Programa de Modernización y Fortalecimiento del Sector Agua y Saneamiento (PROAGUA II)

Cooperación peruana-alemana-suiza

Seguridad del Abastecimiento de Agua en Ciudades del Perú en un contexto de cambio climático

(2019-2022)

Lima, septiembre 2020

ANA
Autoridad Nacional del Agua

PERÚ
Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento

cooperación alemana
DEUTSCHE ZUSAMMENARBEIT

Implementada por
giz Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Departamento Federal de Economía, Formación e Investigación DEFI
Secretaría de Estado para Asuntos Económicos SECO

Modelamientos para apoyar la Gestión de Recursos Hídricos y de Prevención de Riesgos

Lima, septiembre 2020

Índice

- Modelos precipitación – Escorrentía
- Modelos hidráulicos - Prevención de riesgos catastróficos
- Modelos hidrológicos de cuenca
- Modelos hidrogeológicos numéricos
- Modelamientos para la gestión de los recursos hídricos
- Modelos climáticos globales y regionales (Escenarios del cambio climático)
- Uso de Modelos para la toma de decisiones ante escenarios de incertidumbre

Modelamientos hidrológicos

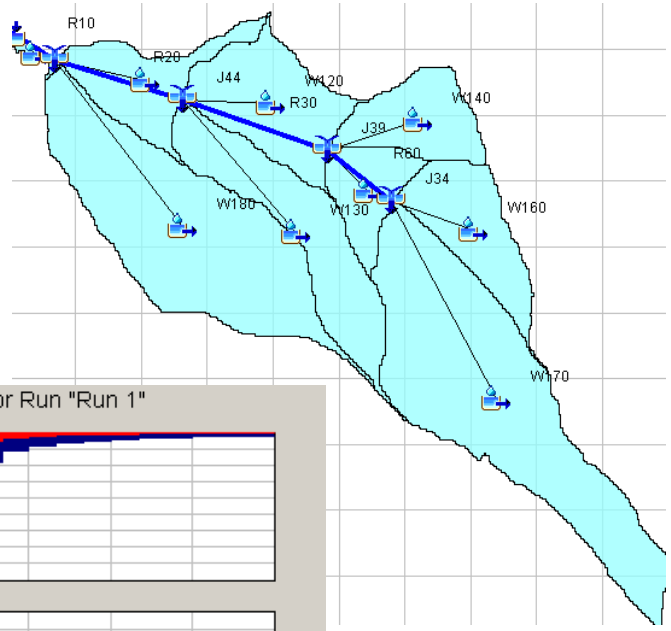
Modelos Precipitación-Escorrentía

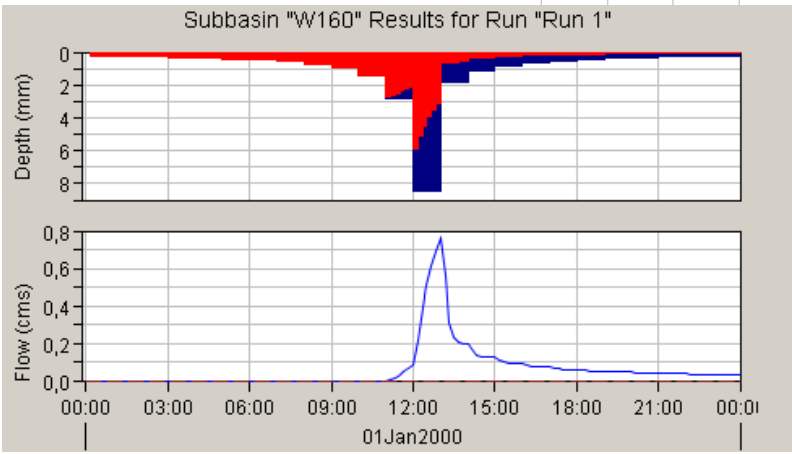
En el inicio un planteamiento para determinar los caudales máximos de avenidas

- Hidrograma unitario
- Transito de hidrograma

Parámetros:

- Características morfológicas de las cuencas
- Distribución areal y temporal de las precipitaciones, probabilidades





- Cortos de pasos de tiempo (hs, días)

