

Metodología para la generación y evaluación de políticas de operación en sistemas de recursos hidráulicos.

Presentada por:
Dra. Alba Nélide García Beltrán

Marco teórico

La presentación del agua en la naturaleza:

(Ciclo Hidrológico y procesos relacionados)

-V (L, Q, K, B, O, ...)

-Aleatoriedad del fenómeno.

+ **Oferta natural del recurso.**

Renovable, pero vulnerable.

El agua es necesaria para la actividad humana

Usos y objetivos múltiples

-V'(L', Q', K', B', O', ...)

-Menor aleatoriedad (muchas veces se desprecia)

+ **Demanda**

Actuaciones

Mientras V supere a V' en todas sus componentes, no es necesaria ninguna actuación para el uso.

Aunque podría serlo para corregir efectos derivados

Si $V < V'$ es necesaria una adecuación entre "oferta" y "demanda".

Actuaciones

INGENIERÍA DE RECURSOS HIDRÁULICOS

ALGUNOS ASPECTOS DE LA REALIDAD:

- ❑ Los problemas y soluciones que se adopten **AFFECTAN A TODA LA SOCIEDAD ACTUAL Y FUTURA:**
- ❑ **GRUPOS DE INTERÉS** implicados en los problemas y sus soluciones:
 - ADMINISTRACIONES CENTRALES Y ESTATALES
 - ORGANISMOS DE CUENCA, P. POLÍTICOS
 - OTRAS ORGANIZACIONES, PÚBLICO EN GENERAL
- ❑ **Políticos, usuarios y público no están preparados para producir y entender toda la información necesaria**
 - se necesita transferencia de tecnología desde los científicos
 - transferencia efectiva:
- ❑ E.T.D. han de ser capaces de aplicar la tecnología fácilmente y de forma repetible y científicamente defendible
- ❑ No es tarea fácil:
 - Muchos aspectos (p.e. físicos, hidrológicos, químicos, biológicos, socioeconómicos, institucionales, legales, etc.)
 - se espera que todos estén integrados en el análisis

HERRAMIENTAS PARA GESTIÓN INTEGRADA DE CUENCAS

- Modelos (tradicional)
- Esfuerzo adicional para hacerlos asequibles a los ETD:
 - Mejores y más amigables
 - Capaces de incluir a la mayor parte de los componentes de sistemas complejos de recursos hidráulicos
 - estimar los efectos de las alternativas de gestión sobre todos los criterios de interés

Las herramientas permiten tener en cuenta:

Incertidumbres

Usos

Recursos

Evolución

.....

Cambio climático

Sociedad

Riesgos

- Técnicas de teledetección
- sistemas de monitoreo automático
- técnicas geoestadísticas
- sistemas de simulación de recursos hidráulicos, etc.



- **Datos de partida de mayor calidad**
- **Transparencia en procesos de obtención y elaboración**

GIRH

El agua **recurso** finito e **indispensable**

La necesidad decisiones **Gestión**
Integral de los Recursos Hídricos:
Definición:

