

MATERIALES DE CAPACITACIÓN DEL CGE - EVALUACIÓN DE VULNERABILIDAD Y ADAPTACIÓN

CAPÍTULO 6 Recursos hídricos



Objetivos y expectativas del capítulo

- Una vez haya leído esta presentación, en combinación con el manual correspondiente, el lector debería:
 - a) Comprender los **impactos hidrológicos potenciales** del cambio climático sobre los recursos hídricos y cómo evaluar dichos impactos
 - b) Ser capaz de **identificar las diversas partes afectadas** implicadas en el sector del agua y su posible influencia en dicho sector y en la planificación del agua
 - c) Poseer una visión general de los **métodos, herramientas y datos** necesarios para la realización de una evaluación de impacto
 - d) Haber adquirido conocimientos sobre las diferentes **soluciones de adaptación** disponibles para los recursos hídricos
 - e) Haberse familiarizado con los **diferentes insumos y resultados** del modelo WEAP utilizando una cuenca fluvial hipotética y con el modo en que se utilizan dichos resultados en las evaluaciones de impacto.



Esquema

- Implicaciones hidrológicas del cambio climático para los recursos hídricos
- Originantes e impactos potenciales
- Requisitos de métodos, herramientas y datos para evaluar la vulnerabilidad de los recursos hídricos
- Respuestas adaptativas por sistemas y sectores



Evaluaciones de VyA eficaces

- Preguntas generales:
 - a) ¿En qué intenta influir la evaluación?
 - b) ¿Cómo se puede mejorar la eficacia de la interfaz política/ciencia?
 - c) ¿Cómo se puede mejorar la eficacia de los participantes en el proceso?
- Problemas generales:
 - a) Los participantes tienen objetivos y niveles de experiencia diferentes
 - b) Estas diferencias suelen provocar opiniones diferentes / discordantes.



Evaluaciones de VyA eficaces (continuación)

- Preguntas generales:
 - a) ¿En qué intenta influir la evaluación?
 - b) ¿Cómo se puede mejorar la eficacia de la interfaz política/ciencia?
 - c) ¿Cómo se puede mejorar la eficacia de los participantes en el proceso?
 - Problemas generales:
 - a) Los participantes tienen objetivos y niveles de experiencia diferentes
 - b) Estas diferencias suelen provocar opiniones diferentes / discordantes.
-



Evaluaciones de VyA eficaces (continuación)

- Para que tenga valor, el proceso de evaluación necesita:
 - a) Pertinencia
 - b) Credibilidad
 - c) Legitimidad
 - d) Participación coherente
 - Se trata de un proceso interdisciplinario:
 - a) El proceso de evaluación suele requerir una herramienta
 - b) La herramienta normalmente es un modelo o conjunto de modelos
 - c) Estos modelos sirven de interfaz
 - d) Esta interfaz actúa de puente para el diálogo entre científicos y responsables políticos.
-



Implicaciones hidrológicas del cambio climático

- Cantidad de precipitación:
 - a) Aumento medio mundial
 - b) Diferencias regionales notables
- Frecuencia e intensidad de la precipitación:
 - a) Menos frecuente, más intensa (Trenberth et al., 2003)
- Evaporación y transpiración:
 - a) Aumento total de la evaporación
 - b) Complejidades regionales a causa de las interacciones plantas/atmósfera.

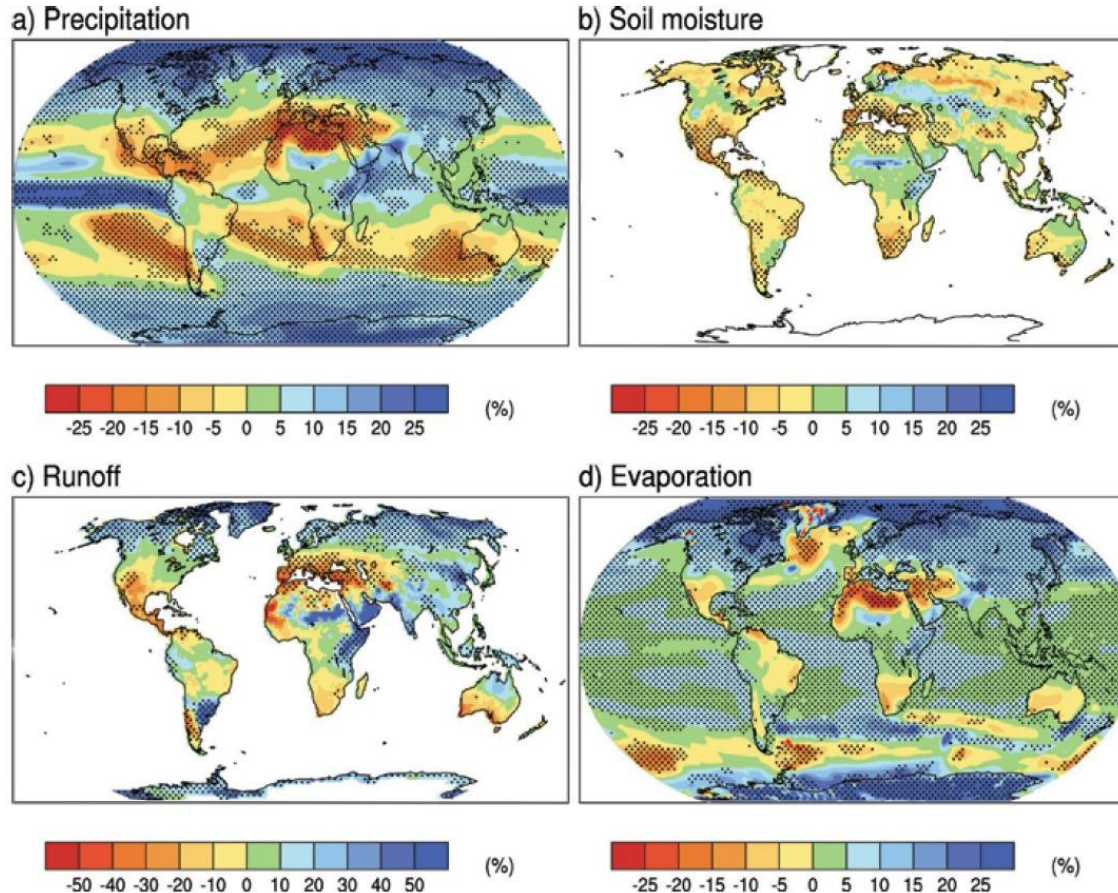


Implicaciones hidrológicas del cambio climático (continuación)

- Cambios en la escorrentía
 - a) A pesar de los incrementos mundiales de la precipitación, disminuyen las zonas con escorrentía considerable
 - Zonas costeras:
 - a) Intrusión de agua salada en los acuíferos costeros
 - b) Incremento de inundaciones por marejadas fuertes
 - Calidad del agua:
 - a) Unos flujos más bajos podrían incrementar las concentraciones de contaminantes
 - b) Unos flujos más altos podrían intensificar la lixiviación y el transporte de sedimentos.
-



Implicaciones hidrológicas del cambio climático (continuación)

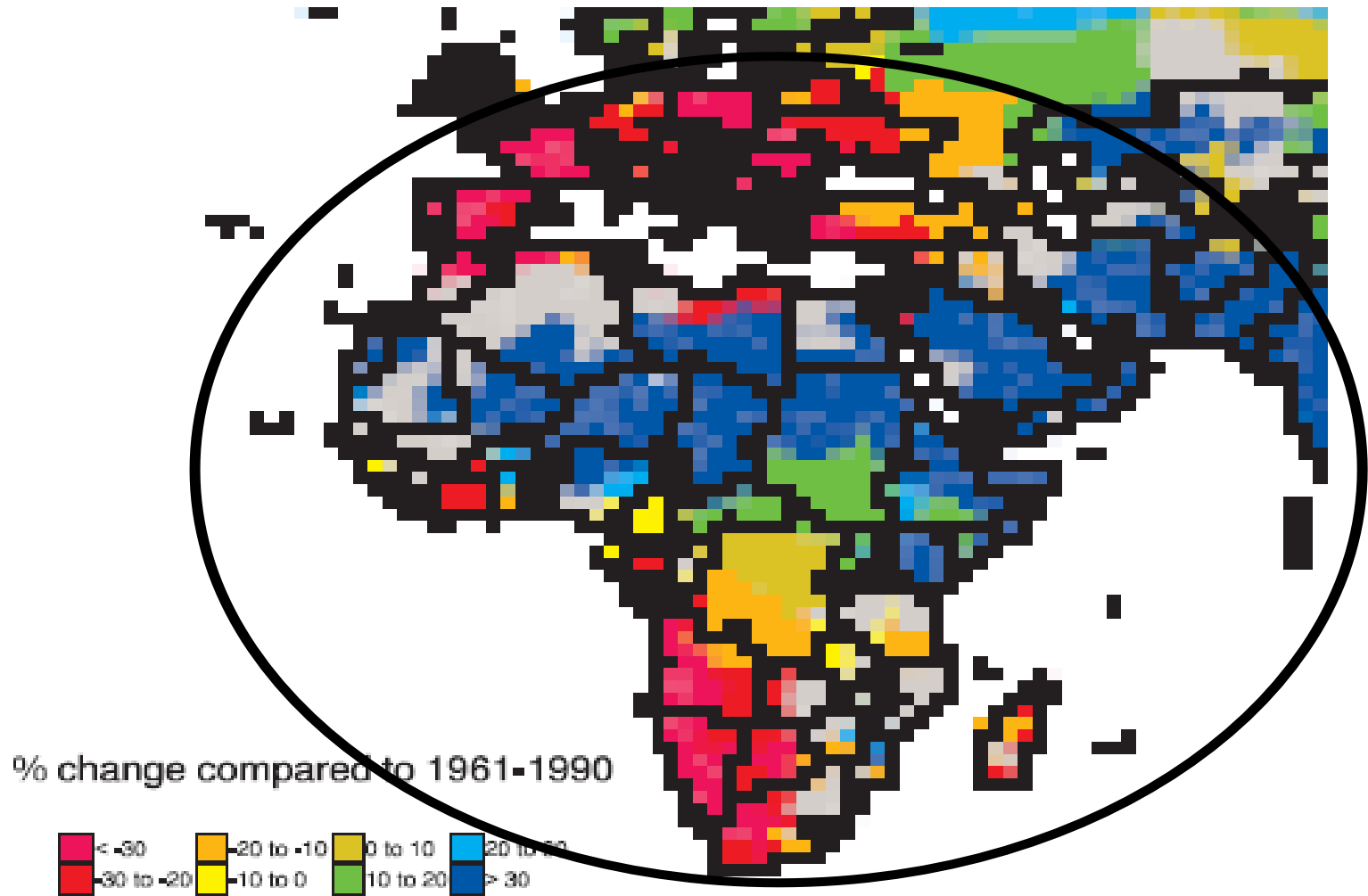


Valor medio de un agregado de 15 modelos respecto de los cambios de (a) precipitación (%), (b) contenido de humedad del suelo (%), (c) escorrentía (%), y (d) evaporación (%). Para denotar la coherencia en cuanto al signo del cambio, se han indicado en trama sombreada aquellas regiones en que como mínimo un 80 % de los modelos concuerdan en el signo del cambio medio. Los cambios son valores medios anuales basados en el escenario A1B del IE-EE para el período 2080-2099 con comparación con 1980-1999. Los cambios de humedad del suelo y de escorrentía se indican mediante puntos terrestres con datos válidos obtenidos de diez modelos como mínimo.

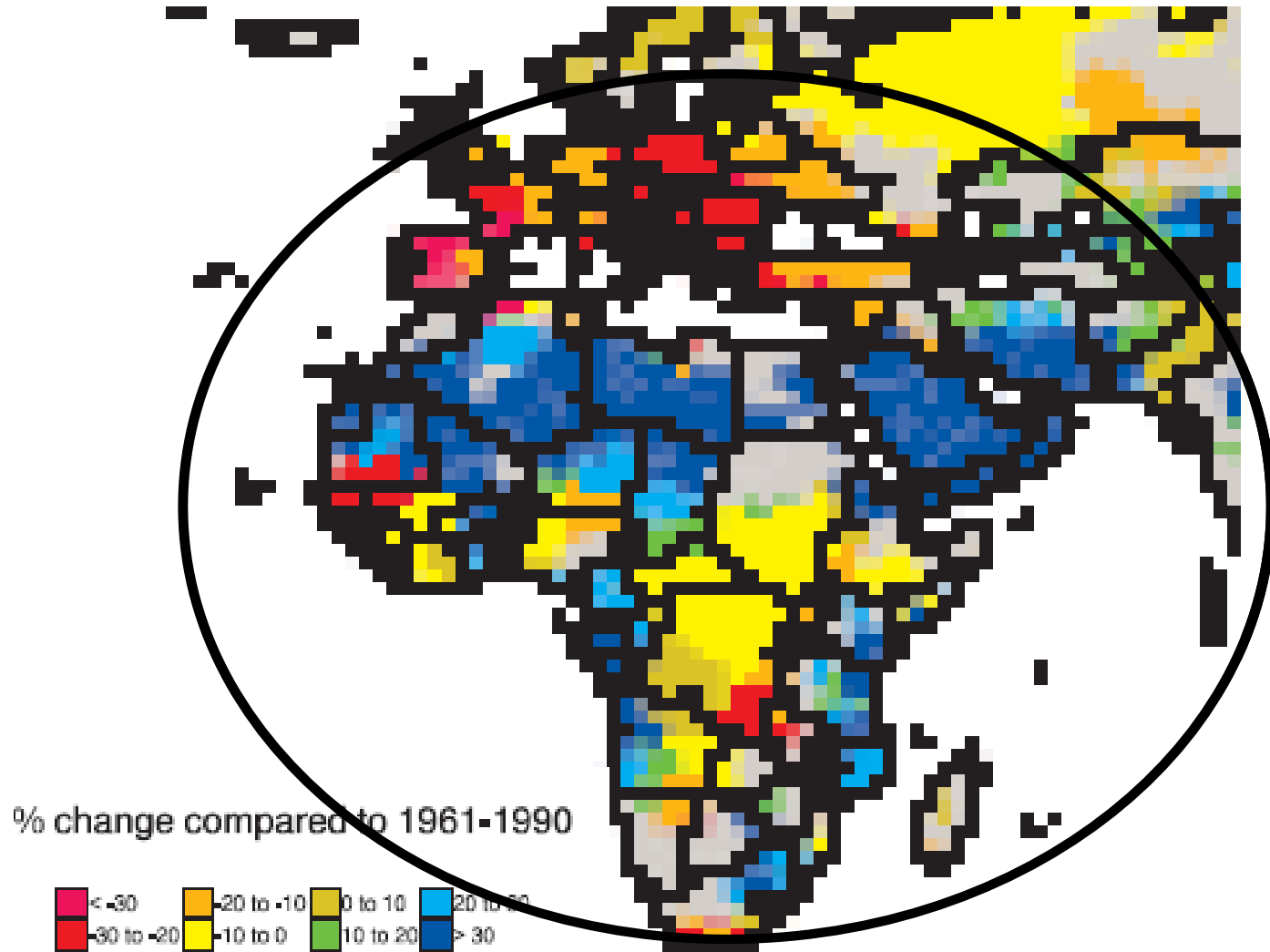
Fuente: Bates et al. (2008)



Ejemplo de África – ECHAM4/OPYC



Ejemplo de África – GFDLR30



Impactos: Humedad del suelo

- Disminuciones en las áreas subtropicales y en la región mediterránea
- Aumentos en África oriental, en Asia central y en otras regiones con mayores niveles de precipitación
- Disminuciones también en latitudes altas, en que se reduce la cubierta de nieve.



Impactos: Escorrentía y caudal fluvial

- Variaciones regionales considerables en la escorrentía y los caudales fluviales:
 - a) Reducción de la escorrentía en Europa meridional
 - b) Aumento de la escorrentía en el Sudeste asiático
 - c) Aumento de los caudales de los ríos en altas latitudes
 - d) Tendencia a la disminución de los caudales fluviales en Oriente Medio, Europa y Centroamérica



Impactos: Zonas costeras

- Aumento de las inundaciones fluviales y marinas, con la consecuente salinización de las aguas subterráneas y estuarios
- Cambios en la cronología y volumen de la escorrentía de agua dulce que afectan a la salinidad, a la disponibilidad de sedimentos y nutrientes
- Cambios en la calidad del agua debido al impacto del aumento del nivel del mar sobre las operaciones de drenaje del agua de las tempestades y al vertido de aguas residuales en las zonas costeras.



Impactos: Calidad del agua

- Aumentos de temperatura del agua que acentuarían numerosos tipos de polución
- Cambios en las crecidas y sequías que podrían afectar a la calidad del agua por la acumulación de sedimentos, nutrientes, carbono orgánico disuelto, patógenos, plaguicidas y sales
- Las proyecciones indican que el aumento del nivel del mar ampliará el alcance de la salinización de las aguas subterráneas y estuarios.



Impactos: Aguas subterráneas

- Variabilidad de las aguas superficiales vinculada directamente a la variabilidad de las aguas subterráneas en acuíferos no confinados
- La mayor extracción debido al crecimiento de la población y la disminución de la disponibilidad de aguas superficiales provocaría la disminución del nivel freático.



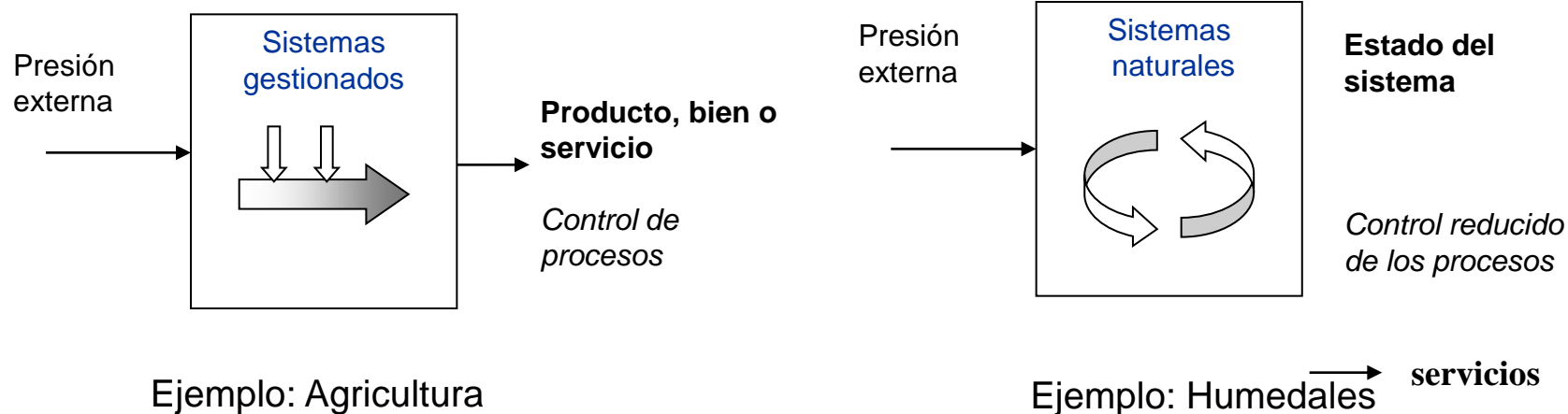
Impactos: Demanda, suministro y saneamiento

- El cambio climático posiblemente incremente las exigencias sobre los servicios hidrológicos, incluyendo: el suministro, la demanda y la gobernanza.