Modelos Hidráulicos

Prevención de Riesgos Catastróficos

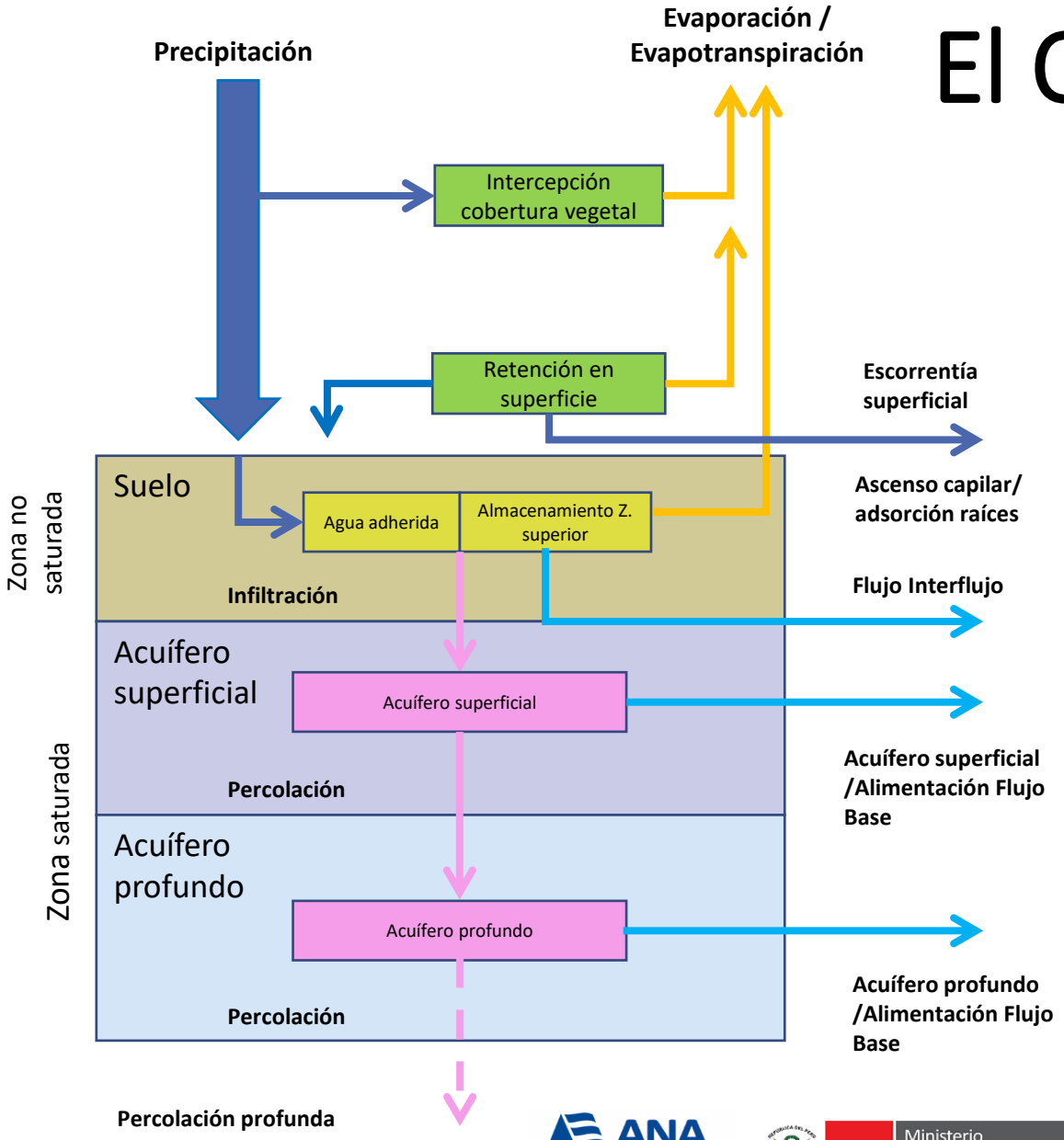
- Modelo digital del terreno (topografía de detalle o LiDAR)
- Cálculo bidimensional de las llanuras de inundación y las zonas potencialmente afectadas
- Velocidades, peligrosidad y estimación del transporte de sedimentos
- Dimensionamiento de infraestructuras

MDT

Bajo Río Chira (EPS GRAU)

Modelamientos hidrológicos

El Ciclo Hidrológico



Descripción de los flujos siguiendo la ley de la conservación de masas

$$Estado_{t+1} = Estado_t + \sum_{i=1}^{m} Entradas - \sum_{j=1}^{n} Salidas$$

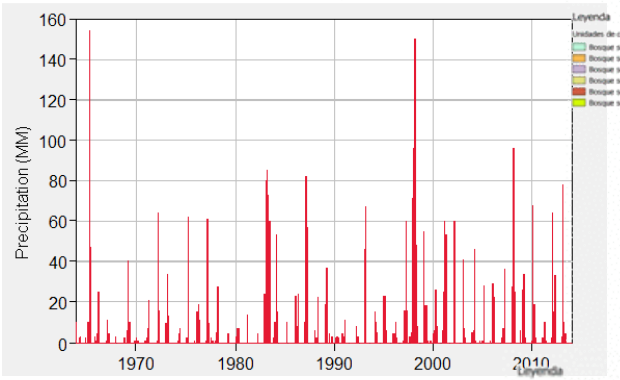
Transición a plazos más largos de tiempo

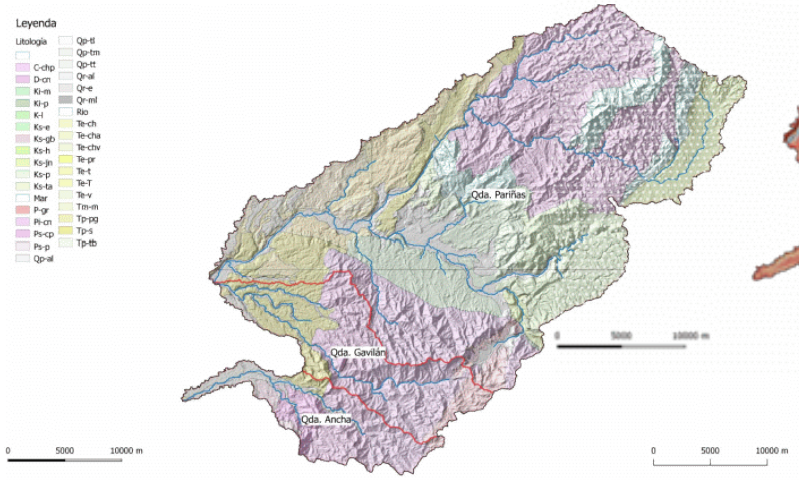
ANA Autoridad Nacional del Agua
PERÚ Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento
cooperación alemana DEUTSCHE ZUSAMMENARBEIT
Implementada por giz
Schweizerische Eidgenossenschaft Confédération suisse Confederazione Svizzera Confederaziun svizra
Departamento Federal de Economía, Formación e Investigación DEFI
Secretaría de Estado para Asuntos Económicos SECO

Modelamientos hidrológicos

Parámetros para la Modelación

- Datos hidrometeorológicos (precipitación, temp.,humedad, viento etc.)
- Características morfológicas de la cuenca
- Condiciones geoambientales (MDT, geología, vegetación, usos de suelo, etc.)
- Teledetección y Sistemas de Información Geográficos
- Repositorio de datos