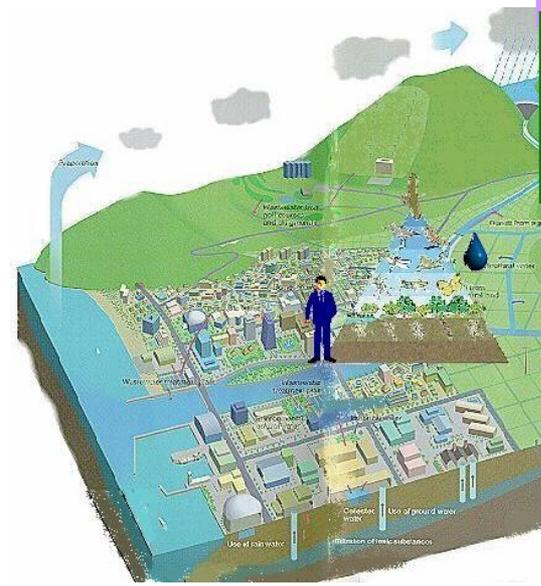
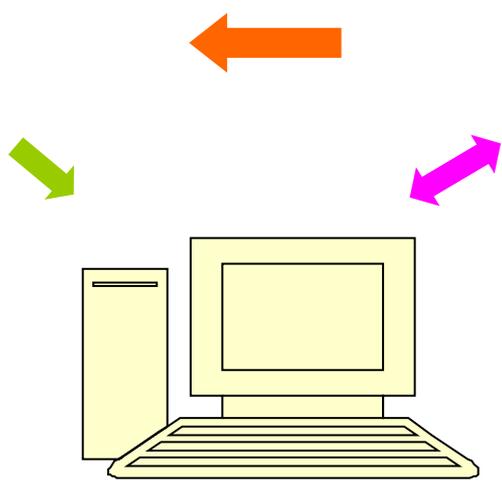
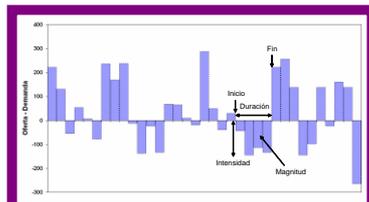
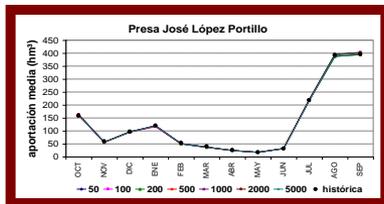
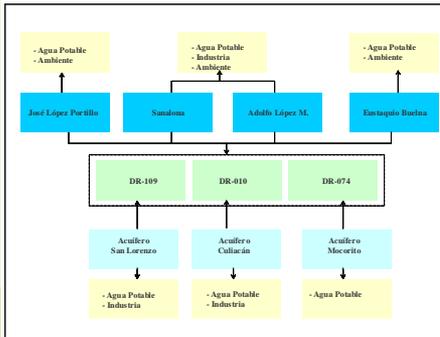
“es un proceso que promueve el **manejo** y desarrollo coordinado del **agua, la tierra y los recursos relacionados**, con el fin de maximizar el **bienestar social y económico** resultante de manera equitativa sin comprometer la sustentabilidad de los ecosistemas vitales”



Instrumento fundamental GIRH: la planificación
hidrológica: principios en

Acciones concretas: sistemas de abastecimiento, reglas de
operación (RO)

El objetivo de éstas RO es obtener un **mejor aprovechamiento** de los recursos de una cuenca mitigando efectos de sequías y crecidas



Demanda agrícola ~70% (mundial)

Planteamiento del Problema

Existe una **variabilidad natural** del clima que se manifiesta con periodos de **aportaciones bajas** en los que no es posible **abastecer** en su **totalidad la demanda** objetivo de un sistema de recursos hídricos

Uno de los problemas a los que se enfrentan la **optimización**, simulación y **evaluación** de la GRH es la determinación de series de caudales

- ❑ ¿**porcentaje** de la **demanda** se abastece?
- ❑ ¿en función de que **indicador** se establece?
- ❑ ¿de que manera se distribuye **temporal y espacialmente** para minimizar los efectos?

➡ **las pérdidas económicas por déficit no son lineales.**

Objetivo general

Desarrollar una metodología para el **diseño y evaluación** de **reglas de operación** de sistemas de RH, **con restricción a la demanda**

Estas políticas de operación van dirigidas a la **toma de decisiones al inicio de cada campaña agrícola** sobre el volumen de agua que se va a **garantizar** durante la misma, de acuerdo con el esquema operativo utilizado en México, no obstante puede ser aplicado en cualquier otro SRH

Revisión de RO con restricción

1962) Blair T. *et al*

1971) Fiering *et al*

1981) Loucks *et al*

1990) M. Bayazit y N.E. Ünäl : Análisis ejemplo académico

1994-1995) Jhih-Shyang Shih y Charles Revelle: ejercicio para 1 embalse, 1 serie de aportación

1994) Wagner *et al* : metodología para el diseño de políticas de 3 tipos de políticas (caso real de 1 embalse)

