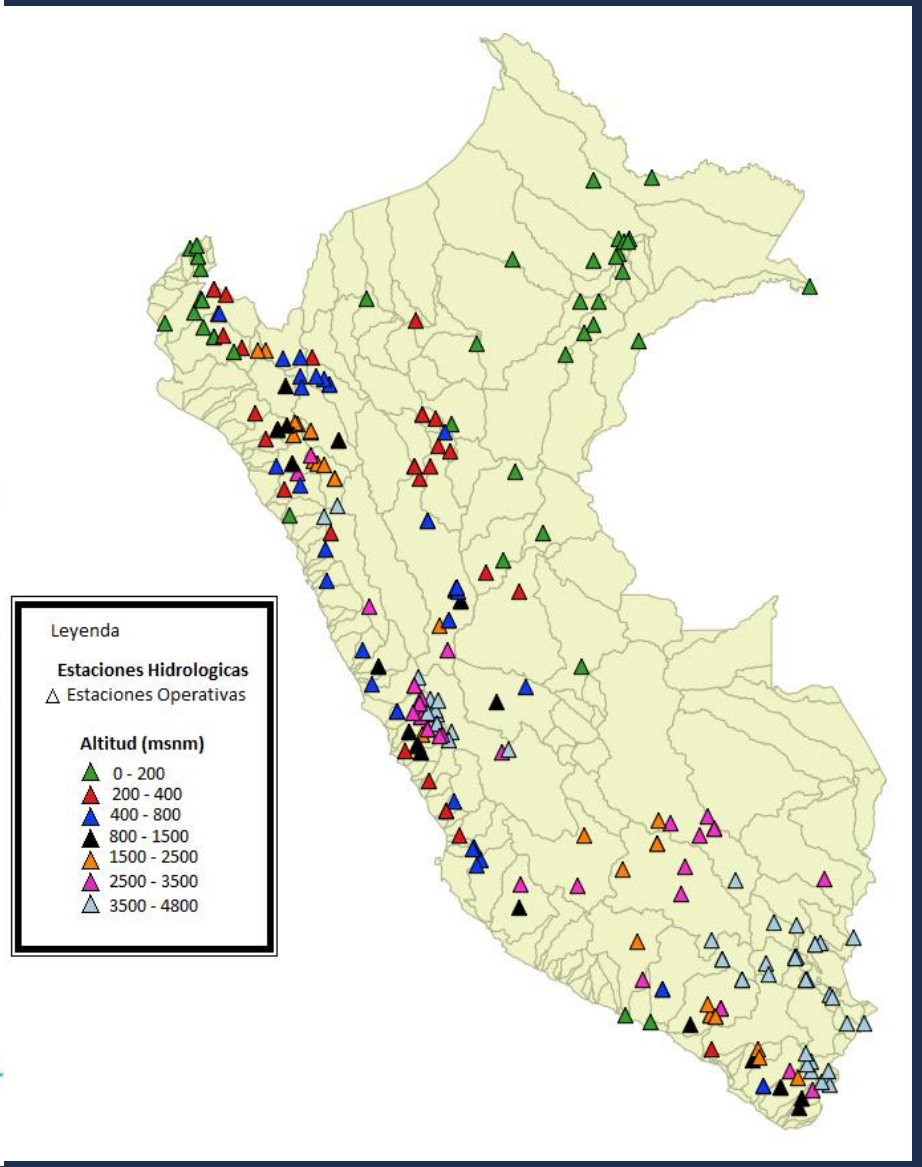
Cuenca
Río
Chillón



Problemas