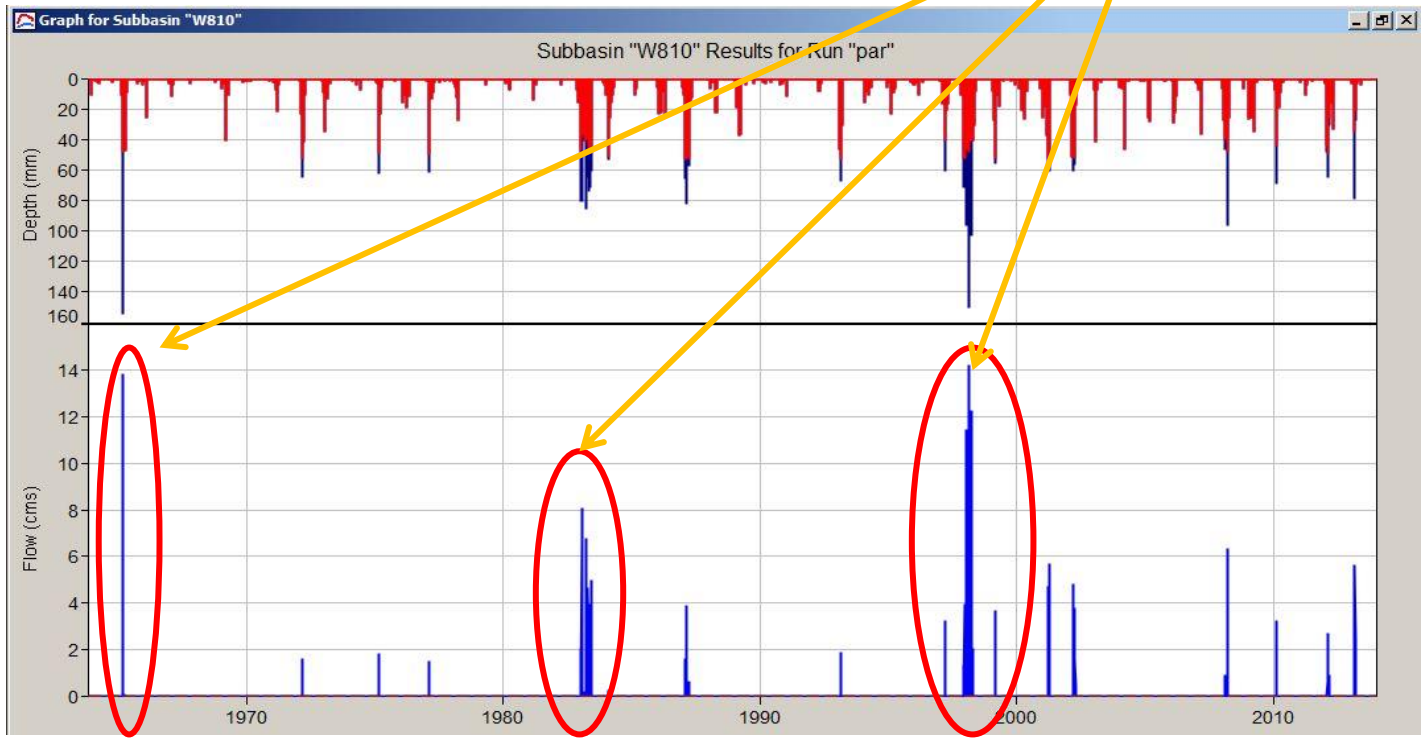
Modelamientos hidrológicos –

Balance Hídrico Humedad del Suelo

Eventos del Niño

1966, 1982/83, 1998

Precipitación



Escorrentía

Ejemplo de Modelación Precipitación-Escorrentía con Datos SENAMHI

Quebrada Pariña (Talará)

(HEC-HMS Soil moisture account)

Calibración con datos de aforos y validación

ANA Autoridad Nacional del Agua

PERÚ Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento

cooperación alemana DEUTSCHE ZUSAMMENARBEIT

Implementada por giz Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Departamento Federal de Economía, Formación e Investigación DEFI
Secretaría de Estado para Asuntos Económicos SECO

Modelamientos hidrológicos –

El Balance Hídrico

Estimación del potencial hídrico balance hídrico cuantitativo de cuenca

Entradas – Salidas +/- Diferencia almacenamiento

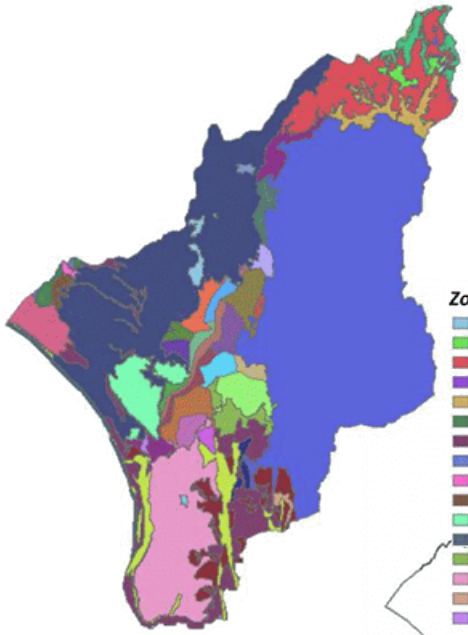
- Entradas: Precipitación
- Salidas: Evapotranspiración, Escorrentía Superficial
- Diferencias de Almacenamiento: Recargas y descargas acuífero