Recursos hídricos - Un sector crítico para la VyA

- A menudo resultan críticos tanto para sistemas gestionados como naturales
- La actividad humana influye en ambos sistemas

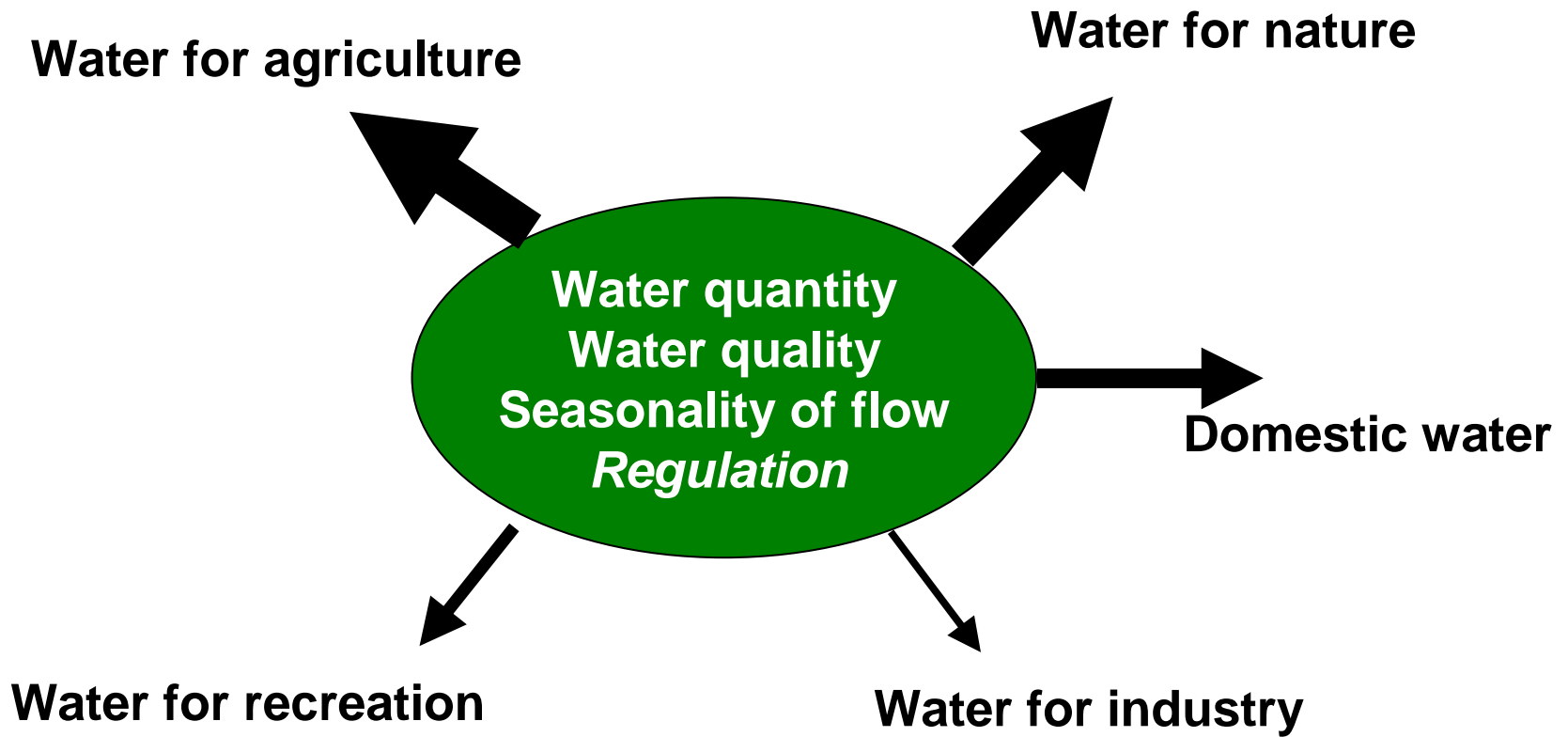


¿Qué problemas intentamos tratar?

- Planificación del agua (diaria, semanal, mensual, anual):
 - a) Local y regional
 - b) Municipal e industrial
 - c) Ecosistemas
 - d) Almacenamiento en depósitos
 - e) Demandas conflictivas
- Utilización de infraestructuras e hidráulica (diaria y en partes del día):
 - a) Explotación de presas y depósitos
 - b) Control de canales
 - c) Optimización de la hidroelectricidad
 - d) Inundaciones e inundación de llanuras inundables.



El panorama de "compensación" del agua en el sector de los recursos hídricos



Recursos hídricos desde la perspectiva de los servicios

- No es solo una evaluación de la lluvia-escorrentía o caudal fluvial
- Sino una evaluación de los impactos potenciales del calentamiento global sobre los bienes y servicios suministrados por los sistemas de agua dulce.



Servicios ecosistémicos de agua dulce

Extraíble; Uso directo; Uso indirecto

	Har-vest. biota	Water for ag., urban, indust.	Recreation, aesth. beauty	Trans-port	Power gener.	Regen. of soil fertility	Nutr. cycl-ing	Flood/drought mitig.	Water purifi-cation	Ero-sion control	Habitat / biodi-versity
Upper Rivers	√	√	√		√		√	√		√	√
Lower Rivers	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Delta	√	√	√	√		√	√	√	√	√	√
Bay	√	√	√	√		√	√		√		√



Situación ideal en el ámbito del agua

- Cantidad suficiente
- Distribución temporal adecuada de su disponibilidad
- Calidad adecuada.

¿Qué hacemos para llegar a esta situación deseada en relación con el agua?



Resumen de los impactos del cambio climático sobre los recursos hídricos

Climate change	Bio-physical impact	Socio-economic impact
Sea level rise and salt-water intrusion	Salinization of water lenses Less fresh water available	<ul style="list-style-type: none"> • Domestic consumption • Sanitation and health could be compromised at community and household levels • Water suppliers (costs for augmentation) • Farmers and those in agro-forestry have to augment supplies and/or change farming strategies
Reduced average rainfall	Less fresh-water available Drought	<ul style="list-style-type: none"> • Reduced aquifer recharge rates • Crop and biodiversity loss • Water rationing for certain uses • Investment in cisterns and reservoirs
Increased evapotranspiration rates		<ul style="list-style-type: none"> • Reduced yields and volume of crops and forest cover
Increased rainfall intensity	Run-off and soil erosion Flooding	<ul style="list-style-type: none"> • Reduction in crop production • Increased habitat conditions for disease vector production • Sedimentation of water bodies • Blocked storm water wells



Discordancia entre la oferta y la demanda de agua

- Los atributos no concuerdan:
 - a) Cantidad suficiente
 - b) Distribución temporal adecuada de su disponibilidad
 - c) Calidad adecuada
 - d) Precio razonable
 - Qué impactos tendrían estas discordancias en:
 - a) Medioambiente
 - b) Economía
 - c) Sociedad
 - Cuestiones de adaptación:
 - a) ¿Cuáles son las medidas más eficaces para reducir esta discordancia?
-



Respuestas adaptativas por sistemas y sectores

- Agricultura y seguridad alimentaria, uso de la tierra y silvicultura
- Salud humana
- Abastecimiento de agua y saneamientos
- Asentamientos e infraestructura
- Economía: seguros, turismo, industria, transporte
- Género.



Adaptación de los recursos hídricos en la agricultura

- Adopción de variedades/especies de mayor resistencia al choque térmico y a la sequía
- Modificación de las técnicas de riego
- Adopción de tecnologías de eficiencia hídrica para "cosechar" agua y retener la humedad del suelo
- Modificación de los calendarios de cultivo, es decir, las fechas o la ubicación de las actividades de cultivo
- Utilización de predicciones climáticas estacionales.



Adaptación de los recursos hídricos en la salud humana

- La malnutrición y la escasez de agua podrían ser las consecuencias sanitarias más importantes del cambio climático
- Las evaluaciones de impacto sobre la salud a menudo revelan oportunidades de incluir los efectos sanitarios de cualquier estrategia de adaptación en el sector del agua, como en el caso del saneamiento y del abastecimiento del agua.



Adaptación del abastecimiento de agua y saneamientos

- Construcción de nuevos depósitos de almacenamiento
- Uso de fuentes de agua alternativas, como aguas subterráneas o la desalinización
- Recogida de agua pluvial y reutilización controlada
- Uso de sistemas descentralizados.



Adaptación en asentamientos e infraestructuras

- Las soluciones de adaptación probablemente sean muy costosas en las zonas construidas. Debe estudiarse cuidadosamente la adaptación en el contexto de:
 - a) Asentamientos en lugares de alto riesgo, como las áreas costeras y ribereñas, debido a los daños ocasionados por crecidas y tempestades, y a la degradación de la calidad del agua por efecto de la intrusión salina
 - b) Asentamientos cuyas economías estén estrechamente vinculadas a actividades sensibles al clima y dependientes del agua, como la agricultura de regadío y el turismo acuático.



Ejemplos de adaptación - Suministro de agua

- Construcción / modificación de la **infraestructura** física:
 - a) Revestimiento de canales
 - b) Conductos cerrados en lugar de canales abiertos
 - c) Integración de depósitos independientes en un sistema único
 - d) Sistemas de suministro/plantas hidroeléctricas/depósitos
 - e) Elevación de la altura de los muros de embalses
 - f) Incremento del tamaño de los canales
 - g) Eliminación de sedimentos de depósitos para mayor espacio de almacenamiento
 - h) Transferencias de agua entre cuencas.
-



Ejemplos de adaptación – Suministro de agua

(continuación)

- Gestión **adaptativa** de los sistemas existentes de suministro de agua:
 - a) Cambio de las normas operativas
 - b) Uso de suministro combinado de aguas subterráneas/superficiales
 - c) Integración física del sistema de utilización de depósitos
 - d) Coordinación de la oferta / demanda



Adaptación del suministro de agua - Política, conservación, tecnología

- Doméstico:
 - a) Reutilización doméstica y municipal
 - b) Reparación de fugas
 - c) Recogida de agua pluvial para usos no potables
 - d) Dispositivos de caudal bajo
 - e) Sistemas de suministro dual (potable y no potable)
- Agrícola:
 - a) Eficacia y distribución temporal del riego
 - b) Revestimiento de canales, conductos cerrados
 - c) Reutilización del drenaje, uso de efluentes de aguas residuales
 - d) Cultivos que consuman poca agua/posean alto valor
 - e) Sistemas de riego de aplicación precisa, bajo consumo energético, micropulverización, goteo
 - f) Cultivos tolerantes a la sal que puedan usar agua de drenaje



Adaptación del suministro de agua - Política, conservación, tecnología

- Industrial:
 - a) Reciclaje y reutilización de agua
 - b) Ciclo cerrado y/o refrigeración de aire
 - c) Turbinas hidroeléctricas más eficaces
 - d) Piscinas de enfriamiento, torres húmedas y torres secas
- Energía (hidroelectricidad):
 - a) Reutilización de depósitos
 - b) Cogeneración (uso beneficioso del calor residual)
 - c) Plantas hidroeléctricas y depósitos adicionales
 - d) Avance reducido de la hidroelectricidad fluvial
 - e) Transferencias a otras actividades impulsadas por el mercado/precios
 - f) Utilización del precio del agua para cambiar el uso de agua entre sectores.



Enfoque de resolución de problemas relativos al agua

1. Diagnóstico:

- i. Identificación del punto de partida
- ii. Identificación del organismo principal
- iii. Análisis de las partes afectadas
- iv. Formación de un comité de coordinación y mediación
- v. Análisis de la situación: Social, incluyendo el género y la pobreza; económica; medioambiental, incluyendo el enfoque ecosistémico.

2. Visualización:

- i. Análisis del árbol de problemas: Causa y efectos del problema de base
- ii. Análisis del árbol de objetivos: La causa principal se convierte en el objetivo de la estrategia Identificación del punto de partida.



Enfoque de resolución de problemas relativos al agua

3. Elaboración de estrategias:

i. Desarrollo de escenarios:

- Una selección de posibles opciones de desarrollo: Identificación de marcos; identificación de contenidos; preparación de estrategias.

4. Planificación:

i. Elaboración del plan:

- Plan de acción y presupuesto
- Matriz de responsabilidades
- Fijación del calendario
- Supervisión de los objetivos e indicadores.



Enfoque de resolución de problemas relativos al agua

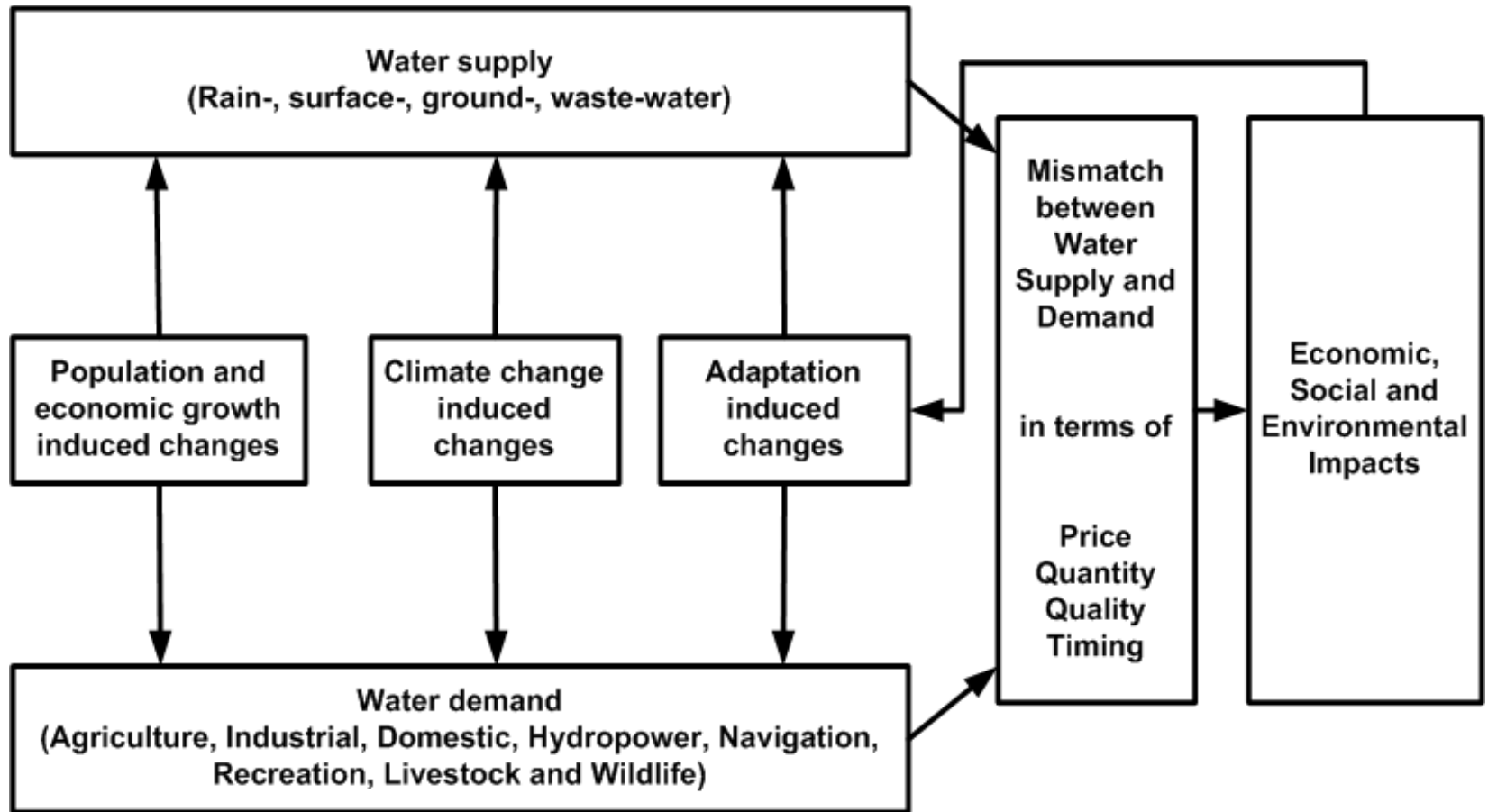
5. Aplicación:
 - i. Preparación de planes de trabajo y presupuesto, gestión financiera y administrativa general
 - ii. Desarrollo de capacidades
 - iii. Refuerzo institucional
 - iv. Refuerzo del entorno de capacitación: Recalibrado de los instrumentos legales y políticos para la gestión de recursos hídricos
 - v. Recogida de datos.
6. Supervisión y evaluación (SyE), y documentación:
 - i. SyE mediante indicadores
 - ii. Documentación de las mejores prácticas y las lecciones aprendidas.



REQUISITOS DE DATOS, HERRAMIENTAS Y MÉTODOS



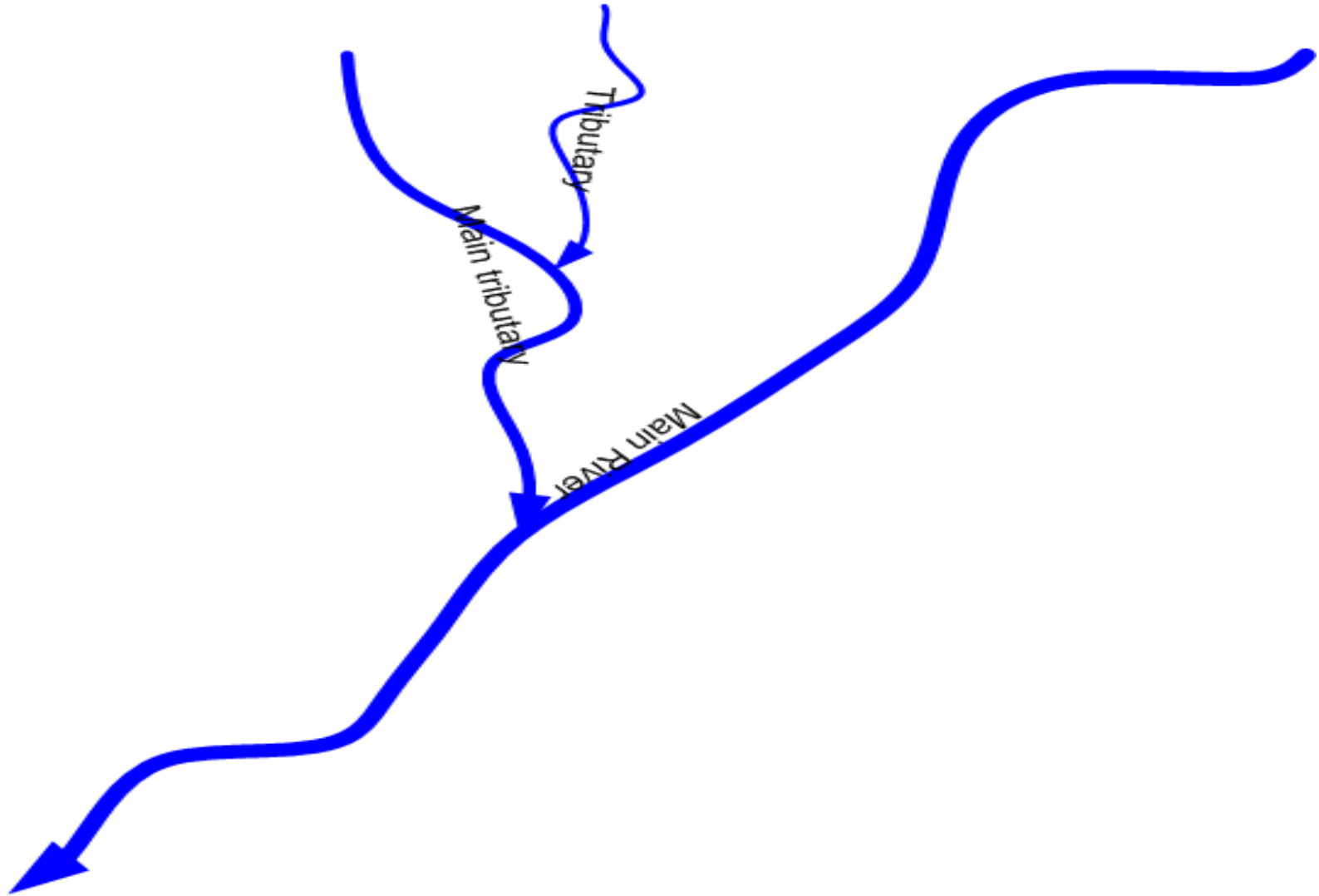
Elementos clave del análisis



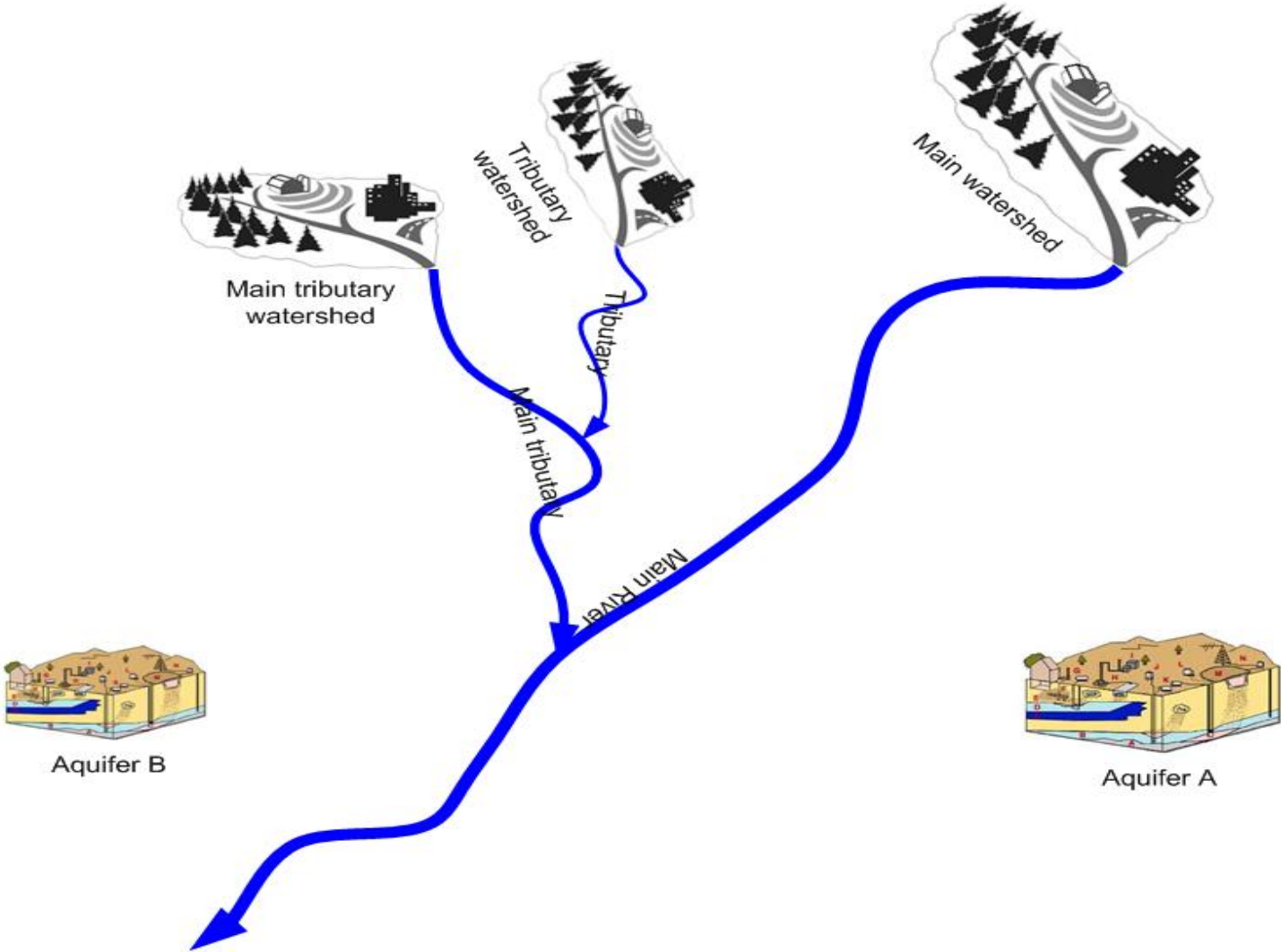
¿Qué responsables políticos, planificadores, inversores, ejecutores, usuarios de agua, partes afectadas, investigadores y grupos de la sociedad civil deberían participar?