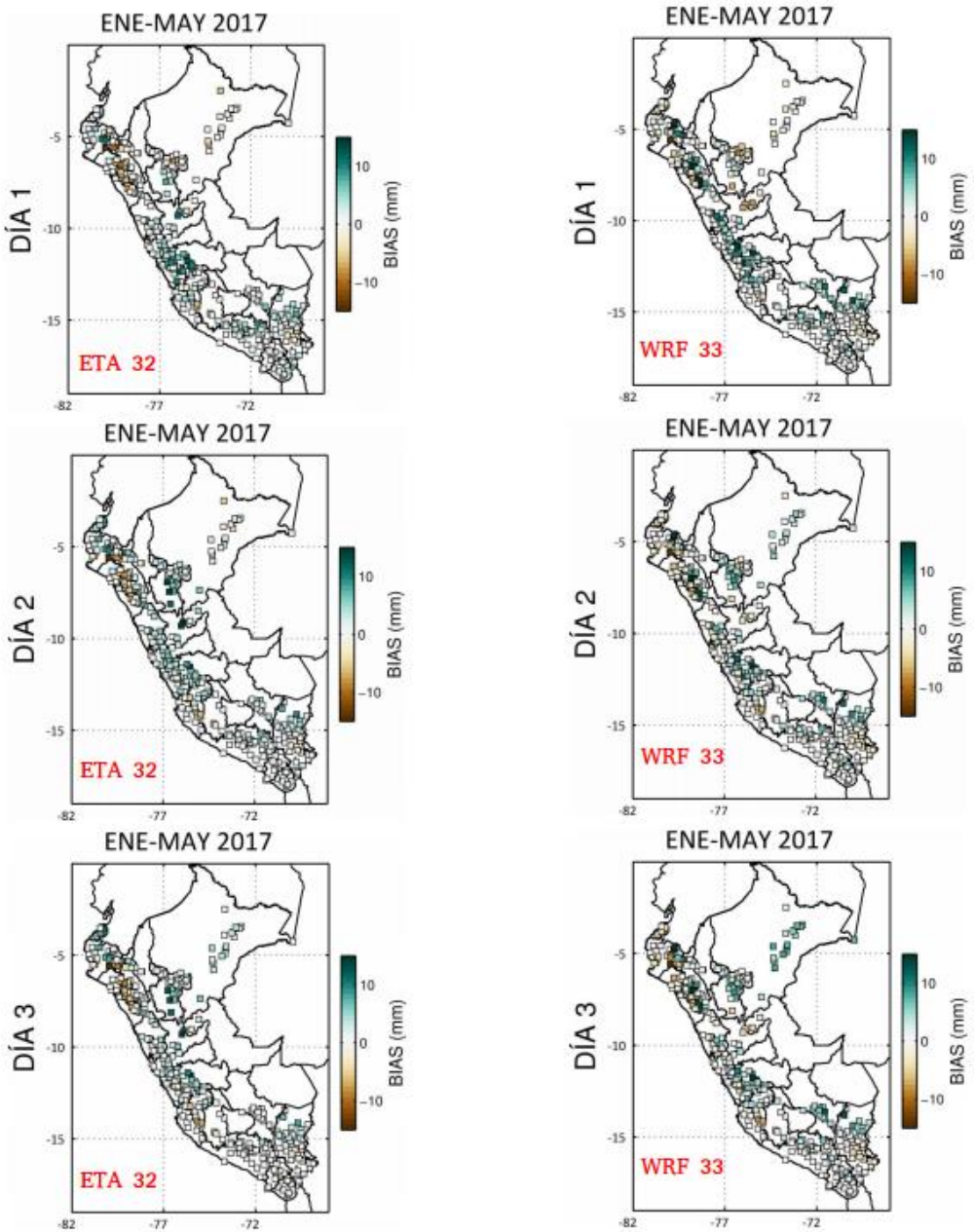
Poca información de calidad y ubicación de estaciones hidrométricas