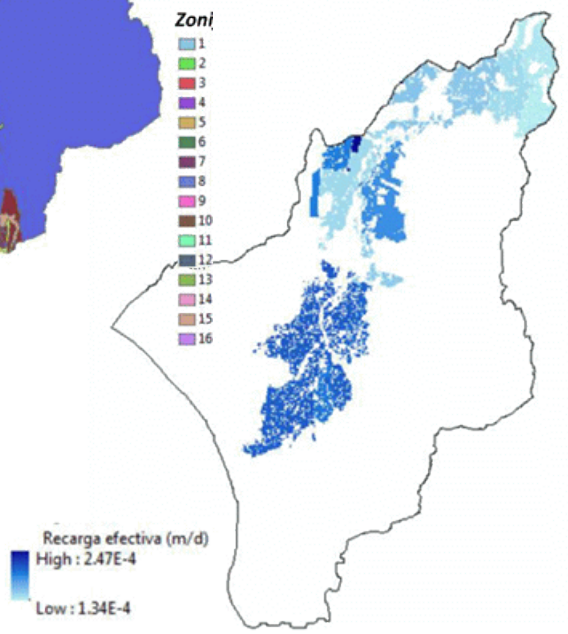
	Entrada [mm]	Pérdida [mm]	Salida [mm]
Precipitaciones			
Entrada de precipitaciones	259.1		
Procesos hidrológicos en superficie			
Evaporación cobertura vegetal		11.9	
Evapotranspiración superficie		1.5	
Escorrentía superficial directa			10.9
Infiltración al suelo			224.8
Procesos hidrológicos en suelo y subsuelo			
Infiltración al suelo	224.8		
Evapotranspiración desde el suelo		174.7	
Percolación al subsuelo			50.1
Acuífero			
Percolación al subsuelo	50.1		
Descarga desde subsuelo hacia red de drenaje			33.1
Descarga desde acuífero hacia red de drenaje			17.0
Proceso de escorrentía			
Escorrentía superficial directa			10.9
Escorrentía procedente de descarga subsuelo (intersticial)			33.1
Escorrentía procedente de descarga del acuífero			17.0
Escorrentía total			61.0

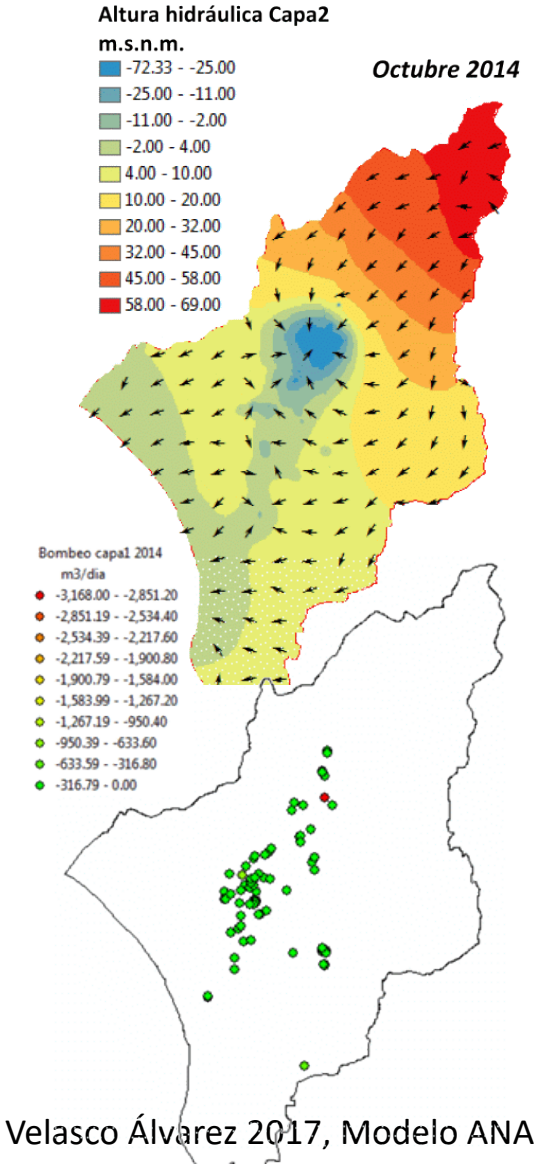
Modelos hidrogeológicos numérico

Parámetros para la Modelación de Aguas Subterráneas

- Geometría de los materiales permeables: Permeabilidades, transmisividades, espesor
- Datos de recarga (p.ej. precipitaciones, infiltraciones de cauces y riego)
- Piezometría de niveles
- Extracciones, bombeos
- Descargas a superficie, percolación a otras capas
- Calibración