El sistema fluvial

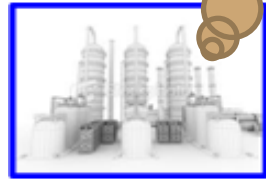


Ríos, cuencas y acuíferos



Uso del agua - Cuestiones por sectores

¿Cuál es la situación actual de la oferta y la demanda de agua?



City B



Industry B



Agriculture B

¿Cómo podría influir el desarrollo socioeconómico en la oferta y demanda de agua?

Ocio

Navegación

Hydropower

¿Cómo podría influir el desarrollo del cambio climático en la oferta y demanda de agua?



Agriculture A



Industry A

Pesca

¿Cómo podría influir el desarrollo socioeconómico y del cambio climático en la oferta y demanda de agua?

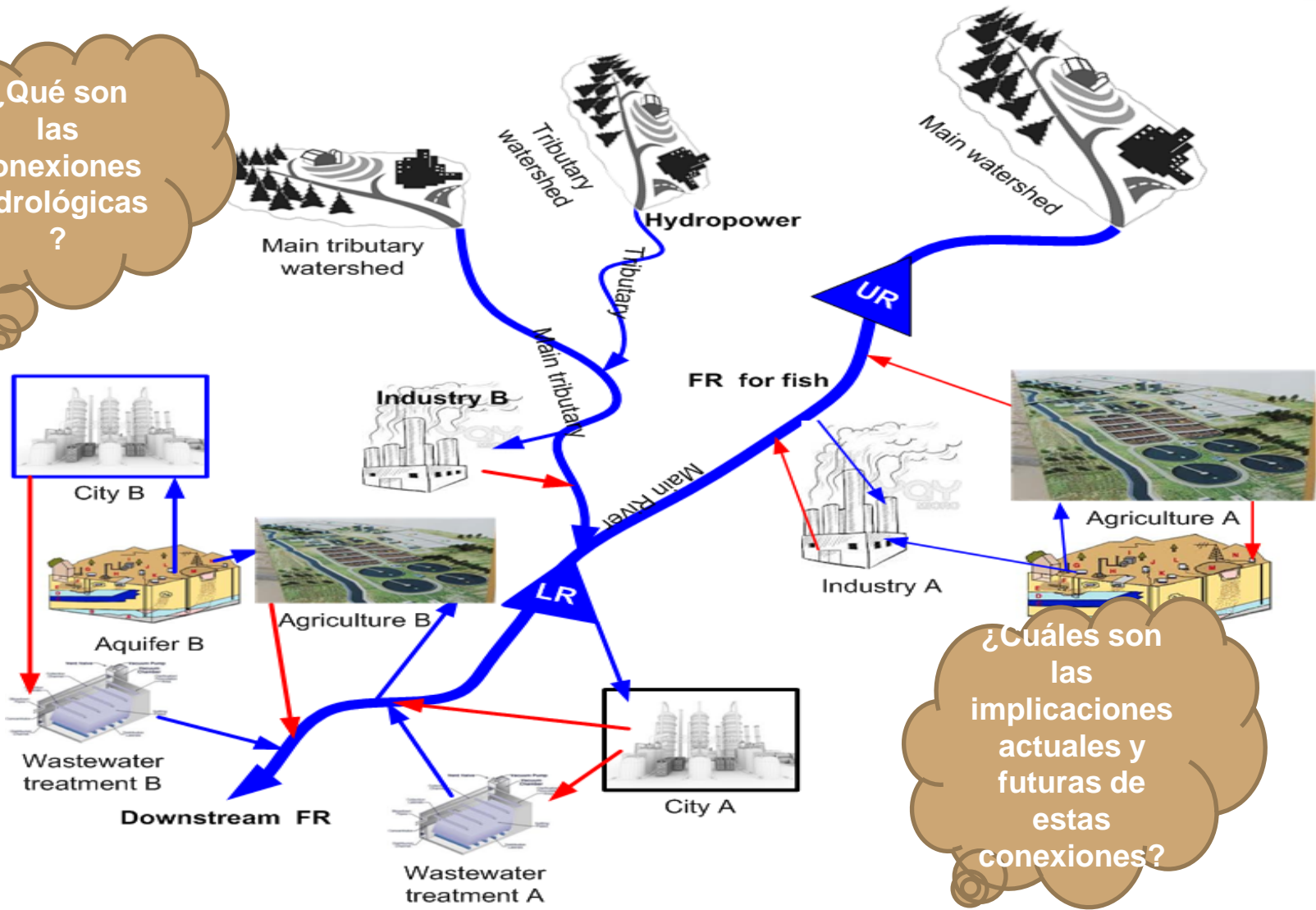


City A



Asociar el suministro a los problemas de demanda

¿Qué son las conexiones hidrológicas?



¿Cuáles son las implicaciones actuales y futuras de estas conexiones?



Herramientas en los estudios de VyA de recursos hídricos

- Modelos hidrológicos (procesos físicos):
 - a) Simulación de los procesos hidrológicos de la cuenca de un río
 - b) Ejemplos: equilibrio del agua, lluvia-escorrentía, simulación de largos, caudal - modelos de calidad de agua
 - Modelos de recursos hídricos (físicos y de gestión):
 - a) Simulación de la oferta / demanda actual y futura del sistema
 - b) Políticas y normas operativas
 - c) Impactos medioambientales
 - d) Producción hidroeléctrica
 - e) Sistemas de apoyo a las decisiones (SAD) para la interacción política.
-



Herramientas en los estudios de VyA de recursos hídricos

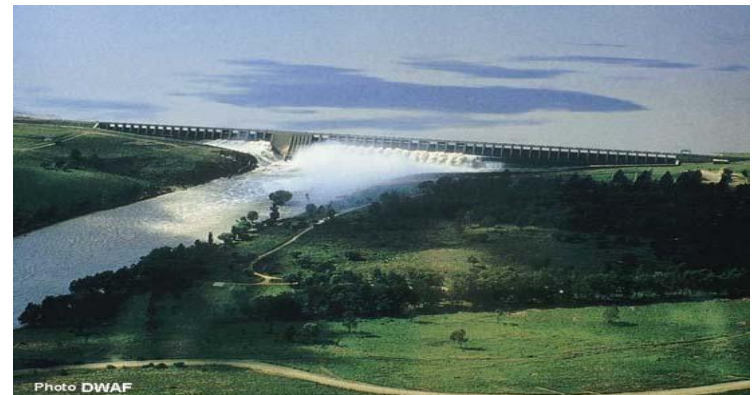
(continuación)

- Modelos económicos:
 - a) Macroeconómicos:
 - Múltiples sectores de la economía
 - Equilibrio general - todos los mercados en equilibrio
 - b) Nivel sectorial:
 - Mercado único o mercados estrechamente relacionados (p. ej. agricultura)
 - c) Nivel empresarial
 - Modelo a escala de las explotaciones agrícolas (enfoque de programación lineal)
 - Microsimulación
-



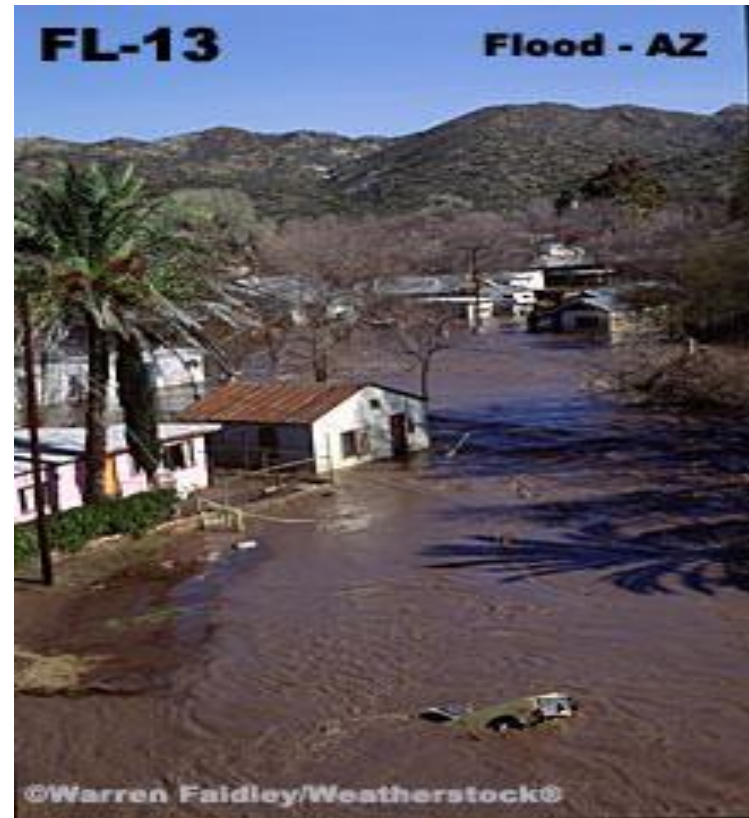
Herramientas útiles para la evaluación: Modelos de agua citados

- Planificación:
 - a) WEAP21 (también hidrología)
 - b) Aquarius
 - c) SWAT
 - d) IRAS (Simulación interactiva de ríos y acuíferos)
 - e) RIBASIM
 - f) MIKE 21 y BASIN.



Modelos de agua citados (continuación)

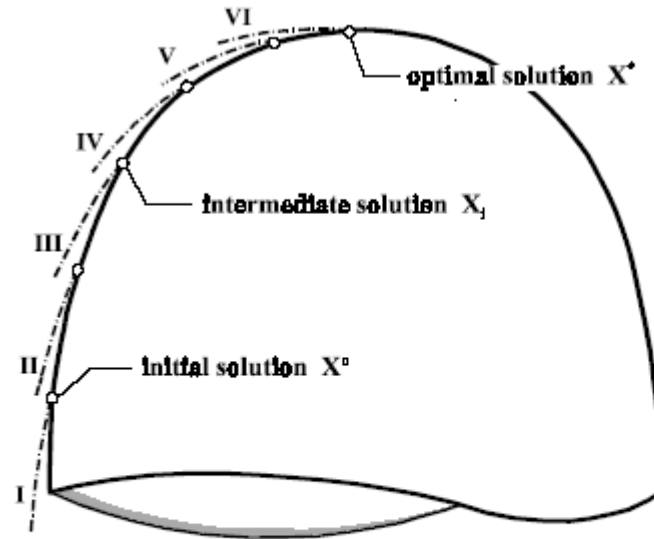
- Operacionales e hidráulicos:
- HEC
 - a) HEC-HMS – lluvia-escorrentía basada en fenómenos (ofrece información para que HEC-RAS realice una "cartografía" de inundaciones y crecidas unidimensional)
 - b) HEC-RAS – flujo estable y no estable unidimensional
 - c) HEC-ResSim – modelación del funcionamiento de depósitos
- WaterWare
- RiverWare
- MIKE11
- Delft3d.



- Seleccionar los modelos de interés (uso en ordenador; documentación amplia; facilidad de uso):
 - a) WEAP21
 - b) SWAT
 - c) Suite HEC
 - d) Aquarius



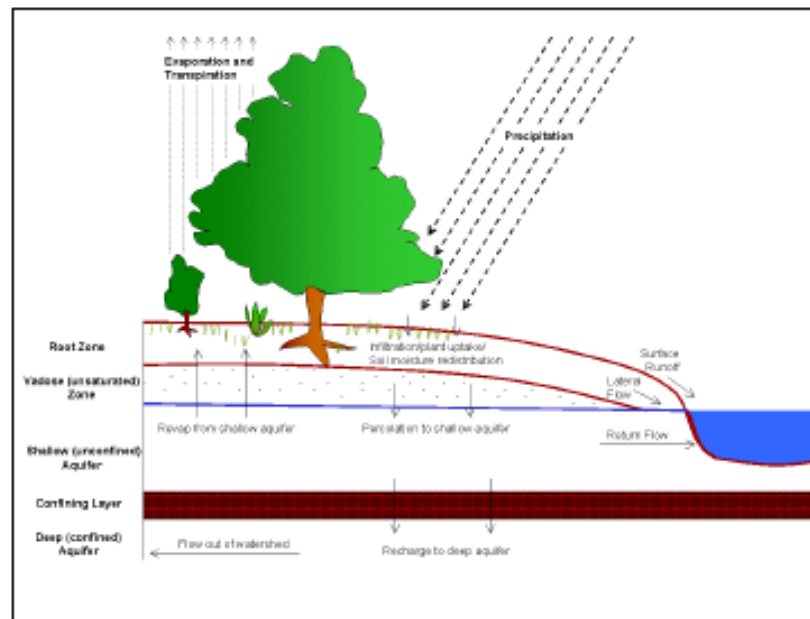
- **AQUARIS**, ventaja:
Criterio de eficiencia económica que requiere la reasignación de los caudales fluviales hasta que el rendimiento marginal neto de todos los usos de agua sea igual
- No puede regirse por el clima.



Sequential maximization of a concave objective function by Sequential Quadratic Programming (SQP) (Diaz and Fontane 1989).

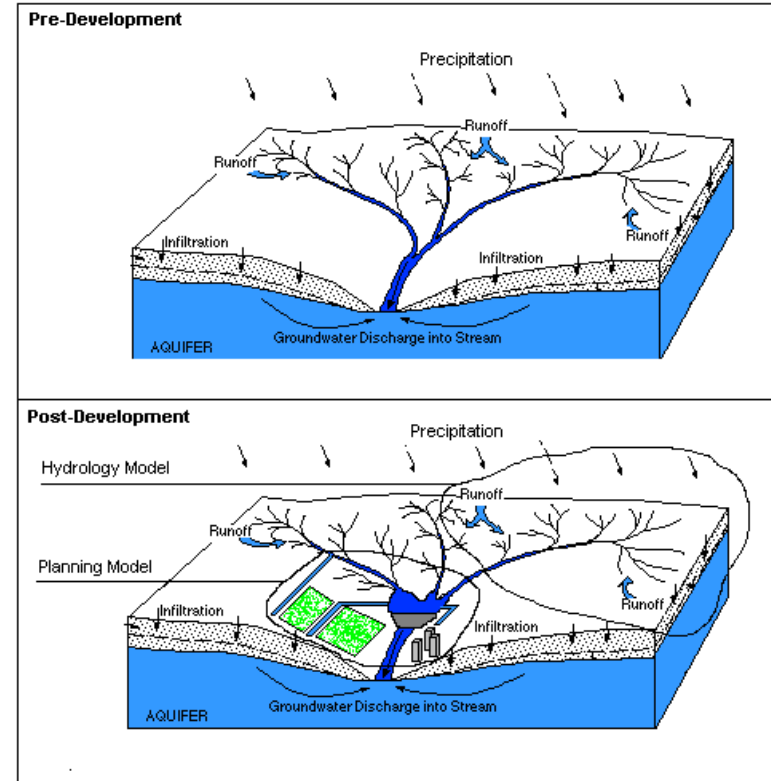
SWAT decisiones de gestión sobre el agua, sedimentos, nutrientes y rendimientos de plaguicidas con una precisión razonable en cuencas fluviales sin instrumentos de medición. Componentes complejos de la calidad del agua.

- Lluvia–escorrentía, encaminamiento de ríos por tramos diarios.



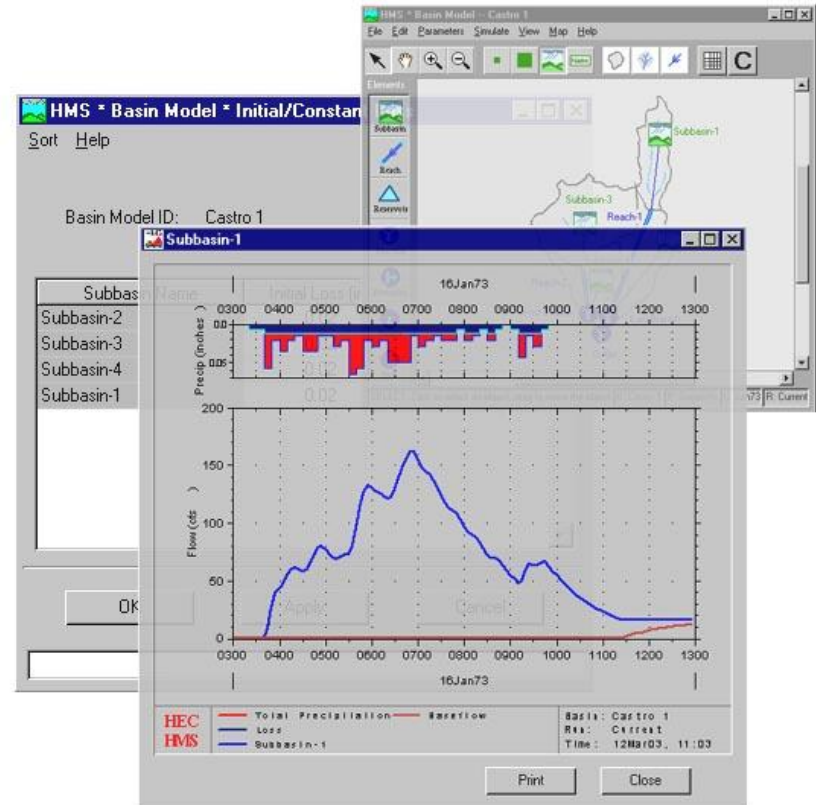
WEAP21, ventaja:
integración sencilla de los
procesos hidrológicos de
cuencas con la gestión de
los recursos hídricos:

- Puede regirse por el clima.



Hidrología física y modelos de gestión del agua

- **HEC-HMS** a escala de cuencas, simulación hidrológica basada en fenómenos, de procesos de lluvia-escorrentía:
 - a) Procesos de lluvia-escorrentía de cuencas pequeñas en diversas partes del día.



Presentación general de WEAP21

- Hidrología y planificación
- Ejercicios y ejemplos de planificación (distribución del agua)
- Introducción de la hidrología en el modelo
- Interfaz de usuario
- Escala
- Recursos y requisitos de datos
- Calibración y validación
- Resultados
- Escenarios
- Licencias y registro

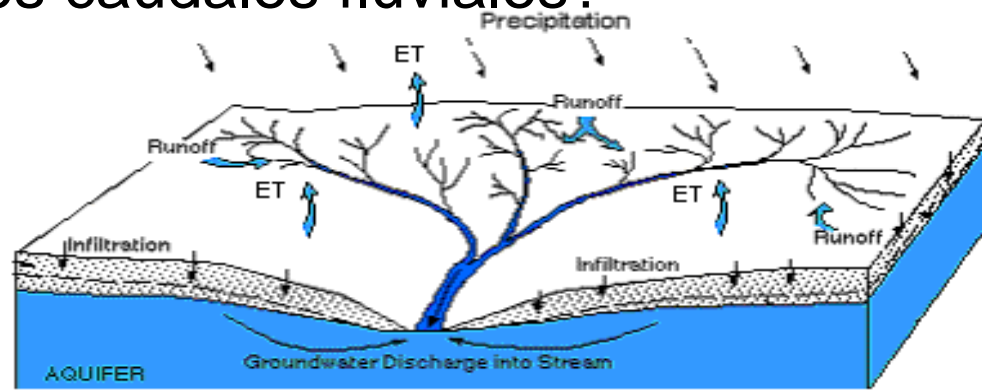
The screenshot shows the WEAP21 software interface for the 'Measuring River Basin'. It features a tree view on the left for data organization, a central data entry table, and a bar chart at the bottom right showing 'Annual Activity Level' from 1998 to 2008. Callout boxes provide instructions: 'Data are organized in a tree structure that you edit by right-clicking here.' points to the tree view; 'You can create multiple scenarios and use this box to switch between them.' points to the 'Data for Reference (199-2008)' dropdown; 'Use the View bar to switch between your analysis and its results.' points to the 'View' button; 'Enter or edit your data by typing it here.' points to the data table; and 'Your data are shown here as either a graph or a table.' points to the bar chart.