2001) Sánchez *et al* : metodología operación con estimación de riesgo

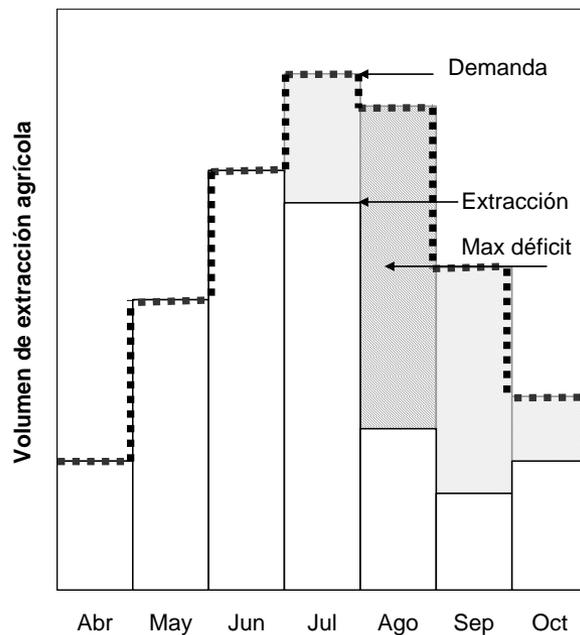
2003) Solera: Regla de operación para 2 embalses: (Vo)

2003) Ming-Yen Tu *et al* : dos embalses, 1 serie de datos (Vo)

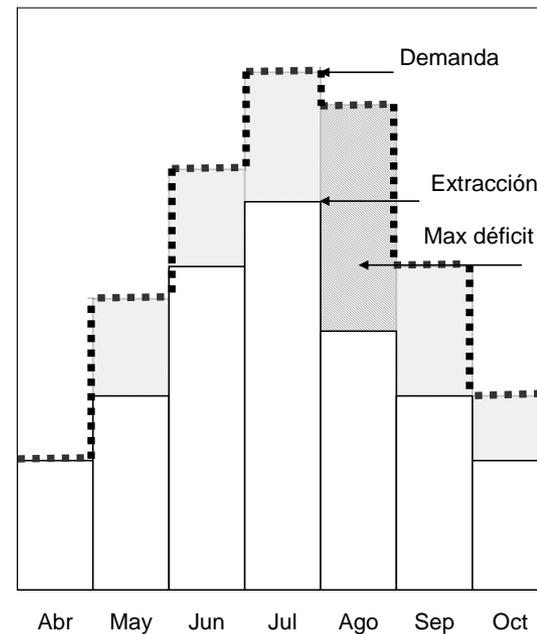
2005) Shiau *et al* : 2 embalses, utiliza deciles mensuales de caudales