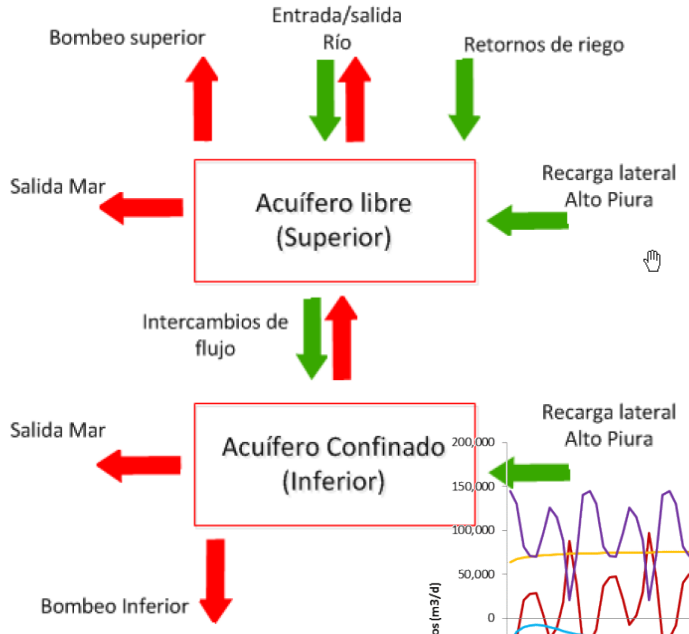


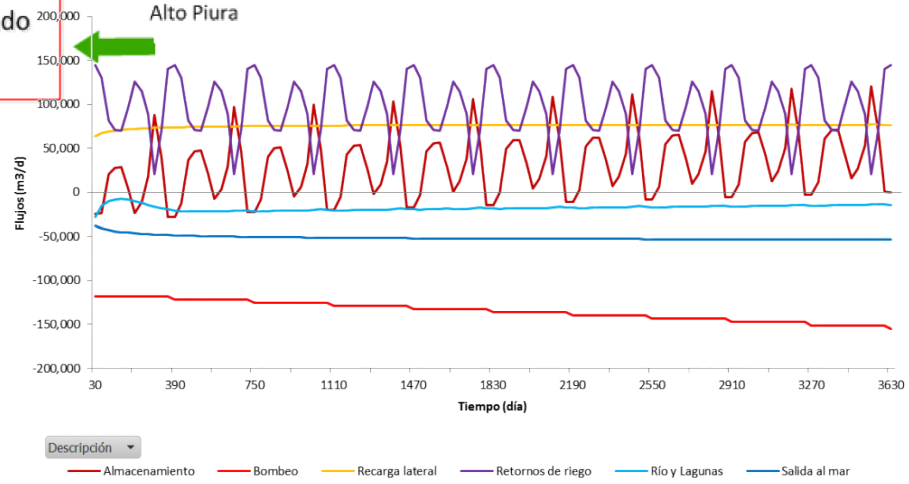


Fte. A. Velasco Álvarez 2017, Modelo ANA

Modelos hidrogeológico numérico

Modelo Conceptual - Balance





Fte. A. Velasco Álvarez 2017, Modelo ANA

Utilización y resultados:

- Capacidad y reservas extraíbles
- Manejo sostenible
- Dirección de flujos
- Trazado de contaminantes, etc.
- Intrusiones marinas

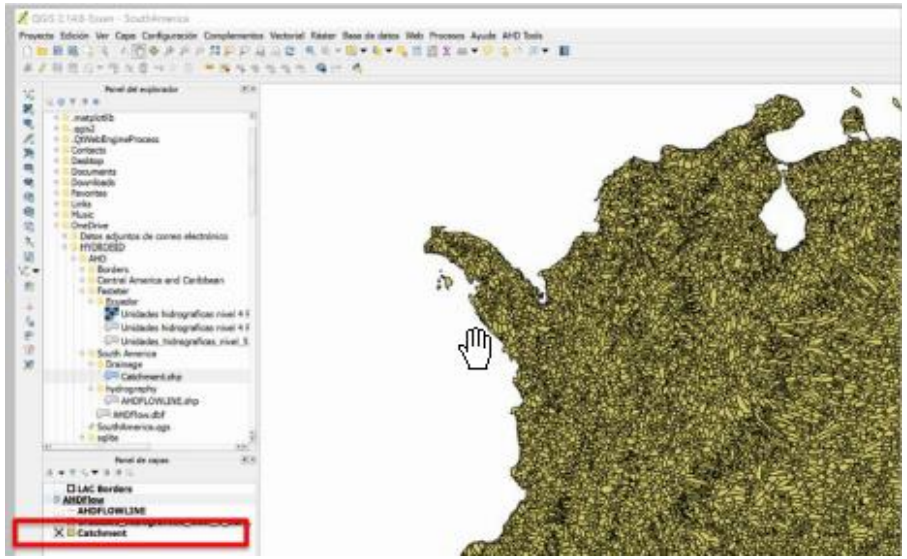
Modelos hidrológicos (largo plazo y escenarios futuros)

Hacia los Modelos de Gestión

Hidrobid: Modelo hidrológico de cuencas con Base de datos integrada para Suramérica y el Caribe (características de cuencas, datos climatológicos, etc.)

Con opciones de:

- Módulo de calibración
- Determinación recursos disponibles
- Gestión de represas
- Escenarios climáticos
- Aporte de sedimentos
- Modelamiento de avenidas
- Enlace con modelos hidrogeológicos