Demand Site	1999-2008	Scale	Unit
South City	375	Govt(CO)	Million person
West City	2125	Govt(CO)	Million person
Industry North	100	Inter(202,40)	Million
Industry East	1	Govt(Ash/Driver/GDP,0.25)	Thousand ha
Agriculture North	1575	Govt(Ash/Driver/GDP,0.25)	Thousand ha
Agriculture West			N/A



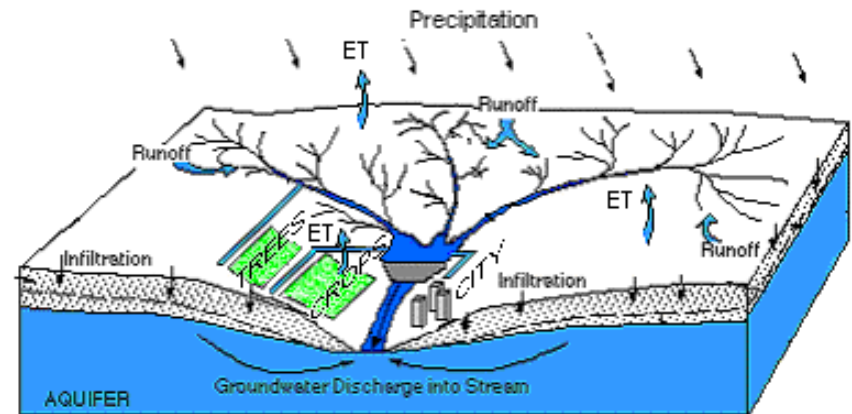
Modelo hidrológico

- Preguntas esenciales:
 - a) ¿Cómo se convierte la lluvia sobre una cuenca en caudal fluvial?
 - b) ¿Qué rutas sigue el agua cuando se mueve a través de una cuenca?
 - c) ¿Cómo influye el movimiento por dichas rutas en la magnitud, distribución temporal, duración y frecuencia de los caudales fluviales?

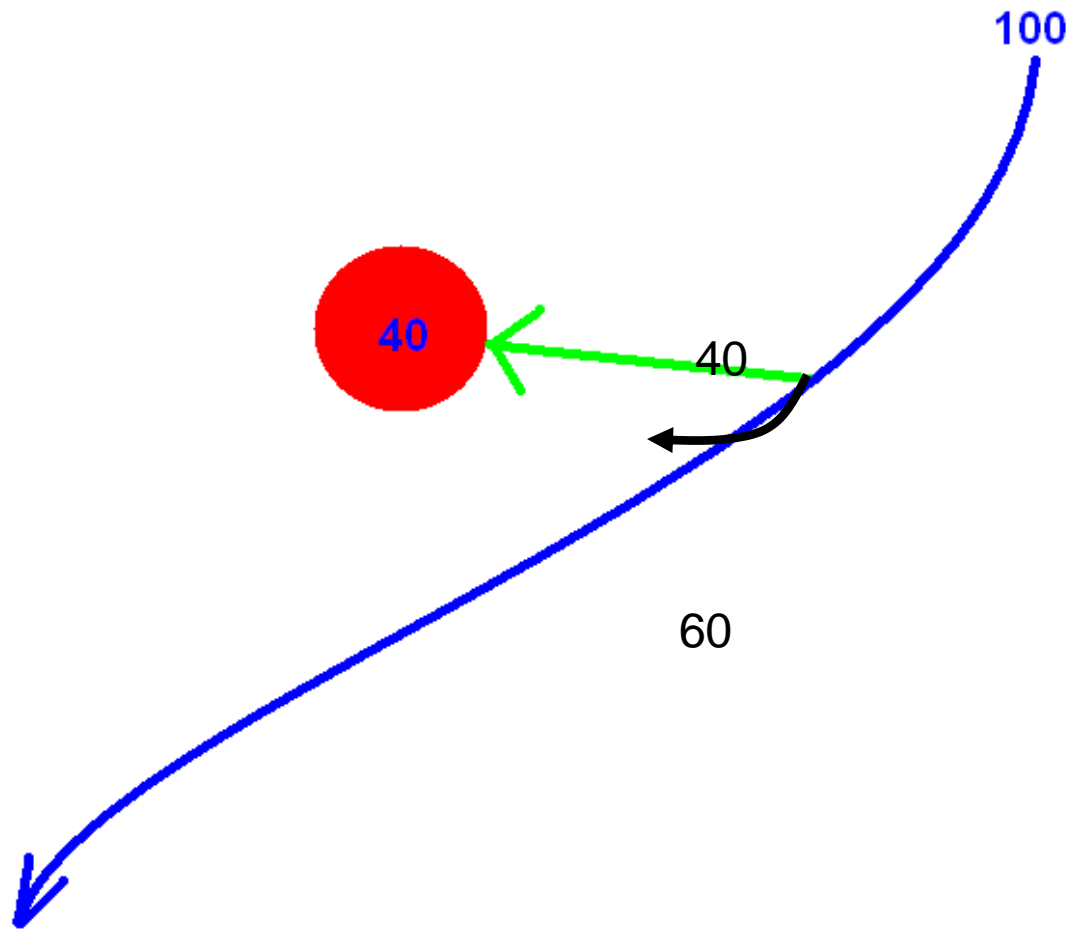


Modelo de planificación

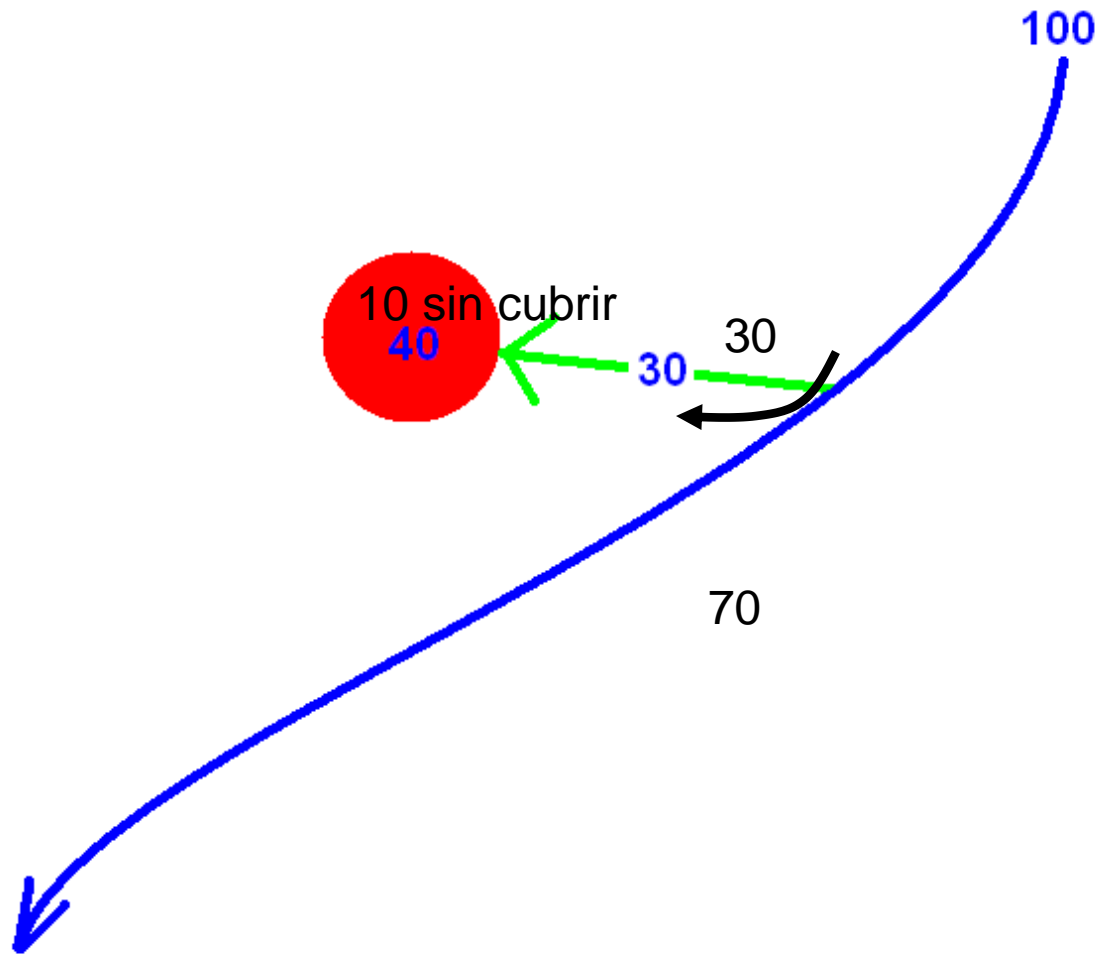
- Preguntas esenciales:
 - a) ¿Cómo debe asignarse el agua entre los diferentes usos en tiempos de escasez?
 - b) ¿Cómo pueden limitarse estas operaciones para proteger los servicios suministrados por el río?
 - c) ¿Cómo debe utilizarse la infraestructura del sistema (p. ej. embalses, obras de desvío) para obtener los máximos beneficios?
 - d) ¿Cómo cambiarán la asignación, las operaciones y las limitaciones operativas si se introducen nuevas estrategia de gestión en el sistema?



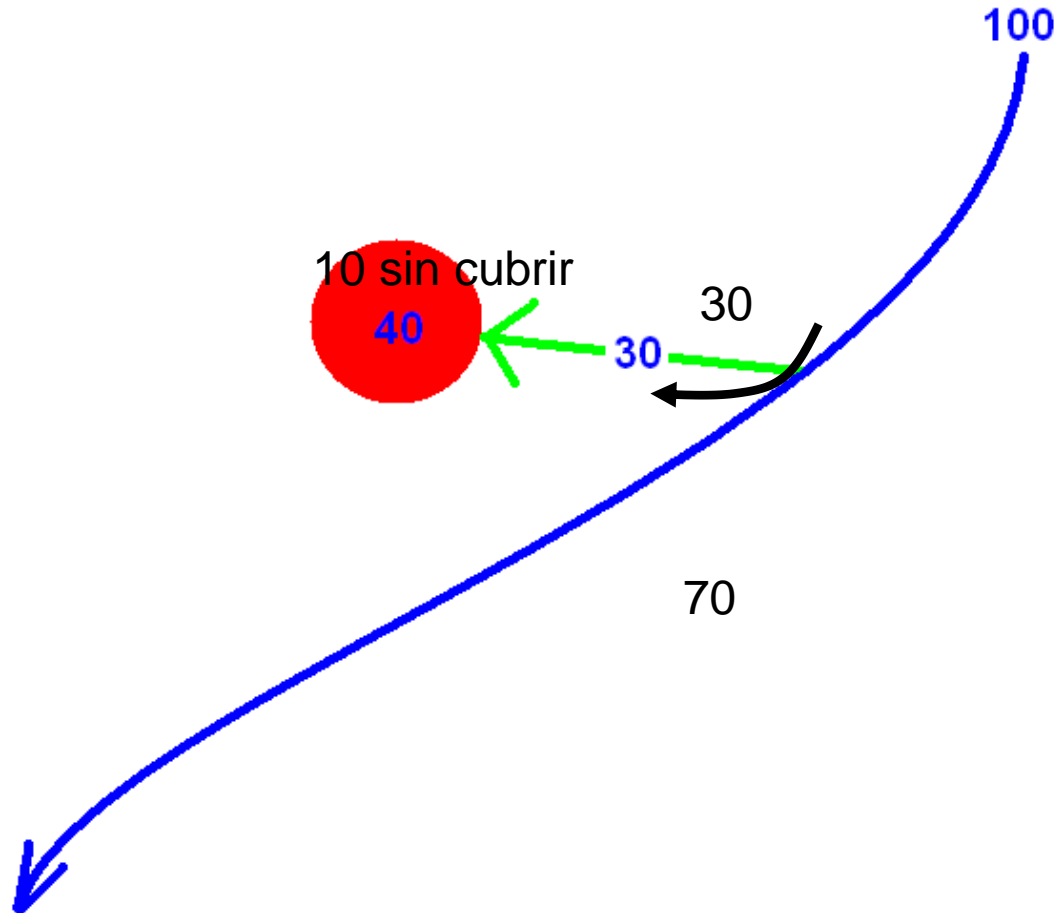
Un sistema sencillo con WEAP21



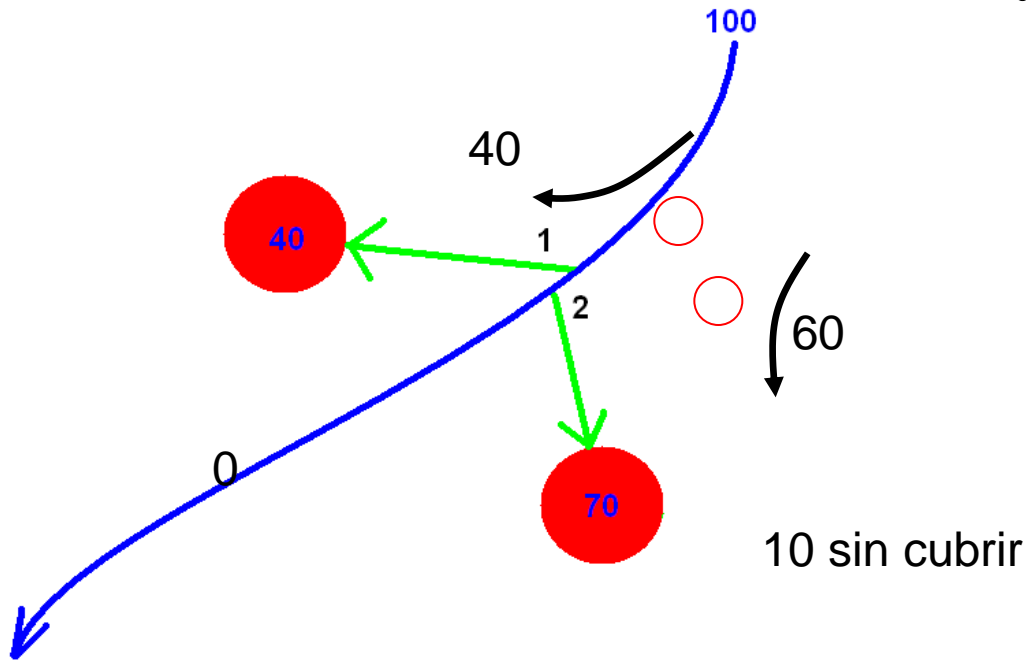
Una limitación de la infraestructura



Una limitación reglamentaria

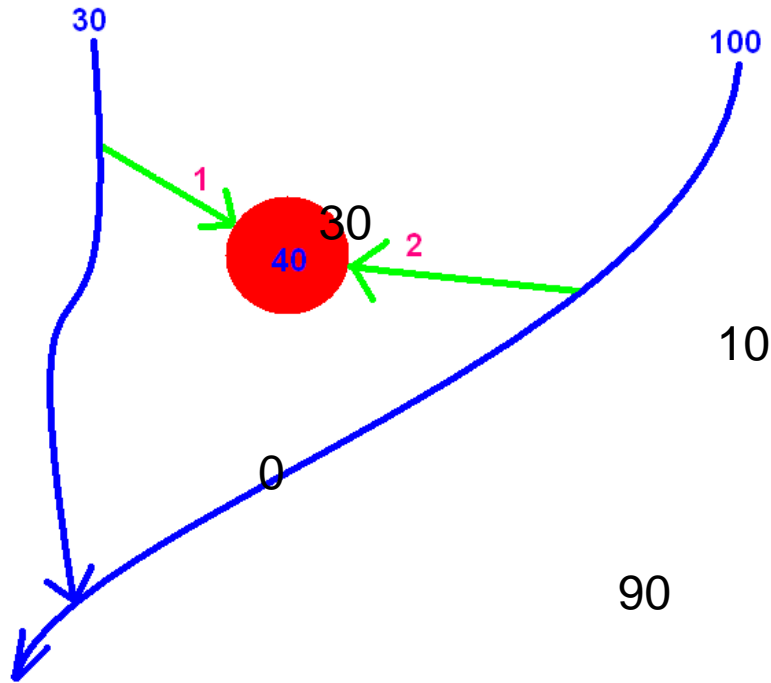


Diferentes prioridades



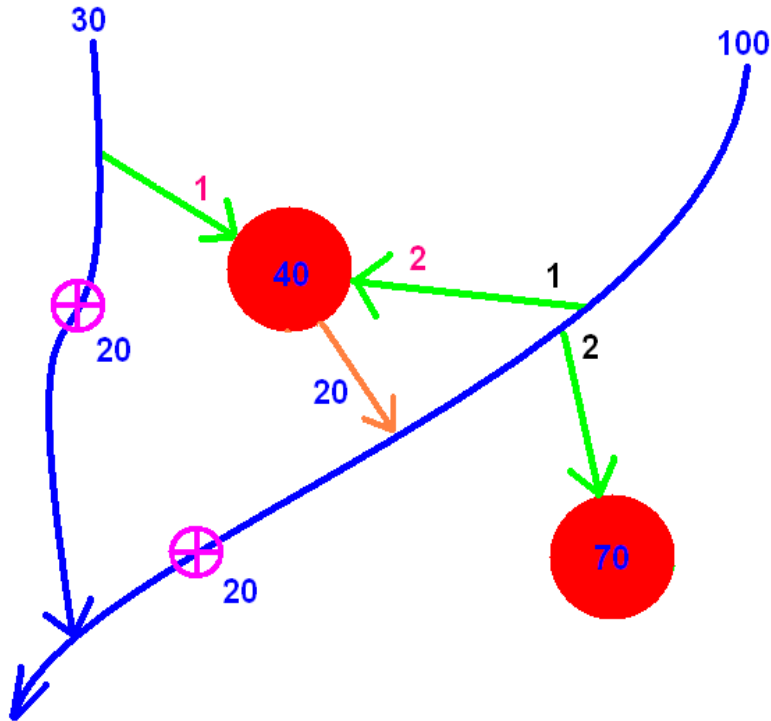
- Por ejemplo, las demandas de grandes agricultores (70 unidades) podrían ser la prioridad 1 en un escenario, mientras que las demandas de los pequeños agricultores (40 unidades) podrían ser la prioridad 1 en otro.

Diferentes preferencias



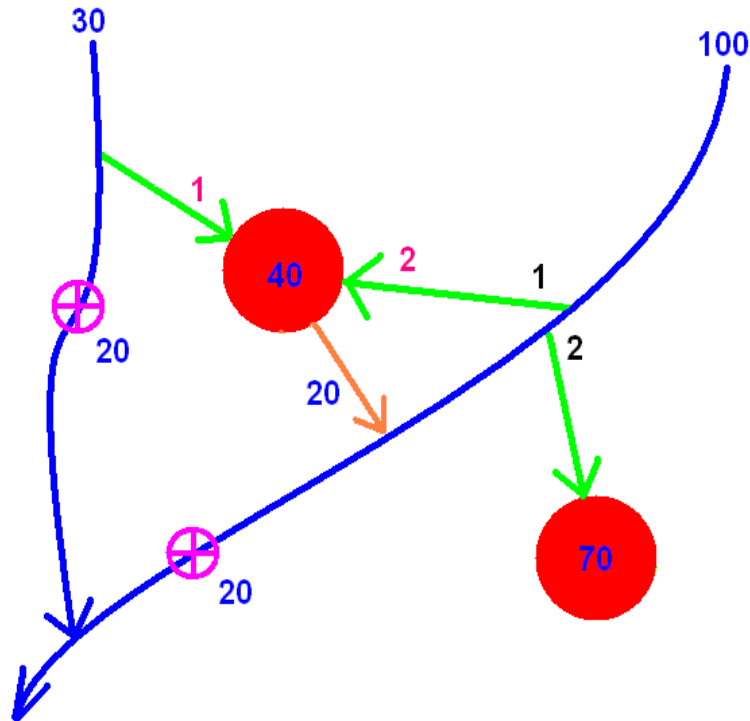
- Por ejemplo, un operador pivote central podría preferir coger agua de un afluente debido a los menores costes de bombeo.

Ejemplo



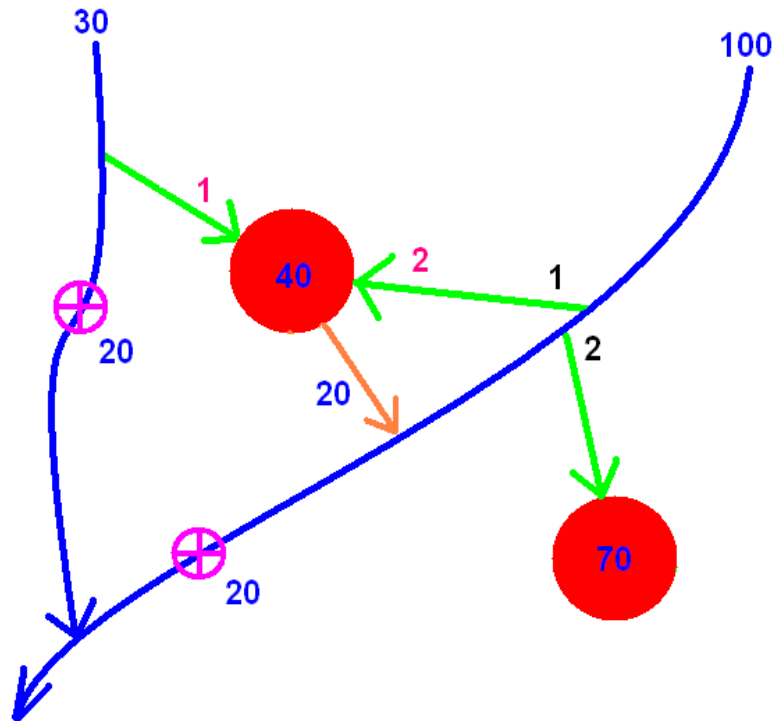
- ¿Cuánta agua recibirán las instalaciones con 70 unidades de demanda?