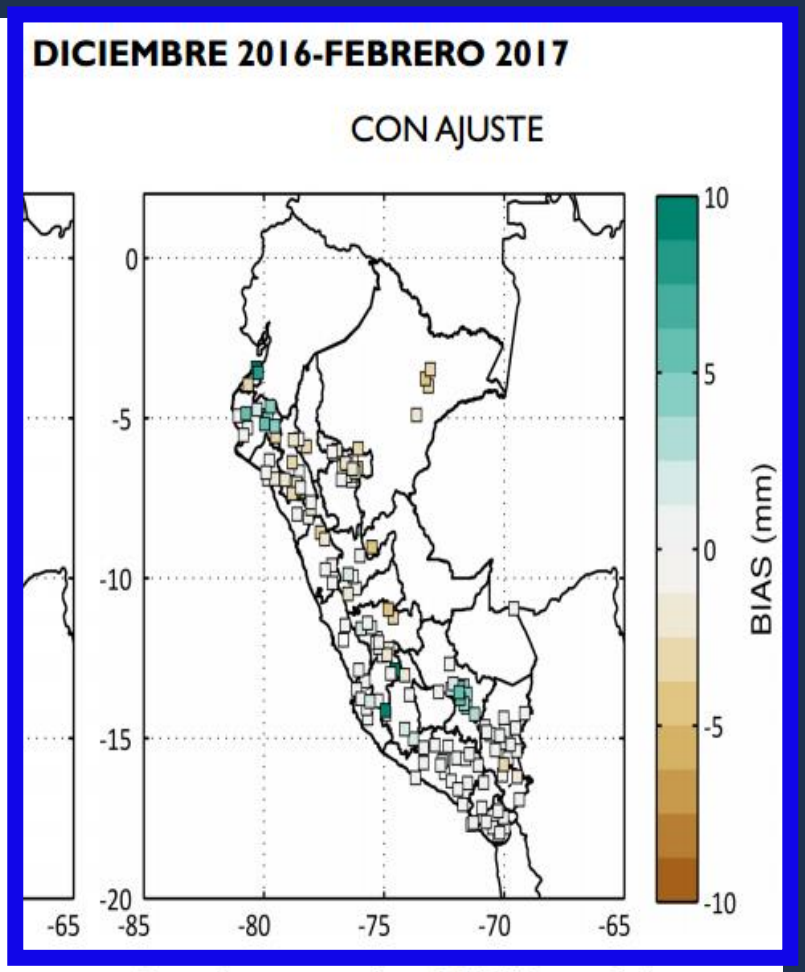




Problemas

Modelos climáticos



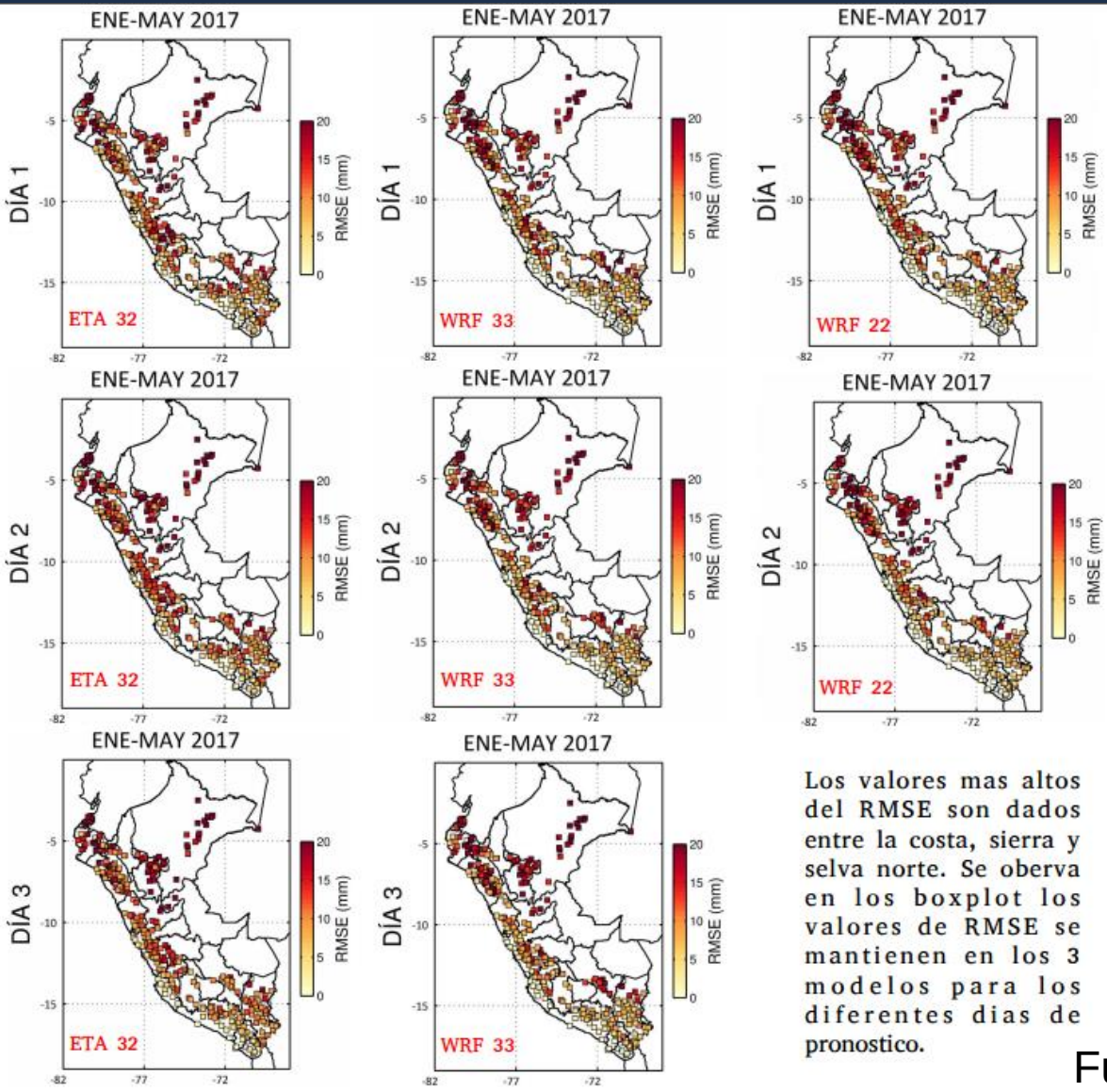


Los valores mas altos del BIAS son dados entre la sierra central y norte, con un BIAS negativo para la sierra central en todos los modelos, mientras que en la sierra norte el modelo ETA subestima valores, siendo lo contrario por el modelo WRF. Los valores del BIAS disminuyen al aumentar el dia de pronostico para los 3 modelos.