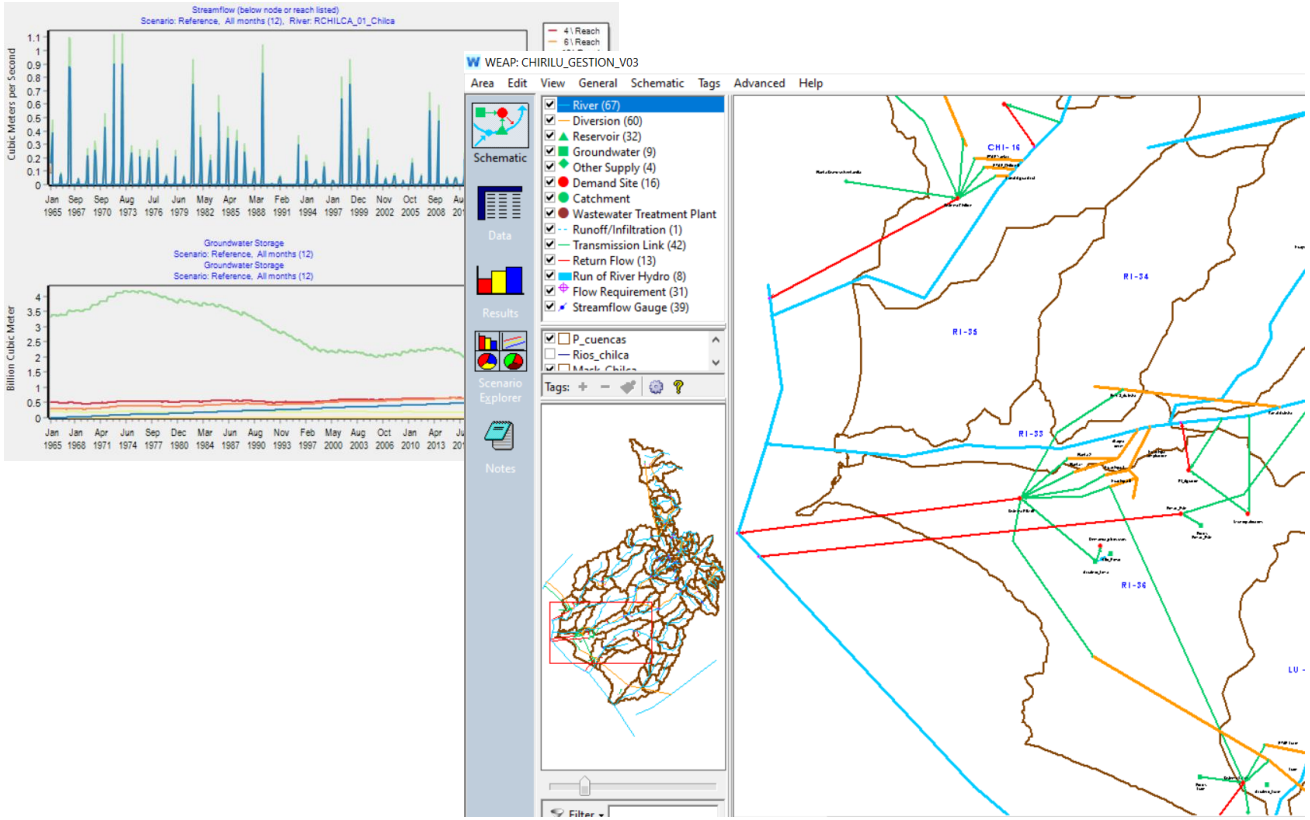
ANA Autoridad Nacional del Agua
PERÚ Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento
cooperación alemana DEUTSCHE ZUSAMMENARBEIT
Implementada por giz Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH
Schweizerische Eidgenossenschaft Confédération suisse Confederazione Svizzera Confederaziun svizra
Departamento Federal de Economía, Formación e Investigación DEFI
Secretaría de Estado para Asuntos Económicos SECO

Modelos hidrológicos (largo plazo y escenarios futuros)

Hacia los Modelos de Gestión

WEAP: Modelo integral para la gestión de recursos hídricos

- Modelo hidrológico integrado (integración de Modelos P-E)
- Simulación del funcionamiento de un sistema de recursos hídricos
- Incorporación de la demanda (urbana, agrícola etc.)
- Gestión de represas
- Escenarios climáticos, impacto cambio climáticos, Nevados
- Sedimentos y calidad de agua
- Enlace con modelos hidrogeológicos



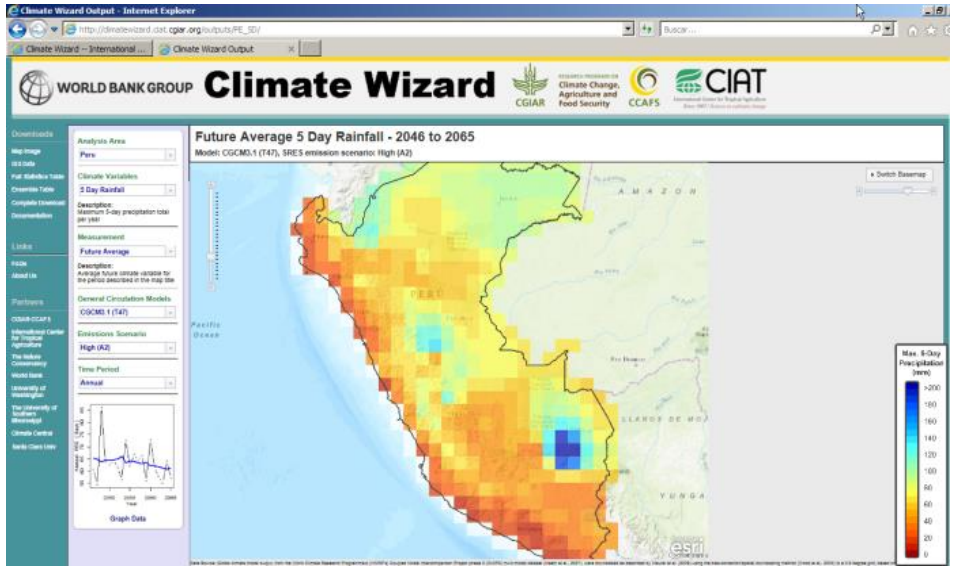
OA (2015): Modelo WEAP para las cuencas Chillón, Rímac, Lurín, Chilca y Alto Mantaro