Ejemplo (continuación)



- ¿Cuánta agua fluirá en el tramo entre el desvío de la prioridad 2 y el caudal de retorno de la prioridad 1?

Ejemplo (continuación)



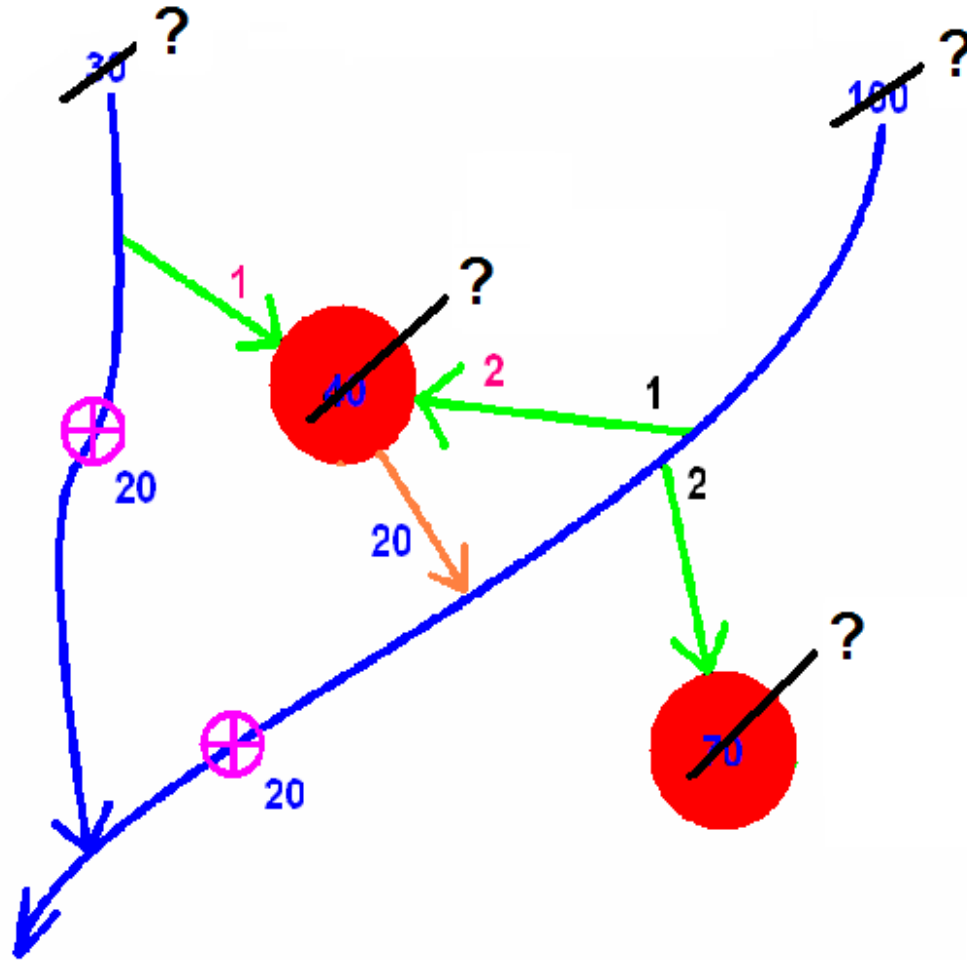
- ¿Qué podríamos hacer para garantizar que este tramo no se seque?

¿Qué estamos asumiendo?

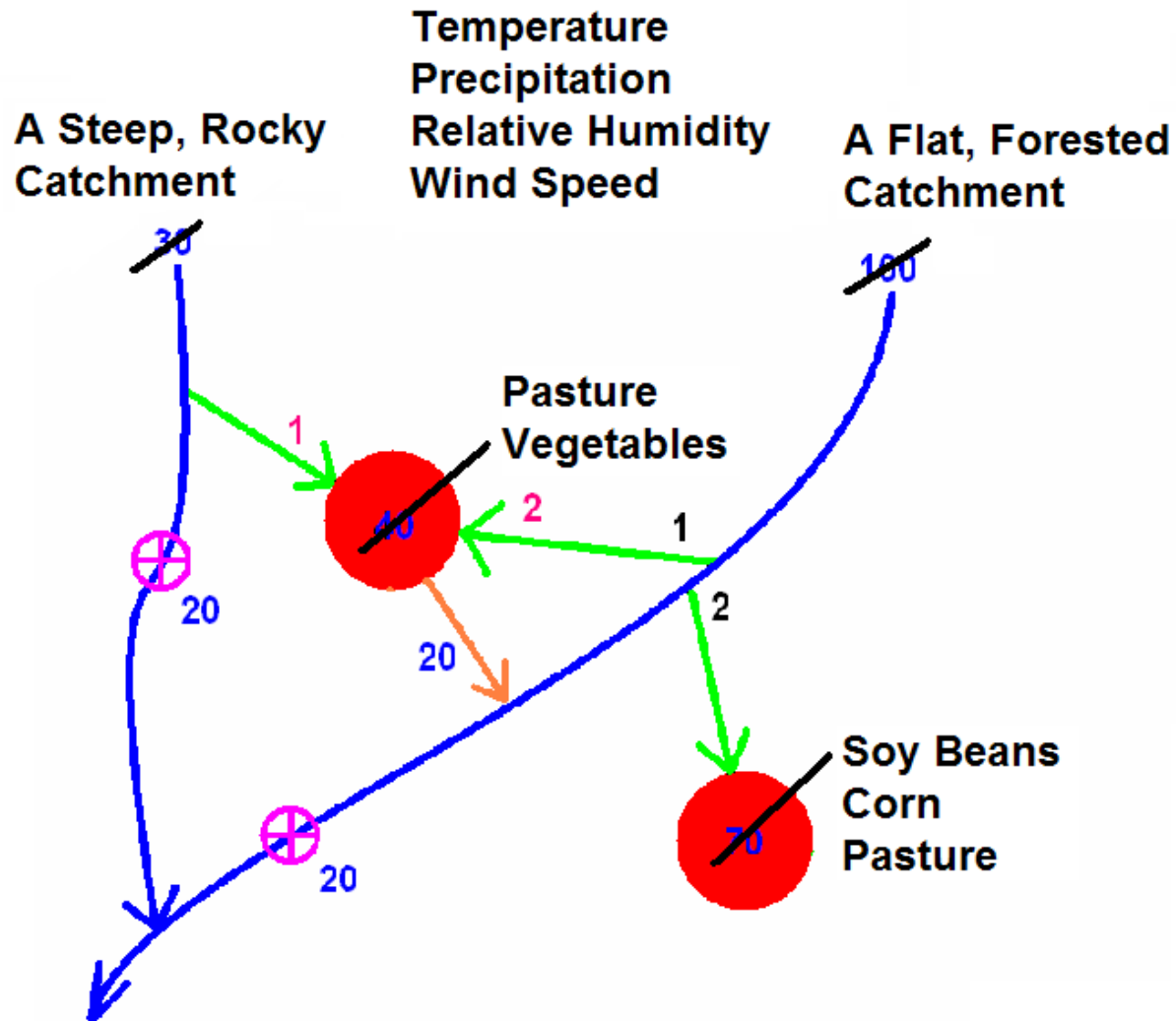
- Conocemos la **cantidad** de agua que fluye en el **manantial** de cada río
- El agua fluye de forma natural en o hacia fuera del curso descendente del río
- Conocemos con certeza las demandas de agua
- Básicamente, que este sistema ha sido sacado de su contexto **hidrológico**.



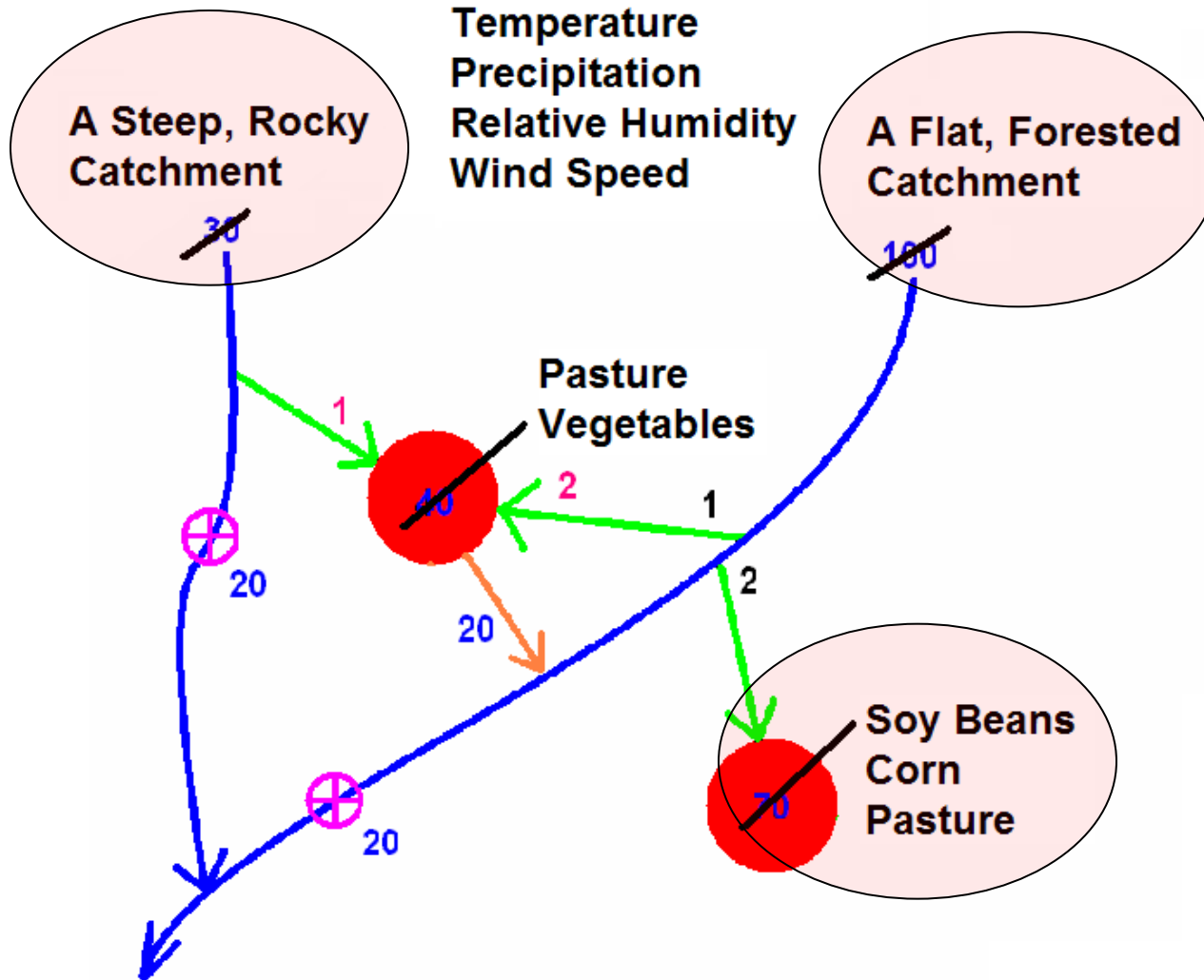
Y, ¿qué hacemos ahora?



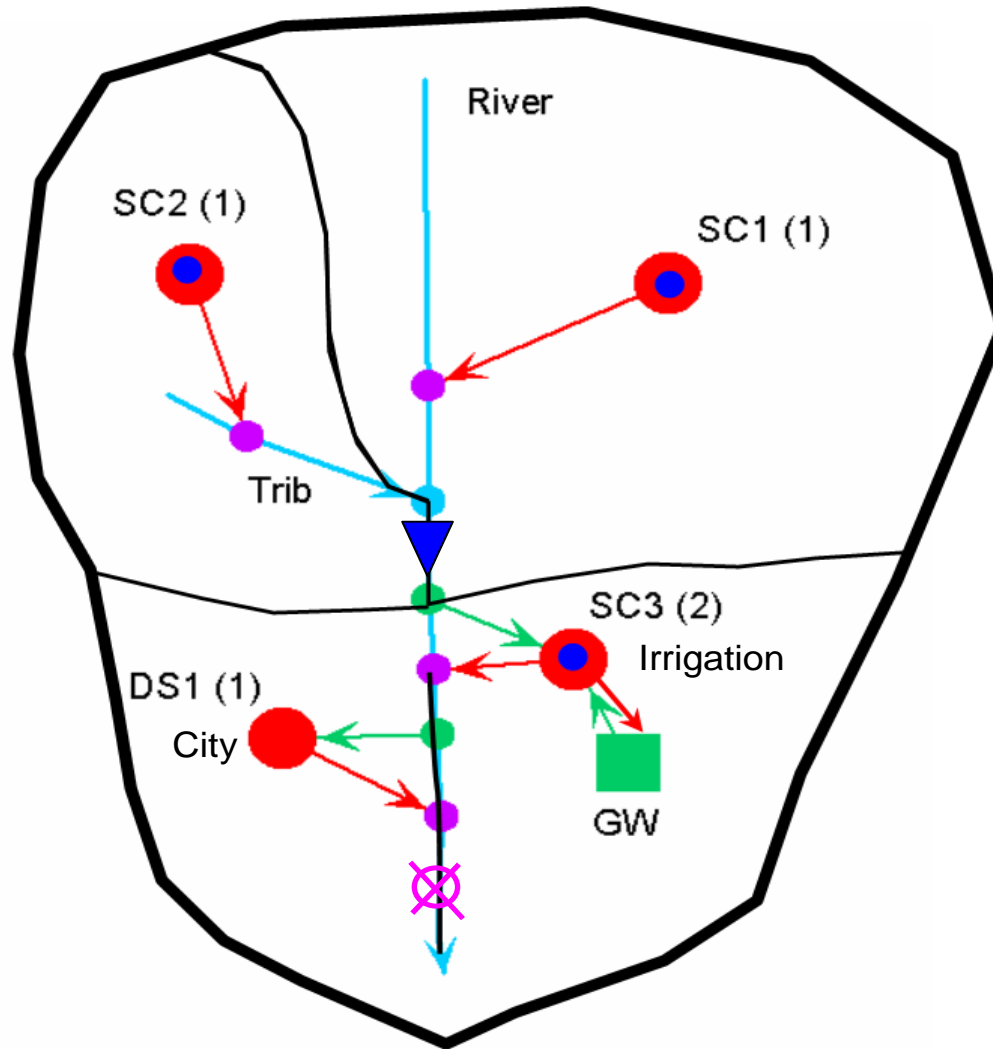
Introducción de la hidrología



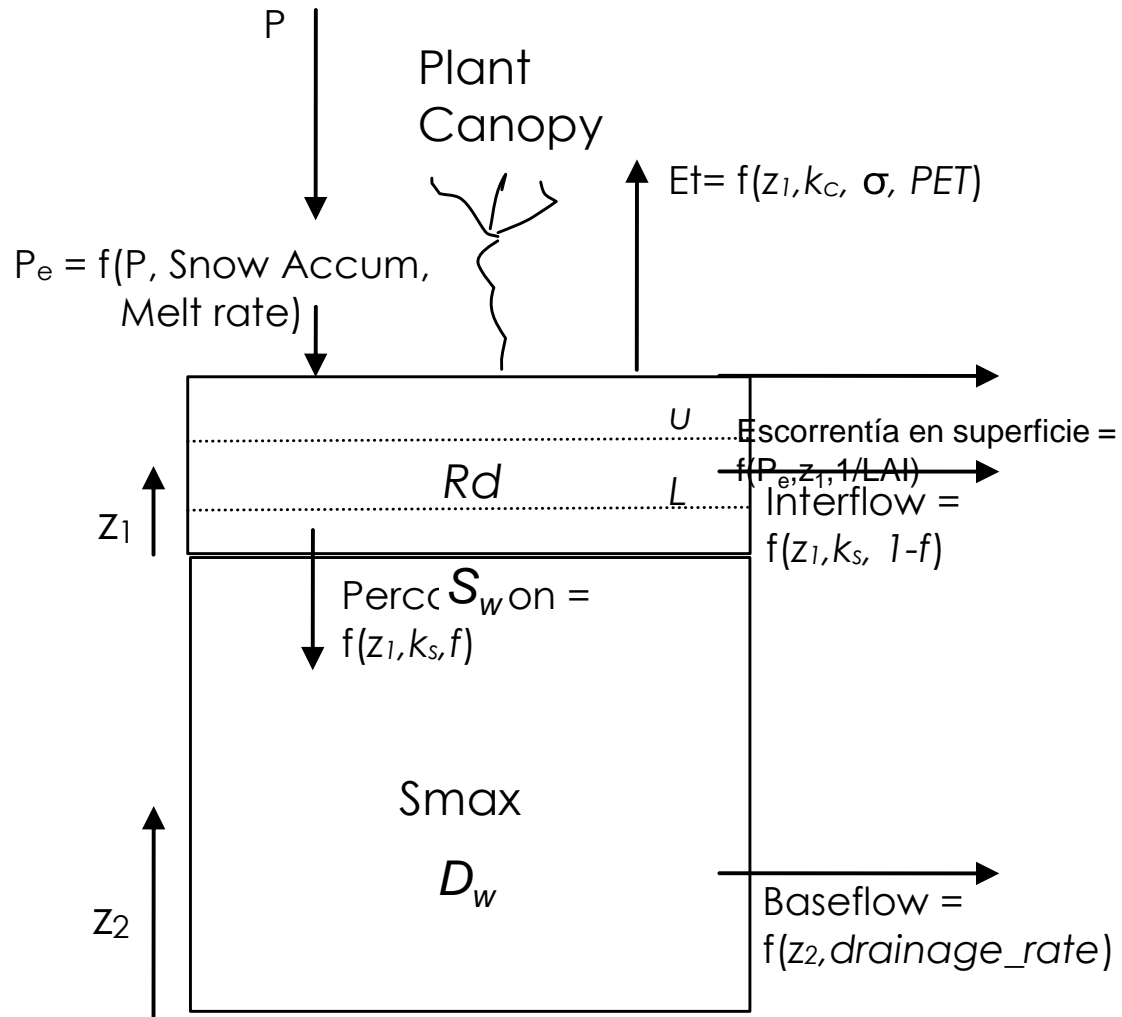
Y esta es la interfaz de clima



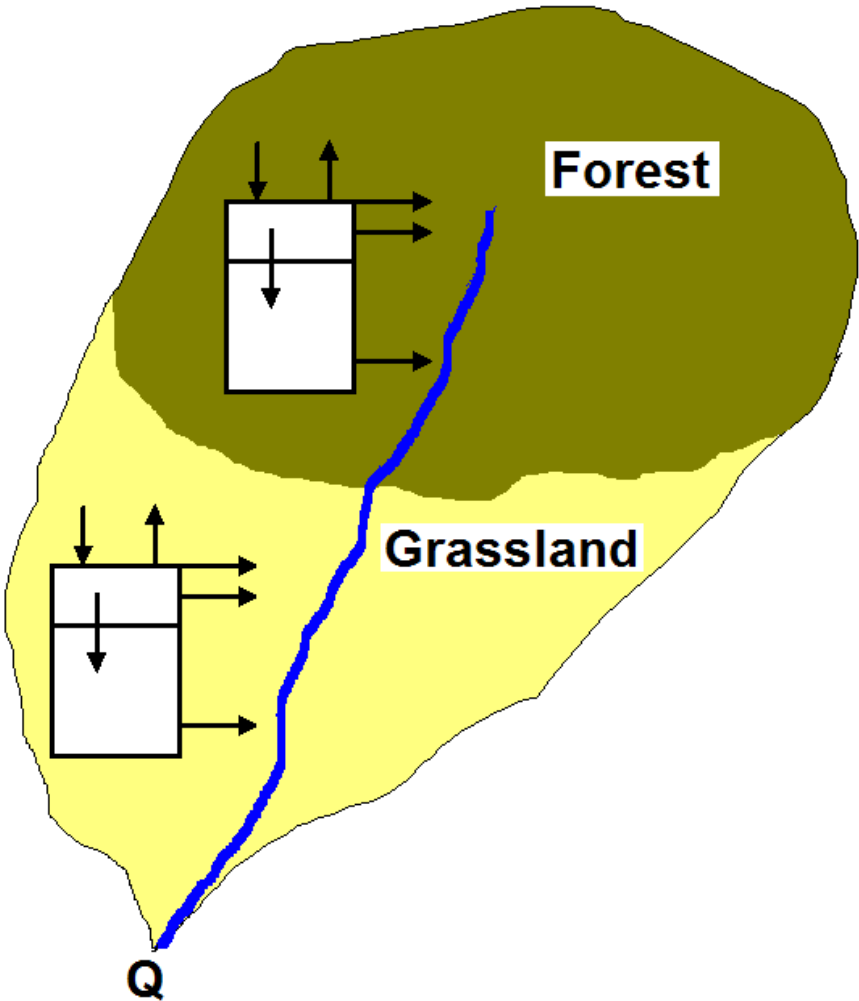
Hidrología integrada / Marco analítico de gestión del agua en WEAP21