Revisión de RO con restricción

1962) Blair T, Bower, Maynard M. Hushmidt y William W. Reedy



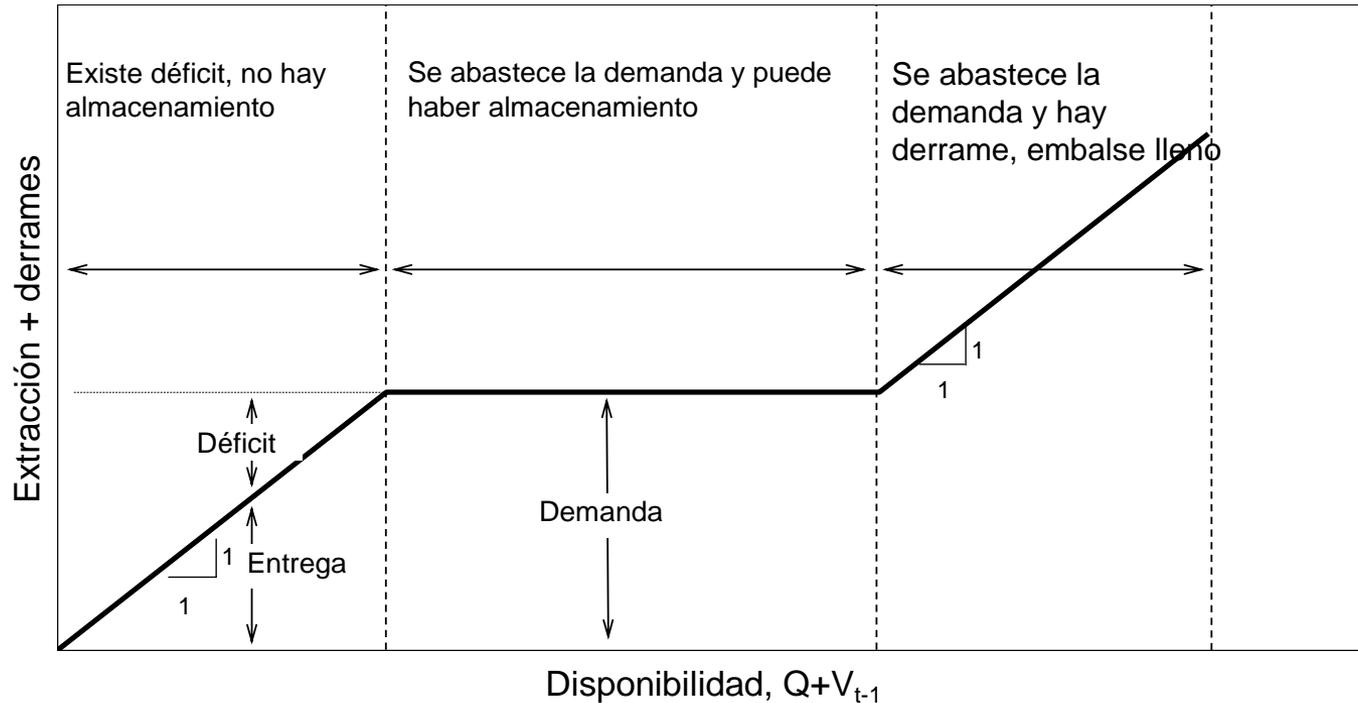
a) Sin restricción



b) Con restricción

Revisión de RO con restricción

1971) Fiering et al



1 embalse

Modelo de optimización

Periodo de optimización
Volúmenes Objetivo
Influencia de la condición inicial
Volumen mínimo garantizado
Niveles de restricción

Disponibilidad vs suministros óptimos
 $f(Vo_t), f(Vo+Q_{t-1}), f(Vo_t+Q_t)$

Delineación de RO
 $f(Vo_t), f(Vo_t+Q_{t-1}), f(Vo_t+Q_t)$

Modelo de Simulación

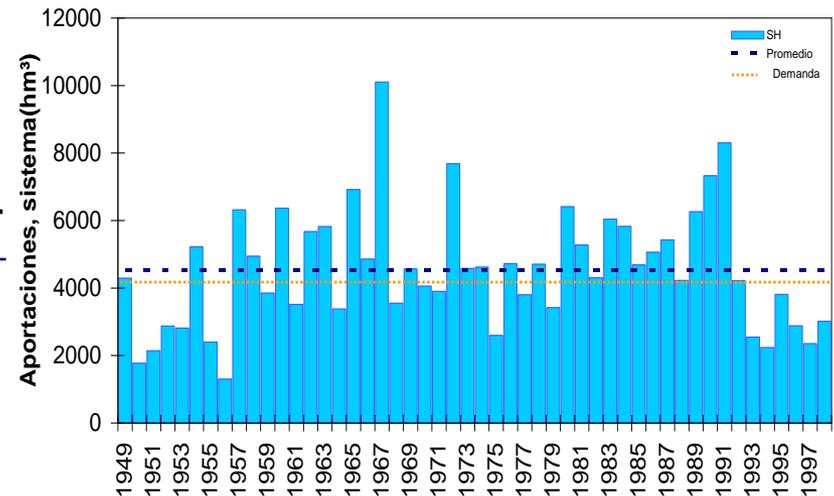
Ajuste de parámetros de las RO
 $f(Vo_t), f(Vo_t+Q_{t-1}), f(Vo_t+Q_t)$