Modelos climáticos

Incertidumbres y Escenarios Climáticos

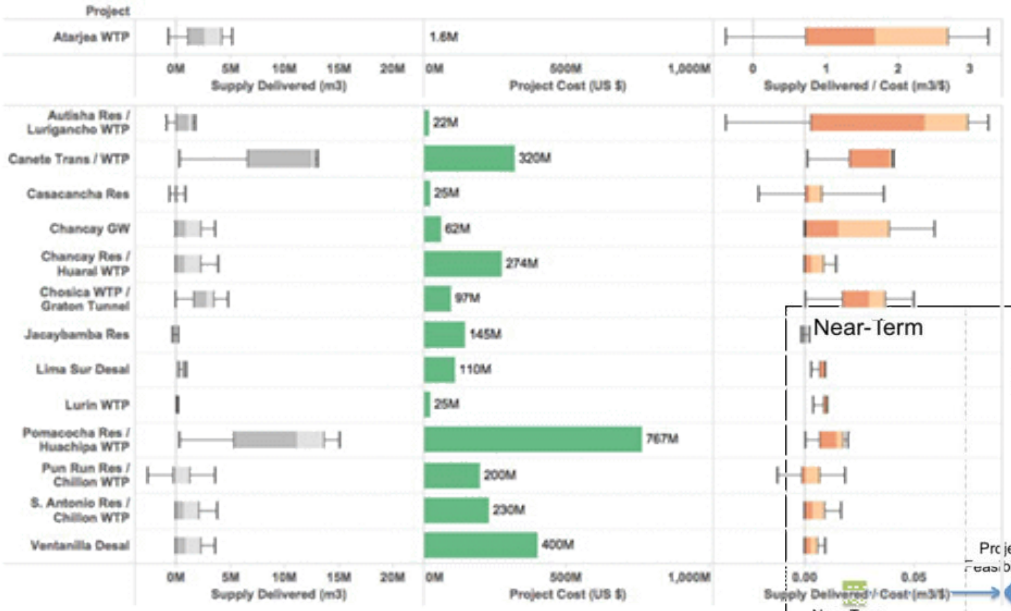
Modelos Globales y Regionales

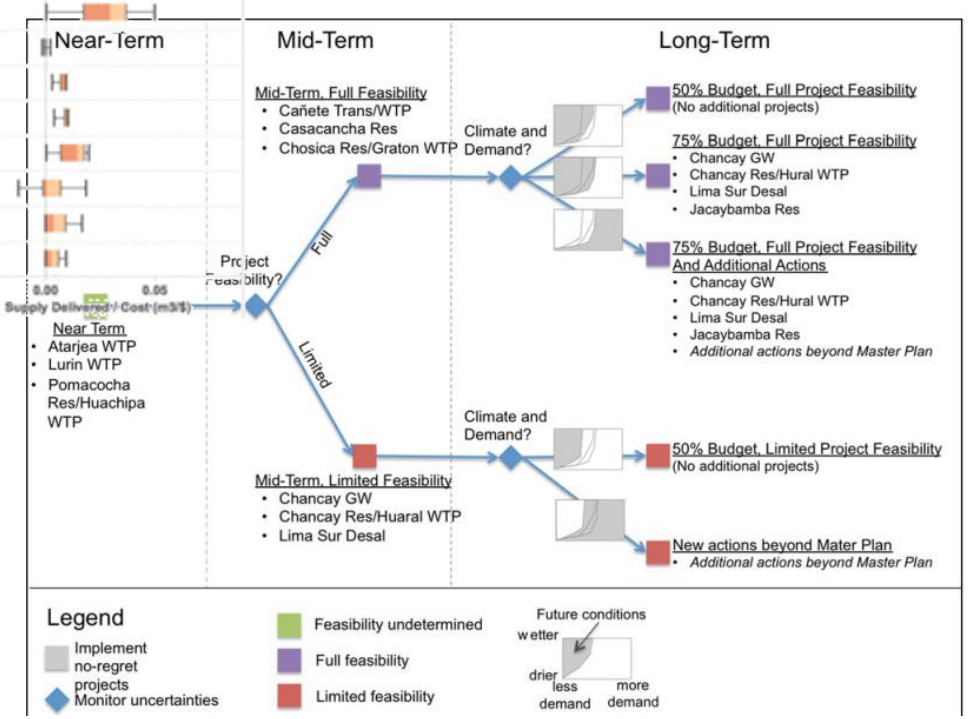
- Los modelos climáticos globales y los escenarios del cambio climático
- Reducción de escala (*ddownscaling* estadístico)
- Análisis de tendencias climáticas y eventos climáticos extremos



Uso de modelamientos para

Toma de Decisiones





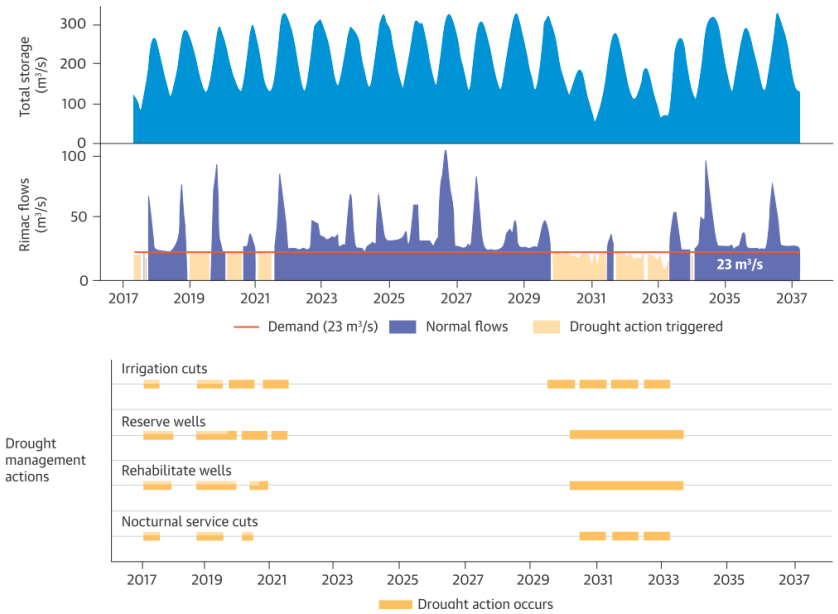
Uso del Modelo WEAP CHIRILU para la evaluación de la eficiencia de los proyectos del Plan Maestro Optimizado (PMO) SEDAPAL

WB (2015) Robust Decision-Making in the Water Sector - A Strategy for Implementing Lima's Long-Term Water Resources Master Plan