El módulo hidrológico de dos celdas de WEAP



Un modelo de dos celdas por categoría de tierra

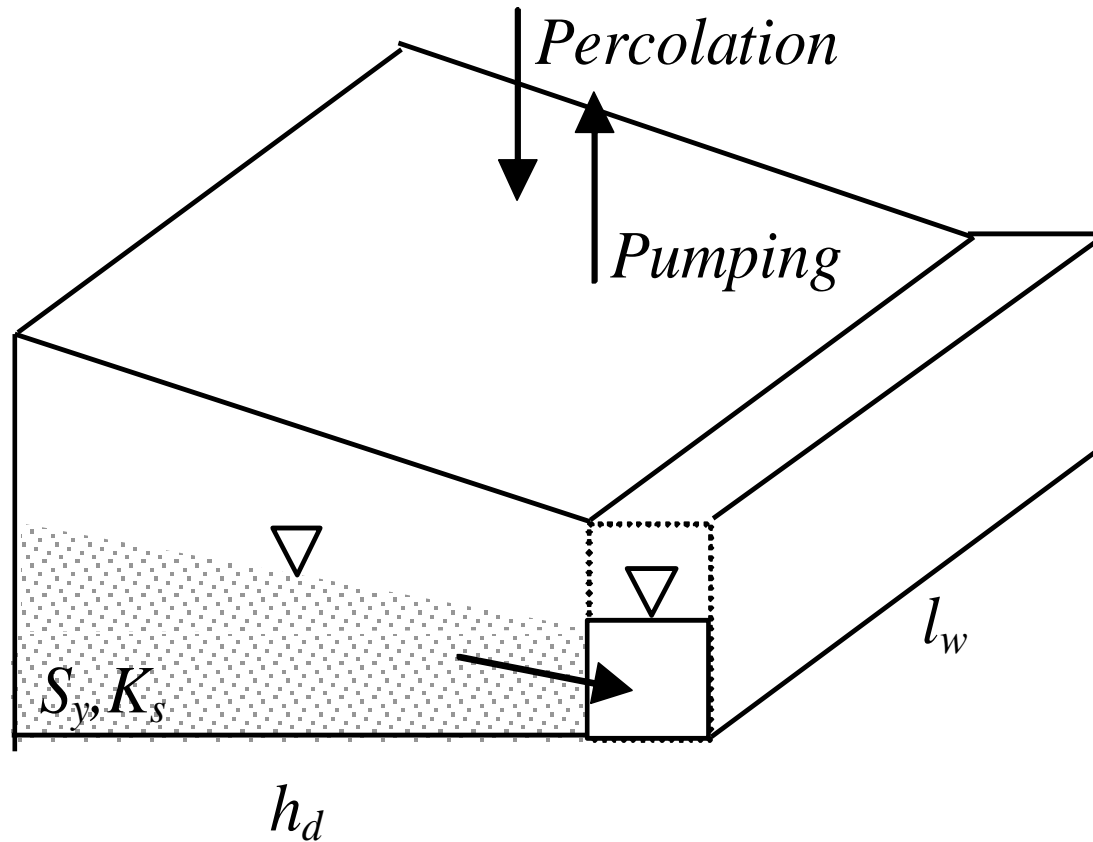


Algunas observaciones

- El número de parámetros en el modelo es relativamente limitado y, como mínimo, está relacionado con las características biofísicas de la cuenca.
- La rutina de irrigación incluye una noción implícita de eficiencia del regadío a escala del campo
- La percolación solo puede pasar de la celda inferior al río, no en sentido inverso.



Este último punto conduce a una representación estilizada de las aguas subterráneas



Algunas observaciones

- La geometría de los acuíferos en cuestión es representativa, no absoluta
- En este módulo, se asume que la fase de corriente no varía
- Aunque la "masa freática" puede fluctuar, hace caso omiso de todas las fluctuaciones locales.



Interfaz de usuario gráfica de WEAP21

The screenshot displays the WEAP21 software interface for the 'Weaping River Basin'. The main window shows a map with several key features: 'Industry North (2)', 'Agriculture North (3)', 'North Reservoir', 'Central Reservoir', and 'South City (1)'. A context menu is open for 'Industry North', listing options like 'General Info', 'Edit Data', 'View Results', 'Move Label', and 'Delete'. The 'Edit Data' submenu is expanded, showing a list of parameters such as 'Annual Activity Level', 'Annual Water Use Rate', 'Monthly Variation', 'Loss Rate', 'Reuse Rate', 'DSM Savings', 'DSM Cost', 'Capital Costs', 'Variable Operating Costs', 'Fixed Operating Costs', 'Variable Revenue', 'Fixed Revenue', 'Demand Priority', 'Method', 'Pollution Activity Level', 'BOD Intensity', and 'BOD Concentration'. On the left side, there is a vertical toolbar with icons for 'Schematic', 'Data', 'Results', 'Overview', and 'Notes'. Below the toolbar is a zoomable schematic map of the entire basin. Callout boxes provide instructions: 'Use the View bar to switch between your data and its results.' points to the toolbar; 'Use the function new a...' points to the 'Schematic' icon; 'GIS layers can be added here.' points to the 'Overview' icon; and 'You can zoom your schematic in or out by sliding the bar here.' points to the zoom bar at the bottom of the schematic map.

Idiomas:
Solo la interfaz
Inglés
Francés
Chino
Español



Interfaz de usuario gráfica de WEAP21

Use the View bar to switch between your analysis and its results.

Data are organized in a tree structure that you edit by right-clicking here.

You can create multiple scenarios and use this box to switch between them.

Enter or edit your data by typing it here.

Your data are shown here as either a graph or a table.

The screenshot displays the WEAP21 software interface for the Weaping River Basin. The interface is divided into several panels:

- Left Panel (View Bar):** Contains icons for Schematic, Data, Results, Overviews, and Notes.
- Tree Structure (Left):** A hierarchical tree showing 'Demand Sites' (South City, West City, Industry North, Industry East, Agriculture North, Agriculture West), 'Hydrology', 'Supply and Resources', 'Environment', and 'Other Assumptions'.
- Table (Center):** A table titled 'Annual level of activity driving demand, such as agricultural area, population using water for domestic purposes, or industrial output.' It shows data for 1998 and 1999-2008 for various demand sites.
- Chart (Bottom Right):** A stacked bar chart titled 'Annual Activity Level' showing population in million persons from 1998 to 2008, with West City in green and South City in red.

Demand Site	1998	1999-2008	Scale	Unit
South City	3.75	Grow#(3%)	Million	person
West City	2.025	Grow#(2.5%)	Million	person
Industry North	100	Interp(2020,400)	Million	
Industry East	1	Grow#Aa(Key/Drivers/GDP,0.25)		
Agriculture North	157.5	Grow#Aa(Key/Drivers/Built Environment Expansion,-0.25)	Thousand	ha
Agriculture West				N/A

Year	South City	West City
1998	3.75	2.025
1999	3.86	2.07
2000	3.97	2.11
2001	4.08	2.16
2002	4.19	2.21
2003	4.30	2.26
2004	4.41	2.31
2005	4.52	2.36
2006	4.63	2.41
2007	4.74	2.46
2008	4.85	2.51



Escala espacial y temporal de WEAP

- Tramos temporales: diario, semanal, mensual, etc.
- No hay asignación de rutas, puesto que todas las necesidades se cubren con el tramo temporal actual
- El tramo de tiempo debe ser, como mínimo, igual de prolongado que el tiempo de retención del periodo de caudal más bajo
- Las cuencas de mayor tamaño requieren tramos temporales más largos (p. ej. un mes)
- Las cuencas más pequeñas pueden utilizar tramos más breves (p. ej. 1 día, 5 días, 10 días).



Algunas nociones sobre el tamaño de las cuencas

- Pequeña: $< 100 \text{ km}^2$
- Mediana: de 100 a 1.000 km^2
- Grande: de 1.000 a 10.000 km^2
- Muy grande: de 10.000 a 100.000 km^2



Requisitos de datos

- Suministro prescrito (caudal fluvial como una serie temporal fija):
 - a) Datos de serie temporal de caudales fluviales (caudales principales)
 - b) Red fluvial (conectividad)
- Suministro alternativo a través de la hidrología física (las cuencas generan caudales fluviales):
 - a) Atributos de las cuencas
 - Superficie, cubierta terrestre. . .
 - b) Clima
 - Precipitación, temperatura, velocidad del viento y humedad relativa.



Requisitos de datos (continuación)

- Datos sobre la demanda de agua:
 - a) Demanda municipal e industrial:
 - Agregada por sector (fabricación, turismo, etc.)
 - Desagregados por población (p. ej. uso/cápita, uso/grupo socioeconómico)
 - b) Demandas agrícolas:
 - Agregadas por superficie (n.º de hectáreas, uso de agua anual/hectárea)
 - Desagregadas por necesidades de agua de los cultivos
 - c) Demandas del ecosistema (requisitos del caudal en la corriente).



Ejemplos de fuentes de datos

- AQUASTAT (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura):
<<http://www.fao.org/nr/water/aquastat/main/indexesp.stm>>
- Estadísticas de ONU-Agua:
<<http://www.unwater.org/statistics.html>>
- Centro mundial de recursos sobre hidrología (NASA):
<<http://ghrc.msfc.nasa.gov/>>
- Centro mundial de datos sobre escorrentía (NASA):
<http://www.bafg.de/GRDC/EN/Home/homepage_node.html>

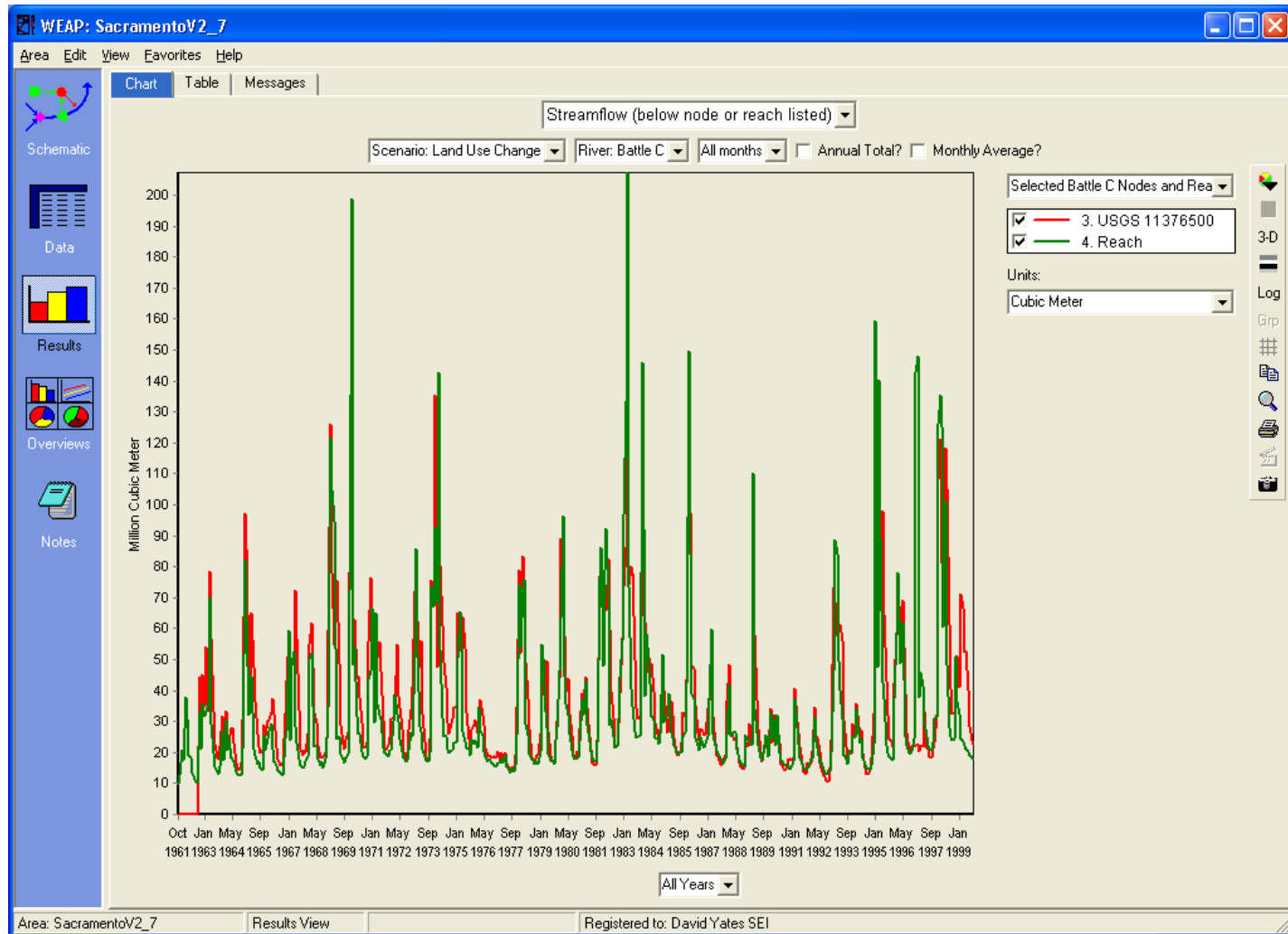


Calibración y validación

- Criterios de evaluación del modelo:
 - a) Caudales en el río principal y los afluentes
 - b) Almacenamiento en depósitos y emisiones
 - c) Desvíos de agua de otras cuencas
 - d) Suministro y demanda de agua agrícola
 - e) Suministros y demandas de agua municipales e industriales
 - f) Niveles y tendencias de las aguas subterráneas.

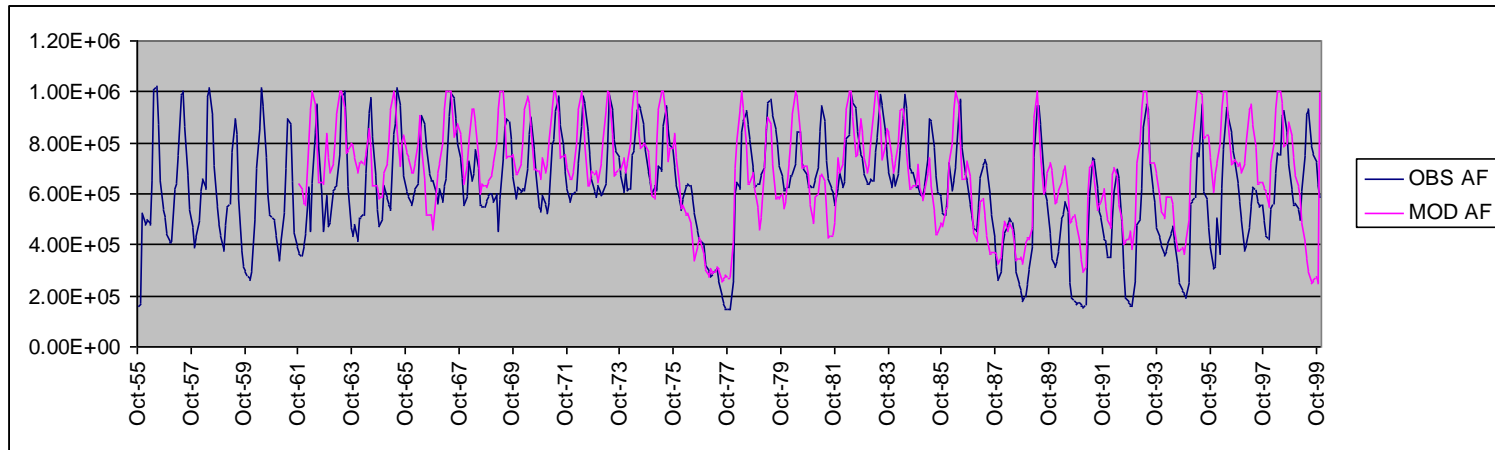


Modelación del caudal

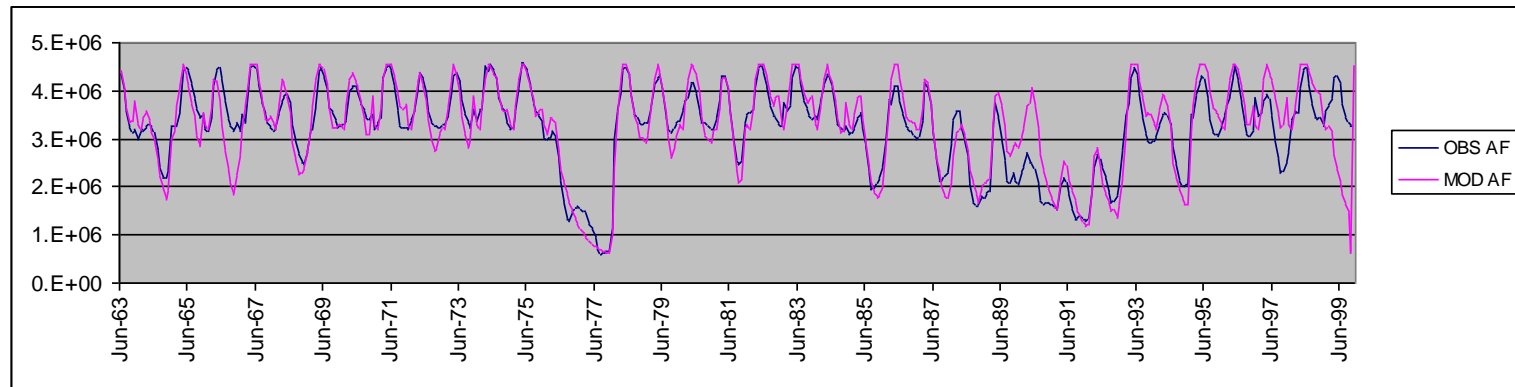


Almacenamiento en depósitos

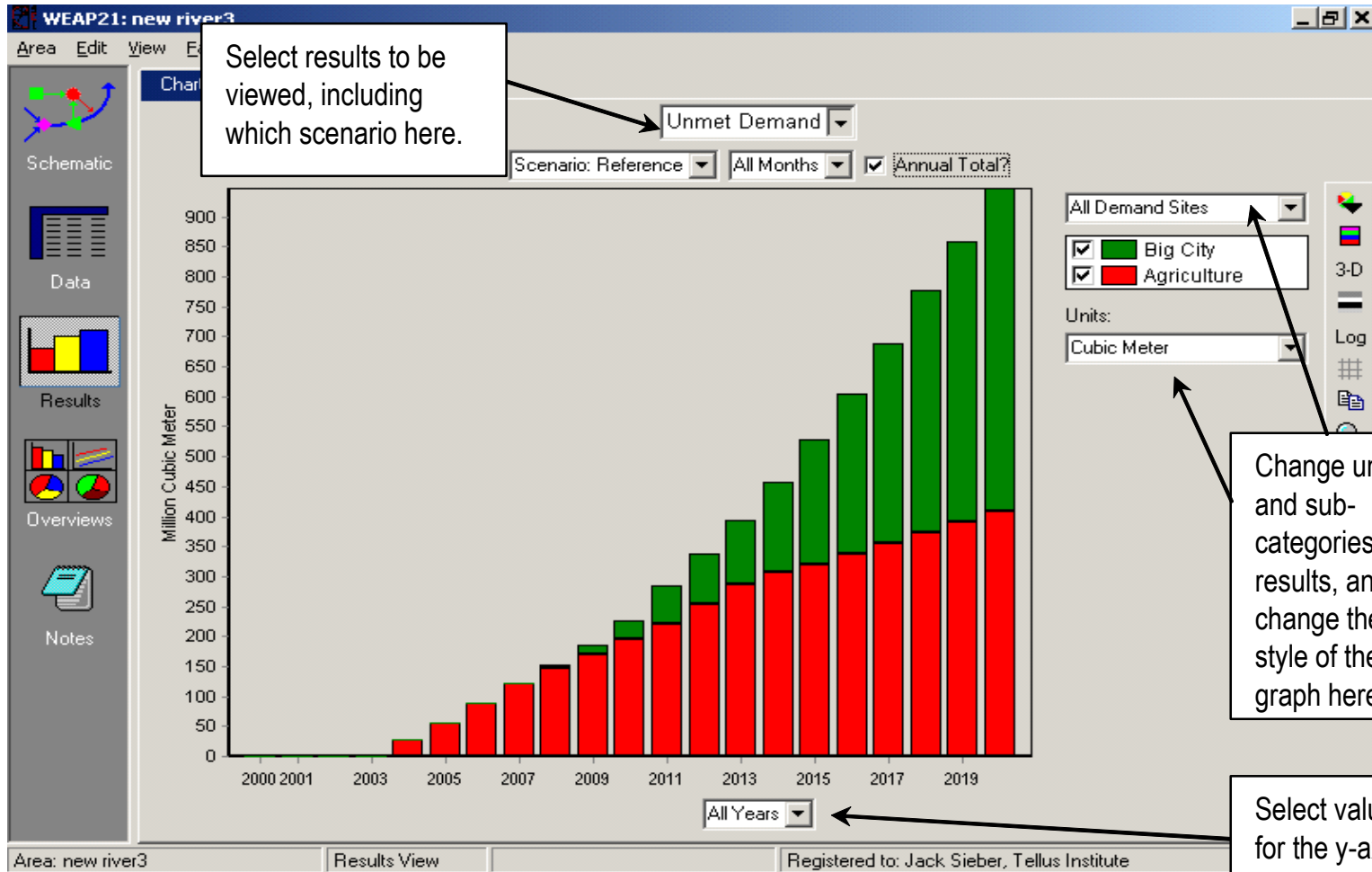
FOLSOM



SHASTA



Observando los resultados



Change units and sub-categories of results, and change the style of the graph here.