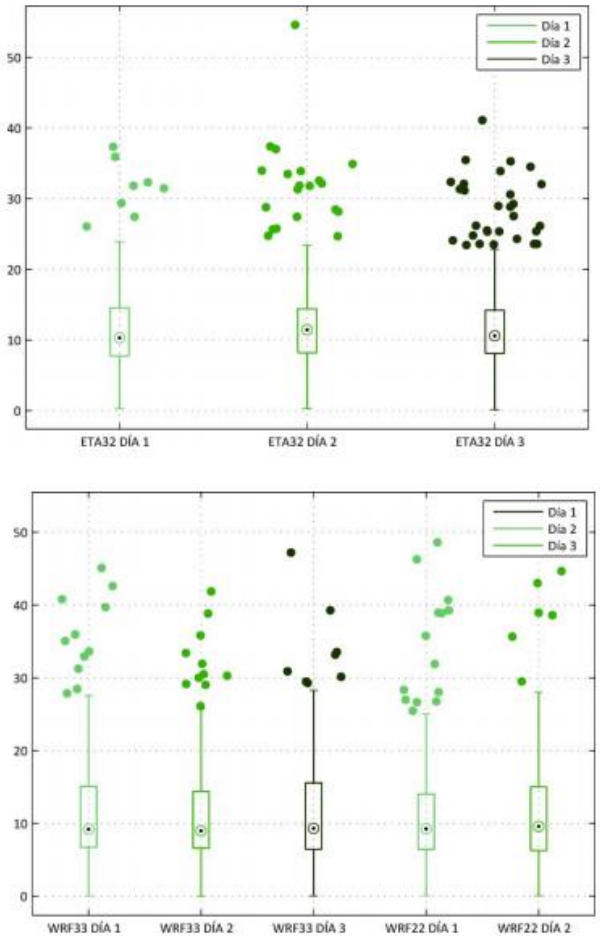
Fuente: Ing. Gustavo de la Cruz

Problemas

Modelos climáticos



Los valores mas altos del RMSE son dados entre la costa, sierra y selva norte. Se oberva en los boxplot los valores de RMSE se mantienen en los 3 modelos para los diferentes dias de pronostico.



Fuente: Ing. Gustavo de la Cruz

Conclusiones

- **Que se ha aprendido a través de la capacitación**

  El manejo de la plataforma RS Minerve a un nivel experto

- **Como se esta aplicando la plataforma RS Minerve en el SENAMHI u otras instituciones.**

  El SENAMHI en la actualidad utiliza el RS MINERVE como programa informático para sus partes hidrológicos diarios en la cuenca donde esta instalado

- **Cuales son las perspectivas de uso de la plataforma RS Minerve**

  Se esta trabajando en el acople y automatización de los procesos RS Minerve – Pisco, se debe mantener operativo.

- **Que se puede mejorar para continuar la cooperación o para otras cooperaciones similares en el futuro**

- **Como piensas que fue la experiencia como beneficiario y luego como impulsor de la plataforma RS Minerve**

SENAMHI

Lima 18 de abril del 2018

Conclusiones

- **Que se puede mejorar para continuar la cooperación o para otras cooperaciones similares en el futuro**

  Mantener los canales de comunicación como hasta ahora y periódicamente un intercambio presencial con los usuarios en Perú.

- **Como piensas que fue la experiencia como beneficiario y luego como impulsor de la plataforma RS Minerve**

  Se tuvo acceso a una herramienta que ayudo a cubrir varios vacíos en los temas de previsión que son responsabilidad del SENAMHI y en la actualidad esta que se vuelve en una herramienta de uso muy común en el sector privado.

Temas a trabajar

- Evaluación de las curvas altura – gasto para mejorar los caudales.
- Posición de estaciones hidrológicas con el fin de dar información para estudios hidrológicos (pronósticos de caudales, crecidas, etc) e hidráulicos (validación de modelos de simulación de planos inundables).
- Flash – flood, planteamiento de una red experimental.
- Mejoramiento de la base de datos hidrométricos con un objetivo operacional.
- Mejoramiento en la representación cuantitativa de tormentas en los modelos climáticos.

- Equipo modelamiento hidrológico y programación (9):

  Dr. Wilson Suarez
  Ing. Carlos Martínez
  Bach. David Yaranga
  Ing. Jesús Sosa
  Bach. Nilton Fuentes
  Ing. Angel Narro
  Bach. Flavio Asurza
  Ing. Brenda Narvaez
  Ing. José Zevallos

Descanso después de servicio nocturno durante toda la noche!