Modelamientos de escenarios para

Prevención ante Incertidumbres

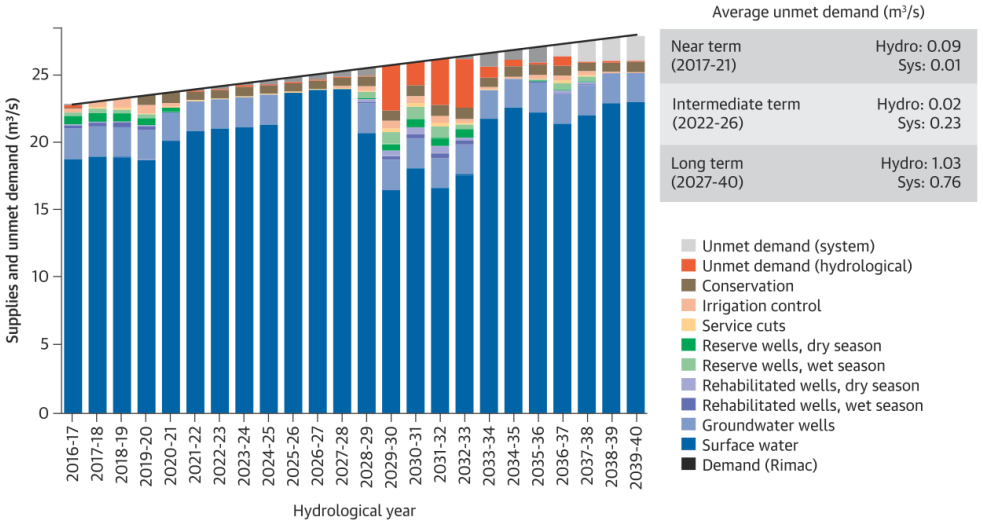
FIGURE 3.1. Flows, Storage, and Drought Triggers for the Modeling of a Repeat of the 1980 Drought in 2020, Assuming Constant Demand and Constant Demands



WB (2019): Preparing for Future Droughts in Lima, Peru
Enhancing Lima's Drought Management
Plan to Meet Future Challenges

Uso del Modelo WEAP CHIRILU para la evaluación de la respuesta de diferentes medidas para una eventual repetición de sequía de 1990

FIGURE 3.2. Supplies and Unmet Demand for Repeat Historical Hydrology (If the 1980 Drought Occurred in 2020)



Average unmet demand (m³/s)	
Near term (2017-21)	Hydro: 0.09 Sys: 0.01
Intermediate term (2022-26)	Hydro: 0.02 Sys: 0.23
Long term (2027-40)	Hydro: 1.03 Sys: 0.76

ANA Autoridad Nacional del Agua

PERÚ Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento

cooperación alemana DEUTSCHE ZUSAMMENARBEIT

Implementada por giz Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

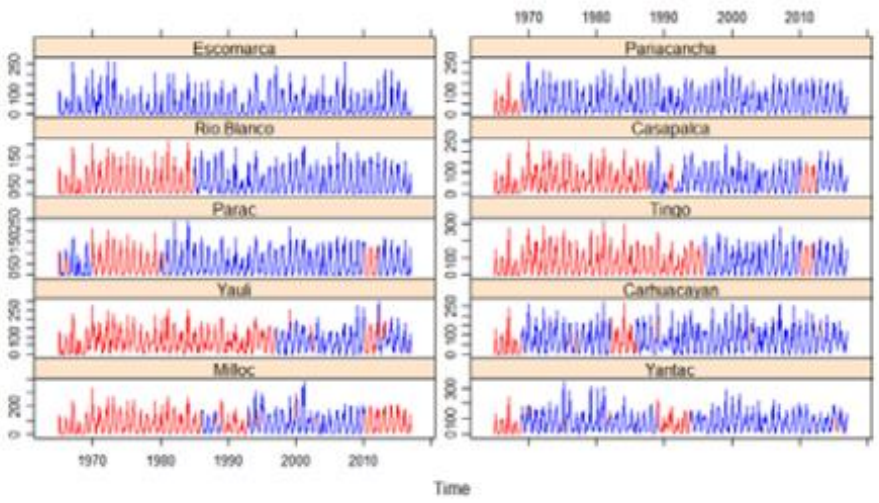
Departamento Federal de Economía, Formación e Investigación DEFI
Secretaría de Estado para Asuntos Económicos SECO

Modelos se basan sobre datos reales

Datos para Calibración y Validación

Para el uso de los modelos hidrológicos, hidrogeológicos y de gestión es de vital importancia:

- La disponibilidad de multitud de datos (series meteorológicos, hidrométricos, piezometría, demanda, cultivos)
- De datos geoespaciales (MDT, vegetación, geología, usos de suelo, etc.)
- La validación del modelo con calibración y validación con datos reales
- La creación de repositorios integrales facilitaría el empleo de los modelamientos.



OA (2015): Modelo WEAP para las cuencas Chillón, Romac, Lurín, Chilca y Alto Mantaro

Modelamientos hidrológicos

Incrementar la Resiliencia

El uso de los modelos hidrológicos, hidrogeológicos y de gestión son herramientas para:

- La planificación y gestión sostenible de los recursos hídricos
- Analizar el comportamiento de los sistemas en situaciones futuras
- Evaluar el efecto de posibles medidas y toma de decisiones
- Promover la resiliencia ante el cambio climático y las incertidumbres

El Output 1 del Programa **PROAGUA II** comprende en la actualidad, entre otras, las siguientes líneas de actuación

- Programa de capacitación y apoyo en modelamientos
- Apoyo al diseño de un repositorio de aguas subterráneas (Observatorio del Agua Chirilu, ANA, Sedapal)
- Pilotos de modelamiento de riesgos de abastecimiento para toma de decisiones (EPS Grau, SEDAPAL)

Muchas gracias