Select values for the y-axis here.



- El editor de escenarios se adapta perfectamente al análisis de escenarios, por ejemplo:
 - a) Hipótesis y escenarios de cambio climático
 - b) Hipótesis de demanda futura
 - c) Hipótesis de desarrollo de la cuenca en el futuro.

Licencias de WEAP

- Vaya a <www.weap21.org> y regístrese para una licencia nueva (gratuita para organismos gubernamentales, universidades y organizaciones sin ánimo de lucro en países en desarrollo)
- Registre WEAP en el menú de Ayuda y seleccione "Registrar WEAP".



Respuestas adaptativas por sistemas y sectores

- Agricultura y seguridad alimentaria, uso de la tierra y silvicultura
- Salud humana
- Abastecimiento de agua y saneamientos
- Asentamientos e infraestructura
- Economía: seguros, turismo, industria, transporte
- Género.



- Adopción de variedades/especies de mayor resistencia al choque térmico y a la sequía
- Modificación de las técnicas de riego
- Adopción de tecnologías de eficiencia hídrica para "cosechar" agua y retener la humedad del suelo
- Modificación de los calendarios de cultivo, es decir, las fechas o la ubicación de las actividades de cultivo
- Utilización de predicciones climáticas estacionales.



Adaptación de los recursos hídricos en la salud humana

- La malnutrición y la escasez de agua podrían ser las consecuencias sanitarias más importantes del cambio climático
- Las evaluaciones de impacto sobre la salud a menudo revelan oportunidades de incluir los efectos sanitarios de cualquier estrategia de adaptación en el sector del agua, como en el caso del saneamiento y del abastecimiento del agua.



Adaptación del abastecimiento de agua y saneamientos

- Construcción de nuevos depósitos de almacenamiento
- Uso de fuentes de agua alternativas, como aguas subterráneas o la desalinización
- Recogida de agua pluvial y reutilización controlada
- Uso de sistemas descentralizados.



Adaptación de los recursos hídricos en los asentamientos e infraestructuras

- Las soluciones de adaptación probablemente sean muy costosas en las zonas construidas. Debe estudiarse cuidadosamente la adaptación en el contexto de:
 - a) Asentamientos en lugares de alto riesgo, como las áreas costeras y ribereñas, debido a los daños ocasionados por crecidas y tempestades, y a la degradación de la calidad del agua por efecto de la intrusión salina
 - b) Asentamientos cuyas economías estén estrechamente vinculadas a actividades sensibles al clima y dependientes del agua, como la agricultura de regadío y el turismo acuático.
-



Ejemplos de adaptación - Suministro de agua

- Construcción / modificación de la **infraestructura** física:
 - a) Revestimiento de canales
 - b) Conductos cerrados en lugar de canales abiertos
 - c) Integración de depósitos independientes en un sistema único
 - d) Sistemas de suministro/plantas hidroeléctricas/depósitos
 - e) Elevación de la altura de los muros de embalses
 - f) Incremento del tamaño de los canales
 - g) Eliminación de sedimentos de depósitos para mayor espacio de almacenamiento
 - h) Transferencias de agua entre cuencas.
-



- Gestión **adaptativa** de los sistemas existentes de suministro de agua:
 - a) Cambio de las normas operativas
 - b) Uso de suministro combinado de aguas subterráneas/superficiales
 - c) Integración física del sistema de utilización de depósitos
 - d) Coordinación de la oferta / demanda



Ejemplos de adaptación – Suministro de agua (continuación)

- Política, conservación, eficacia y tecnología:
 - a) Doméstico:
 - Reutilización doméstica y municipal
 - Reparación de fugas
 - Recogida de agua pluvial para usos no potables
 - Dispositivos de caudal bajo
 - Sistemas de suministro dual (potable y no potable)
 - b) Agrícola:
 - Eficacia y distribución temporal del riego
 - Revestimiento de canales, conductos cerrados
 - Reutilización del drenaje, uso de efluentes de aguas residuales
 - Cultivos que consuman poca agua/posean alto valor
 - Sistemas de riego de aplicación precisa, bajo consumo energético, micropulverización, goteo
 - Cultivos tolerantes a la sal que puedan usar agua de drenaje



Ejemplos de adaptación – Suministro de agua

(continuación)

- Política, conservación, eficacia y tecnología (continuación):
 - a) Industrial:
 - Reciclaje y reutilización de agua
 - Ciclo cerrado y/o refrigeración de aire
 - Turbinas hidroeléctricas más eficaces
 - Piscinas de enfriamiento, torres húmedas y torres secas
 - b) Energía (hidroelectricidad):
 - Reutilización de depósitos
 - Cogeneración (uso beneficioso del calor residual)
 - Plantas hidroeléctricas y depósitos adicionales
 - Avance reducido de la hidroelectricidad fluvial
 - Transferencias a otras actividades impulsadas por el mercado/precios
 - Utilización del precio del agua para cambiar el uso de agua entre sectores.
-



EJEMPLOS REGIONALES



EL CARIBE

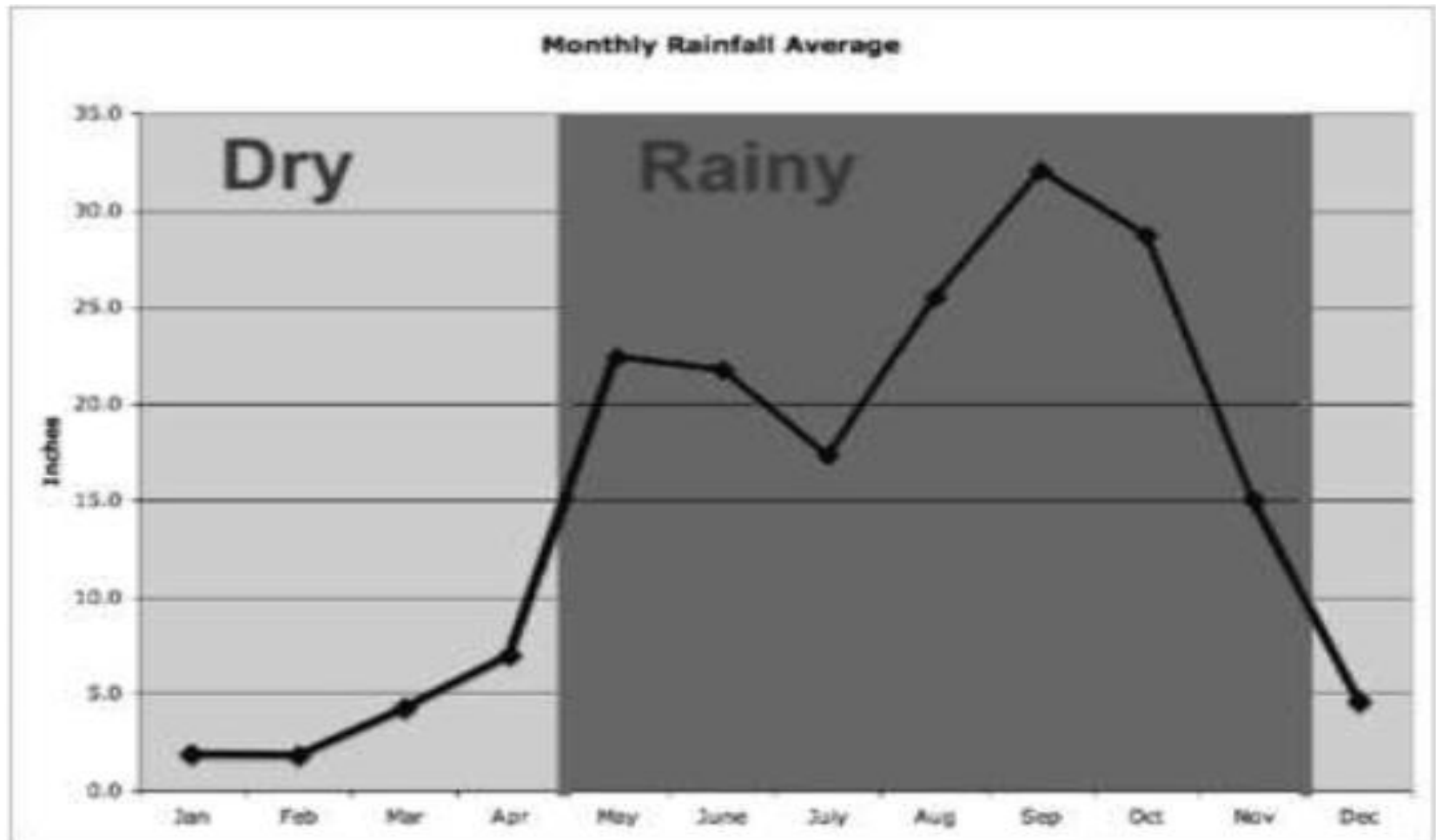


Vulnerabilidad al cambio climático

Country	Water source	Agriculture - usage	Climate Change vulnerability
Jamaica	Groundwater resources (84%) primarily from limestone aquifers Surface water (16%) 92% to (agriculture, tourism, domestic, industrial)	Irrigation (75% - 2000)	Drought Saline intrusion (coastal aquifers) – storms and sea level rise
Dominica	Surface water (rivers)	Rain fed (very little irrigation)	Turbidity – storms, drought
Antigua	Desalination (75% dry season vs 60% wet season) Groundwater, (20% dry season vs 15% wet season) Surface water (5% dry season vs 25% wet season)	Irrigation from surface water (20% of withdrawals)	Sea levels (water table high)



Valor de lluvias mensual medio en el Caribe



Ejemplos de variabilidad de la lluvia

Island	Rainy Season, Annual Rainfall mean (or range)	Percentage of Rain Occurring in Summer Rainy Season
Antigua and Barbuda	May–November	50%
Barbados	June–November	
Belize	May–November (1500-3800 mm/year- depending on location. The south is wetter)	60%
Dominica	June–November	
Jamaica	May–November (1270-5080mm/annum – Northeast and northwest are the wettest. Southern coastal fringes are driest)	Up to 70%
Grenada	June–December (750-1400mm/year)	About 75%



Impactos de las sequías recientes en una selección de Estados caribeños

Country	Date	Impact
Guyana	2009/2010	Up to 35% of rice fields left uncultivated. US\$1.3 million spent to operate irrigation pumps (US\$16,000/day). About 150 acres irrigated with salt water in desperation. In 2010 alone over 100,000 acres experienced water stress prompting government investment of over US\$30 million
Trinidad	Jan–May 1987	Over 10,000 acres of natural forest burned resulting in severe crop losses at a mean of US\$500,000/year
Dominica	2010	Banana export fell 43% below normal
St Vincent & Grenadines	2010	Crop production reduced to 20% of normal
Antigua and Barbuda	2010	Loss of 25% of onion crop, 30% of tomato crop estimated at 250,000 kg
Jamaica	1996 and 1998	Severe loss of sugar crop, caused government US\$100 million in compensation
	1999–2000	Rainfall fell to 255 of mean resulting in crop losses of over US\$6 million.



Cambios proyectados de las lluvias en el Caribe

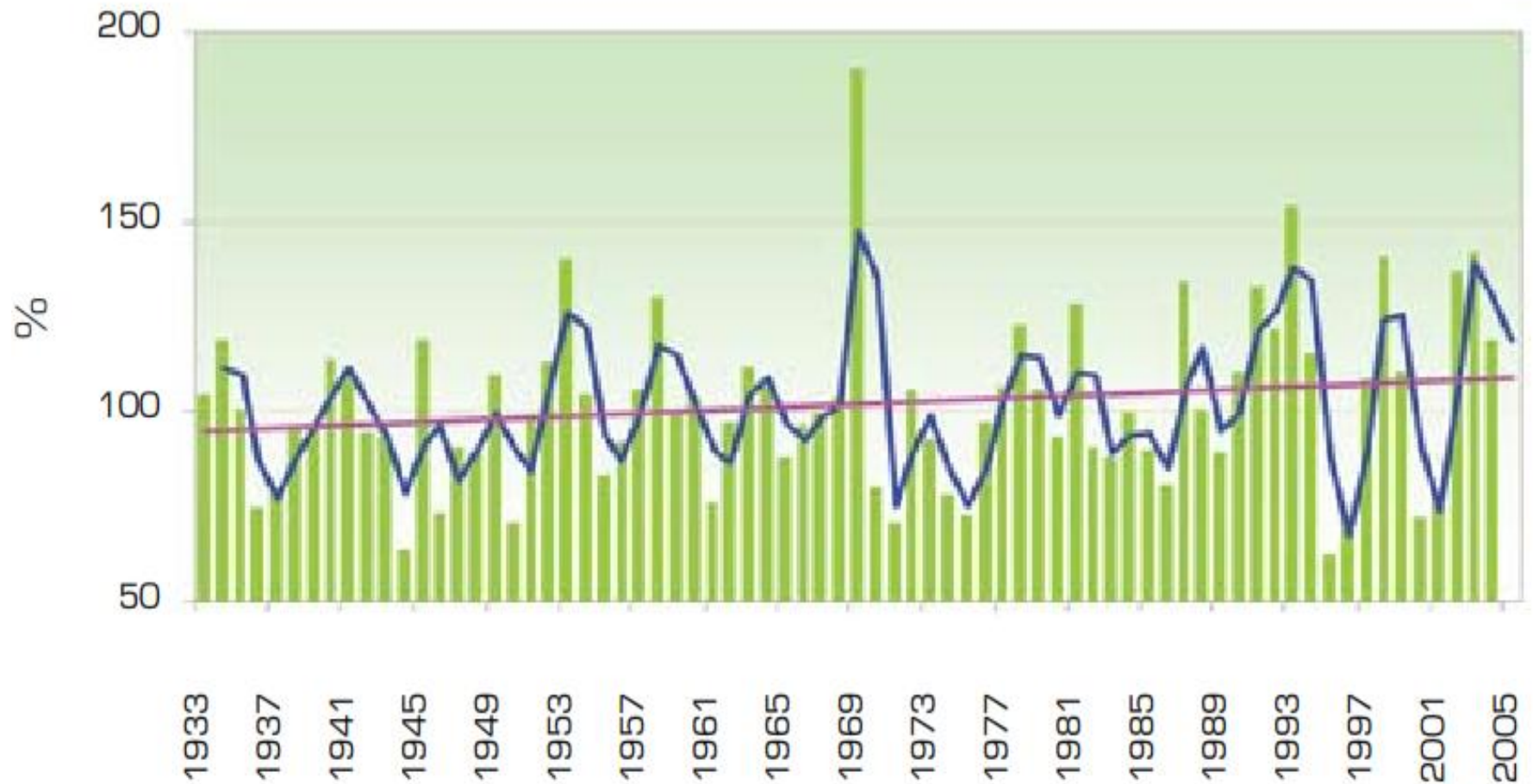
Countries			Projected changes by the 2030s			Projected changes by the 2060s		
			Precipitation					
				Change in mm month ⁻¹			Change in mm month ⁻¹	
		Min	Median	Max	Min	Median	Max	
Antigua and Barbuda	Annual	A2	-8	-2	7	-12	-3	8
		B1	-9	-1	4	-15	-1	6
	SON	A2	-17	0	31	-27	-4	22
		B1	-9	2	11	-20	-2	15
	% total	A2	****	****	****	-13	-1	9
		B1	****	****	****	-19	0	5
Barbados	Annual	A2	-22	-8	9	-32	-9	15
		B1	-23	-3	20	-29	-2	6
	SON	A2	-25	-6	25	-38	-9	16
		B1	-27	-2	27	-35	0	13
	% total	A2	****	****	****	-8	0	4
		B1	****	****	****	-7	0	11
Belize	Annual	A2	-22	-7	13	-47	-12	10
		B1	-21	-3	15	-40	-5	13
	ASO	A2	-68	-2	54	-34	0	60
		B1	-34	-2	50	-51	-3	28
	% total	A2	****	****	****	-15	0	6



EUROPA ORIENTAL



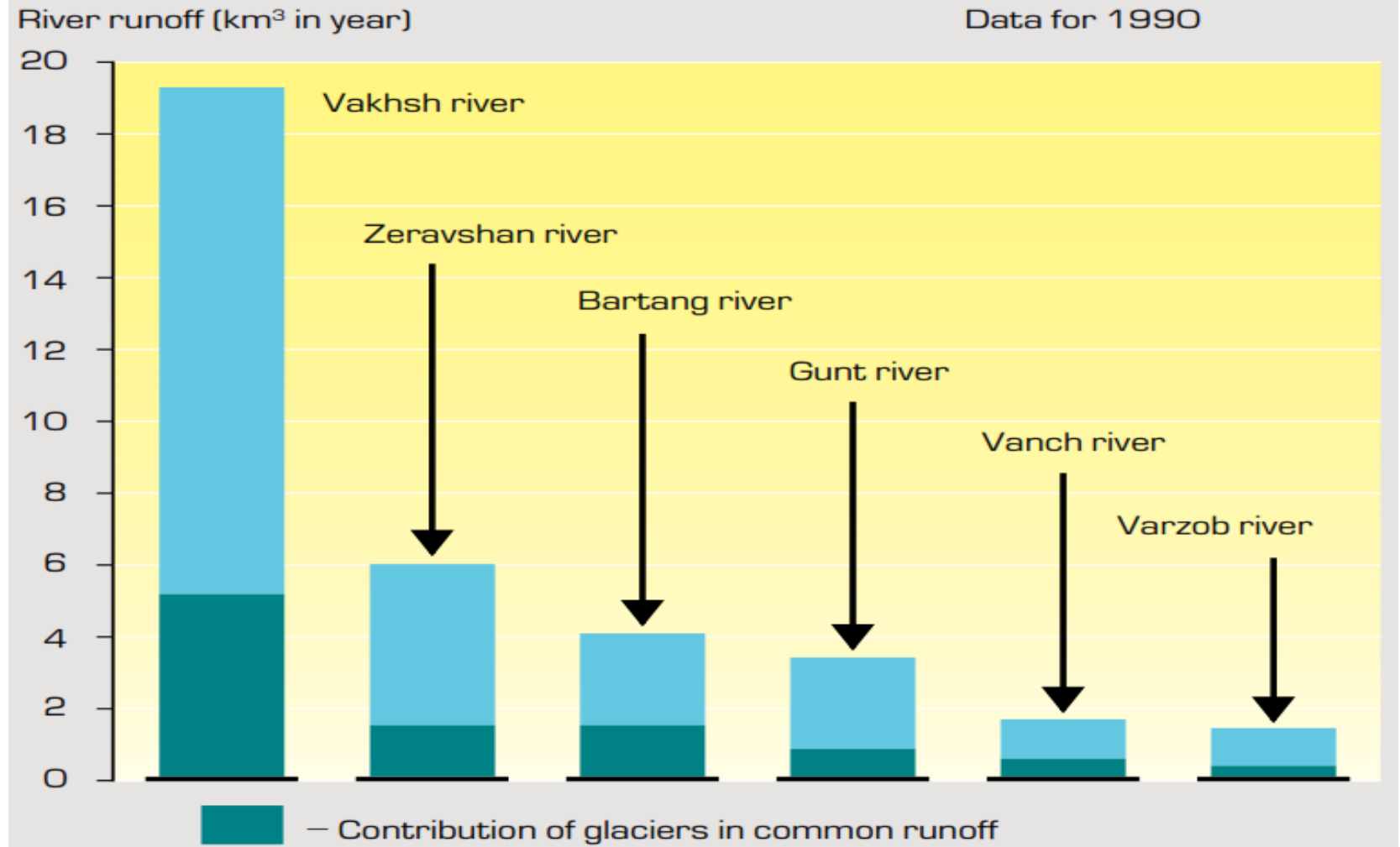
Cambios en la precipitación anual en Uzbekistán



Fuente: Banco Euroasiático de Desarrollo. 2009: The Impact of Climate Change on Water Resources in Central Asia



Aportación de los glaciales a la escorrentía de los principales ríos



Fuente: Banco Euroasiático de Desarrollo. 2009: The Impact of Climate Change on Water Resources in Central Asia



Retos de la disminución del caudal fluvial del Amu Daria

Hidrograma en el tramo superior del río Amu Daria (Panji)