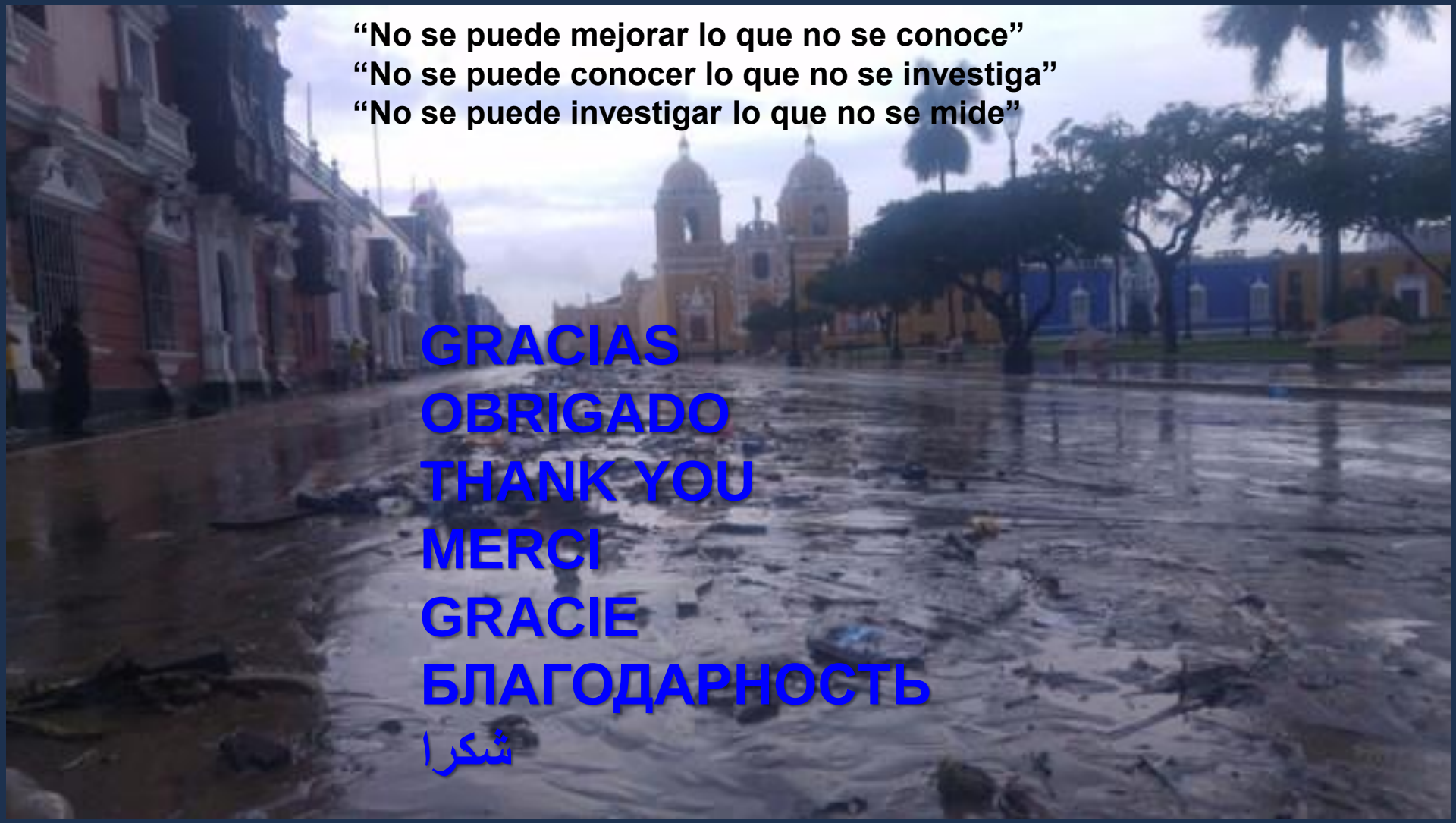
- Equipo de modelización del tiempo (4):

  Ing. Delia Acuña
  Bach Fis. Alan Llacsa
  Bach Fis. Gerardo Yacome
  Ing. Gustavo de la Cruz

- Capacitación CREALP (Suiza)

  Dr. Javier Garcia-Hernandez
  Ing. Javier Fluixa

crealp



Ciudad de Trujillo inundada en el año 2017

Fuente: www.rpp.pe

SENAMHI

Lima 18 de abril del 2018