Selección y evaluación del tipo RO

Periodo de anticipación
 $f(Vo_t, \text{características sequía})$

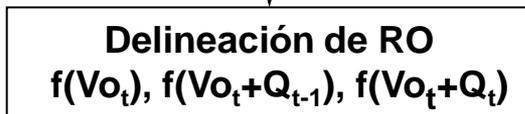
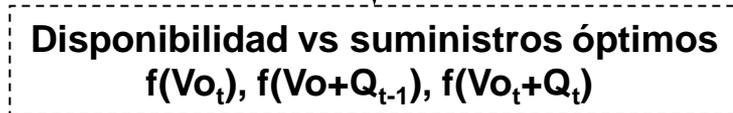
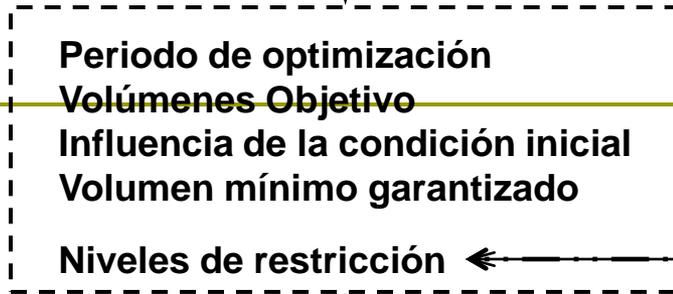
Sequías hidrológicas

Aportaciones Históricas

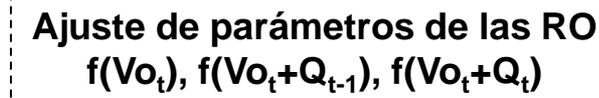


Modelo de optimización

Metodología propuesta



Modelo de Simulación



Sequías hidrológicas

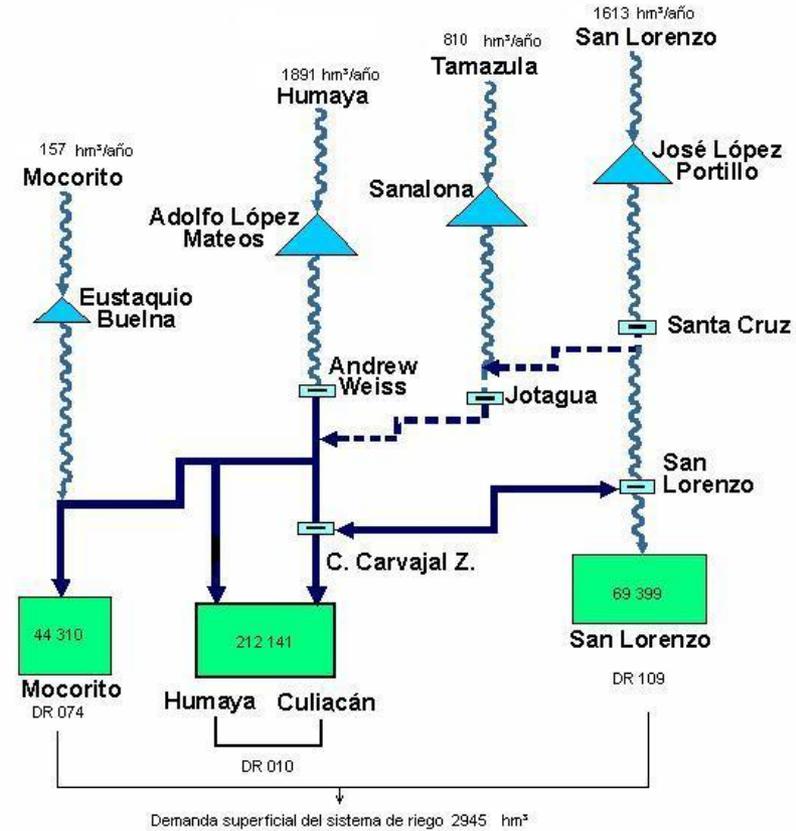
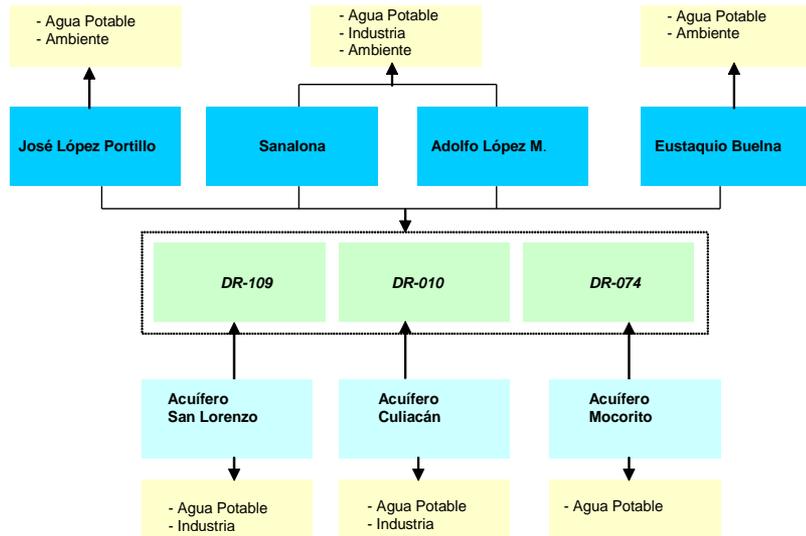
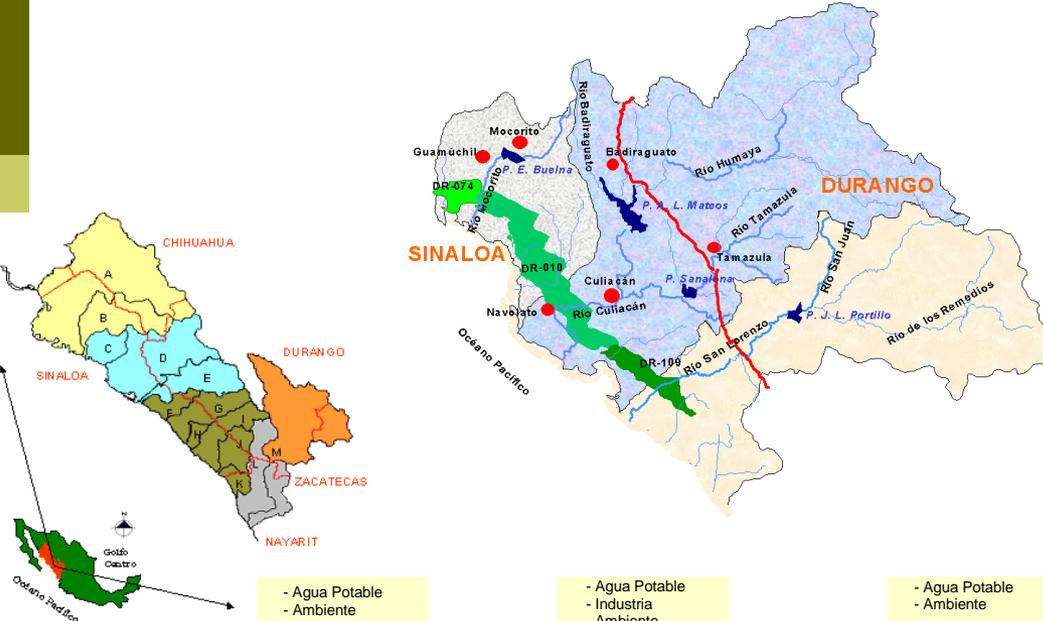
Aportaciones Históricas