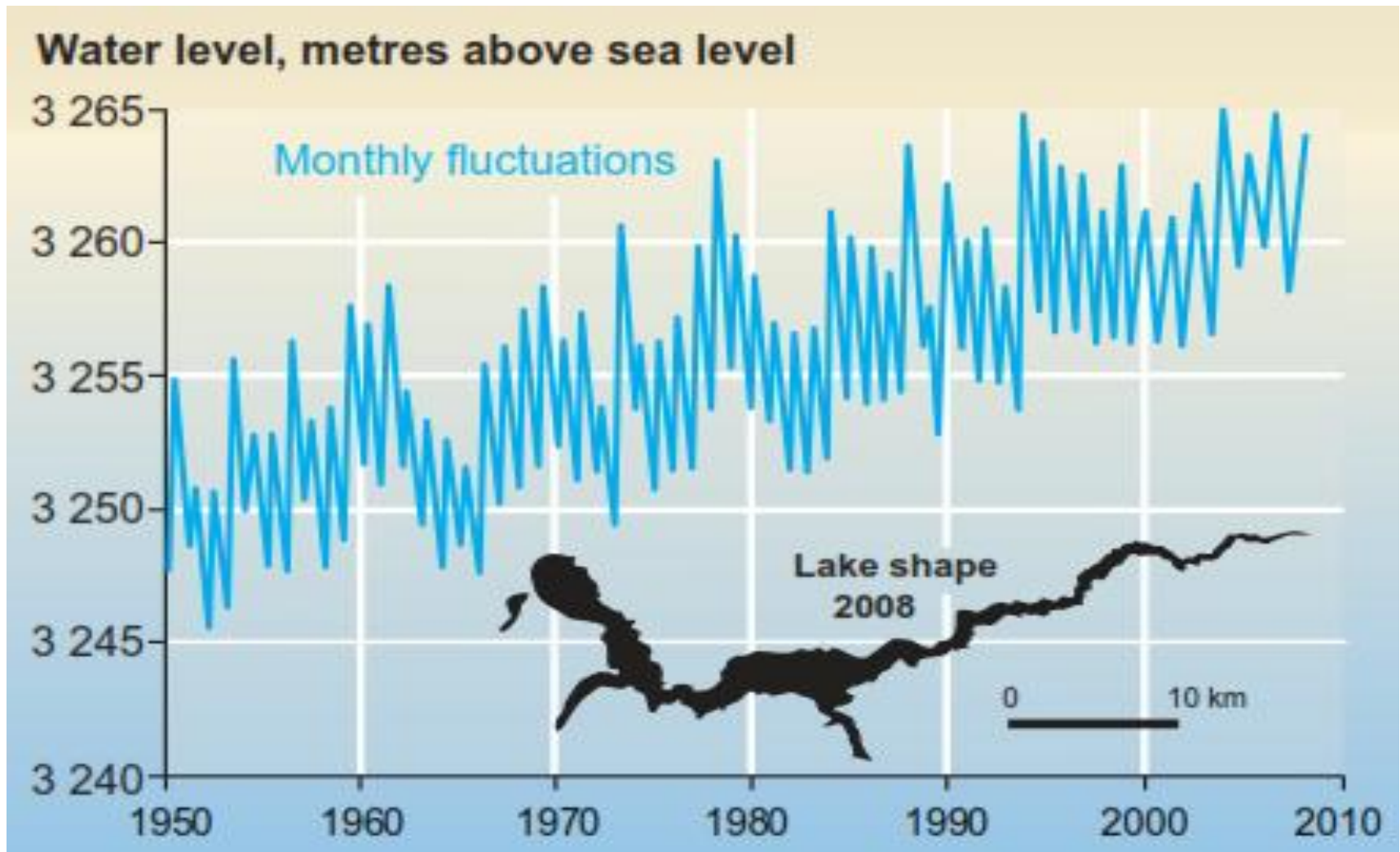
Hidrograma en el tramo inferior del río Amu Daria en Nukus



Fuente: PNUMA. 2011: Environment and Security in the Amu Darya Basin



Fluctuaciones de nivel del lago Sarez





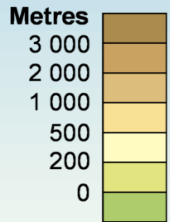
Fuente: Segunda comunicación nacional de Tayikistán, 2008



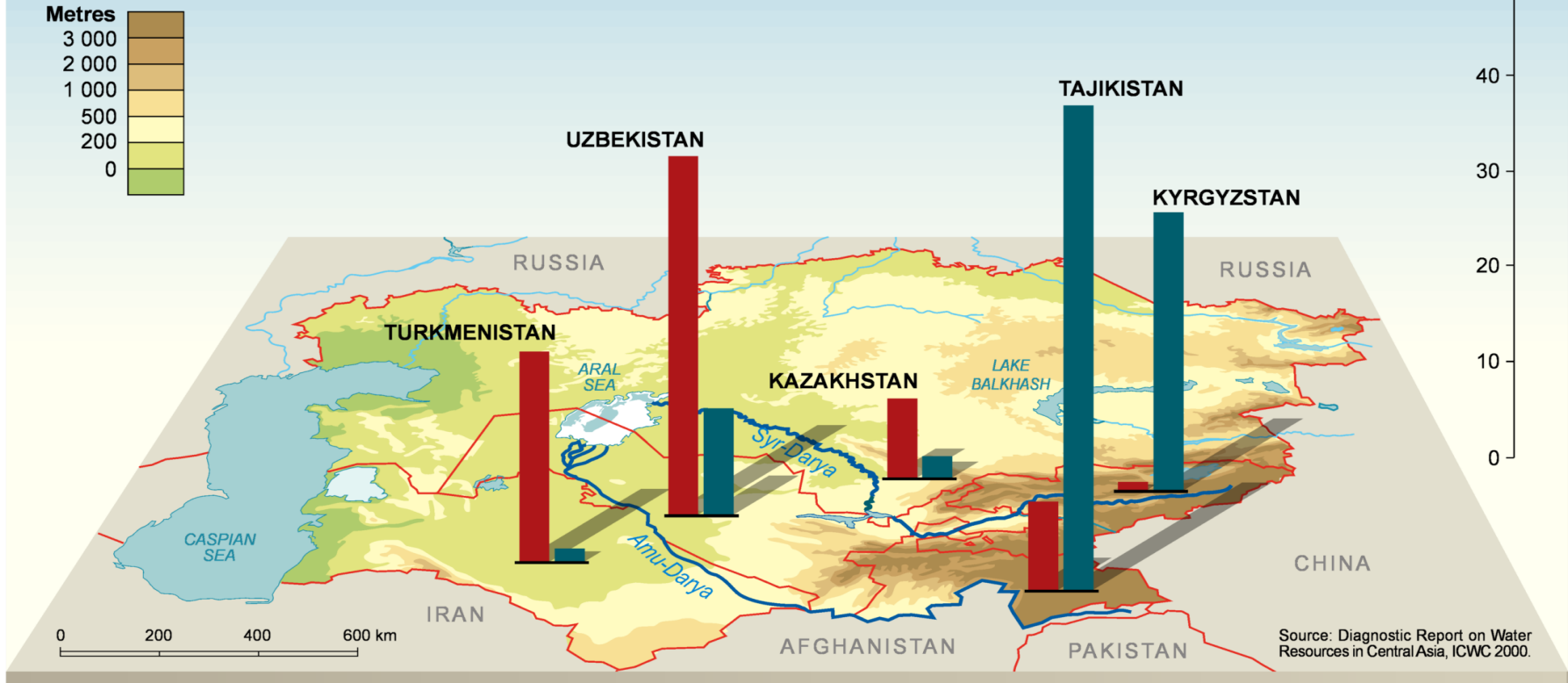
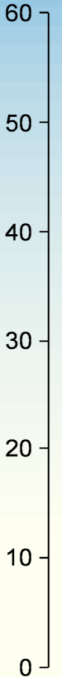
Retos de la gestión transfronteriza de agua

Water withdrawal and availability in the Aral Sea basin

-  **Flow generation:** water available in the country from rainfall and glacier melt
-  **Water abstraction:** withdrawal from surface water sources (rivers, canals and lakes)



km³ per year



Source: Diagnostic Report on Water Resources in Central Asia, ICWC 2000.

THE MAP DOES NOT IMPLY THE EXPRESSION OF ANY OPINION ON THE PART OF THE AGENCIES CONCERNING THE LEGAL STATUS OF ANY COUNTRY, TERRITORY, CITY OR AREA OF ITS AUTHORITY, OR DELINEATION OF ITS FRONTIERS AND BOUNDARIES.

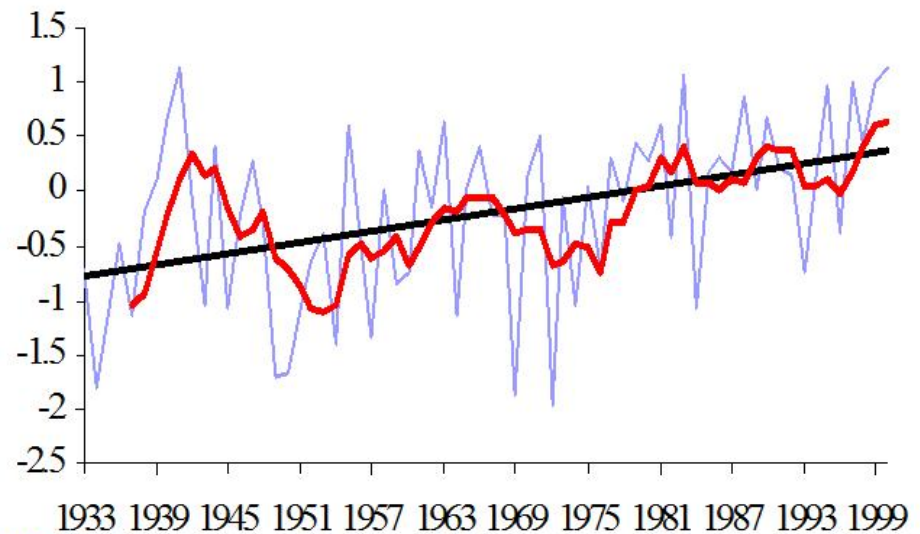
MAP BY VIKTOR NOVIKOV AND PHILIPPE REKACEWICZ - UNEP/GRID-ARENDAL - APRIL 2005

Fuente: PNUMA/GRID ARENDAL, abril de 2005



Variabilidad y cambios de temperaturas en Uzbekistán

An air temperature rise will intensify the process of ice degradation and ice reserve reduction in mountain rivers



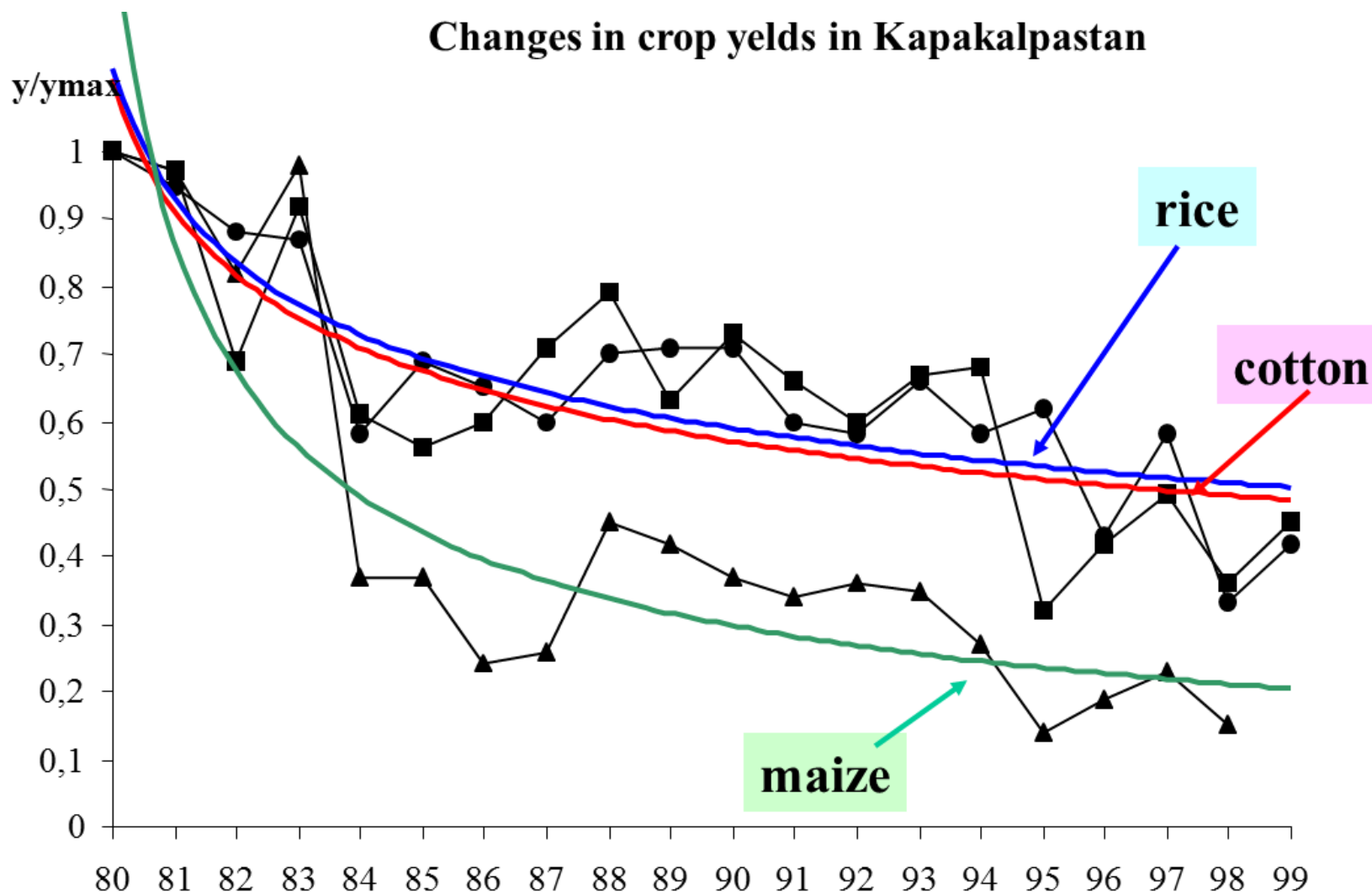
**Observation data for 1968-1998 shows that the Abramov Glacier has lost 21 m of its mass in water equivalent (18% of mass)
To 2020 is expected to lose additional 17% of its ice**



Cambios en el rendimiento de los cultivos en Kapakalpastan

Changes in crop yields in Kapakalpastan

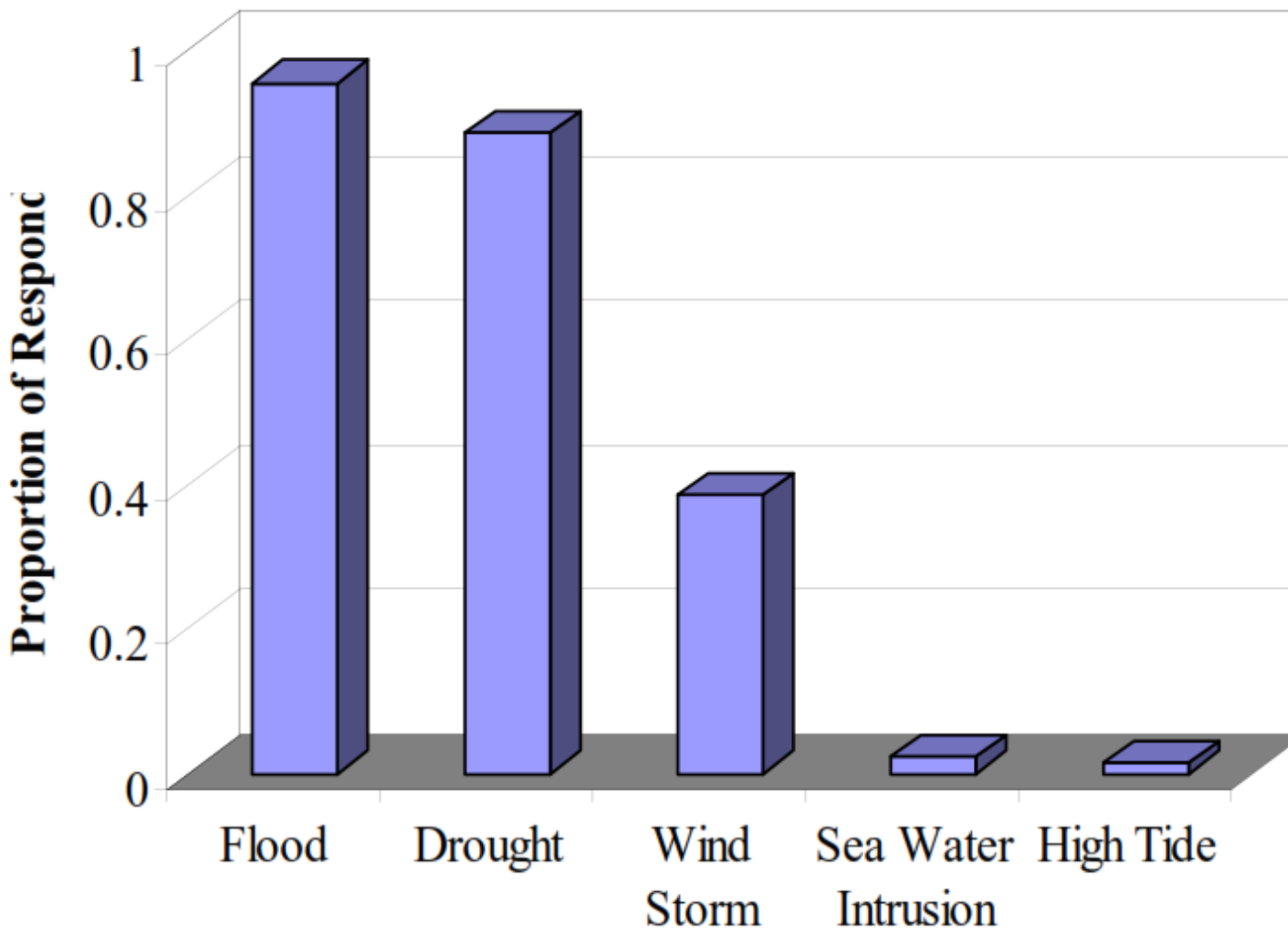
Ratio of yield in a certain year to maximum yield



ASIA



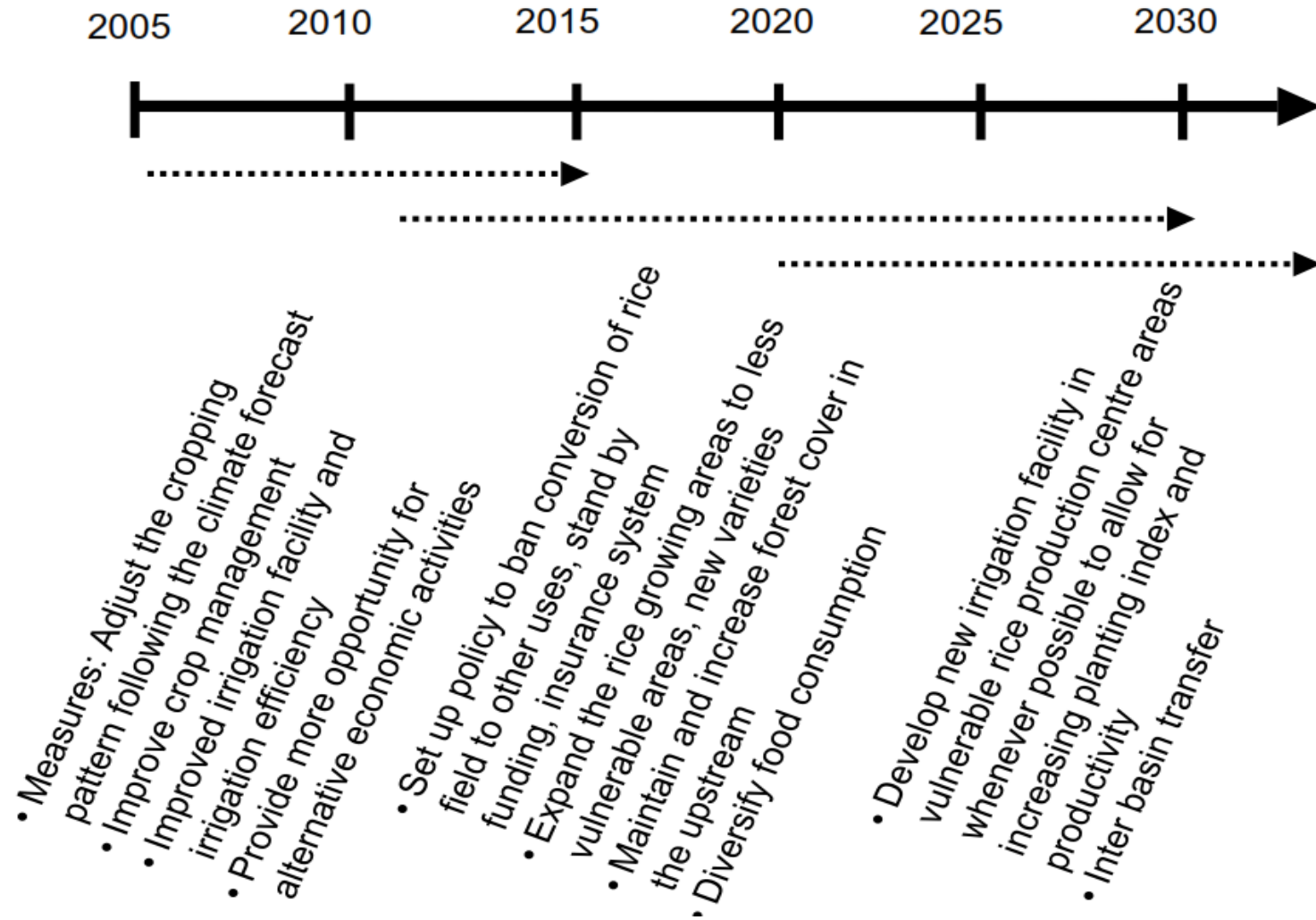
Riesgos naturales que afectan a las personas encuestadas en Camboya



Fuente: Thou C. C. (2009)



Horizonte de planificación para el plan de adaptación de Camboya



Fuente: Thou C. C. (2009): Climate change impacts on water environment and adaptation option in Cambodia