Modelo de generación de series sintéticas

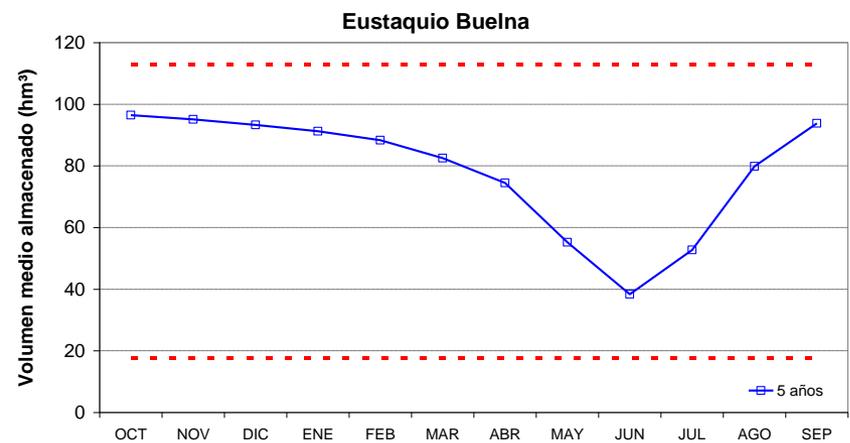
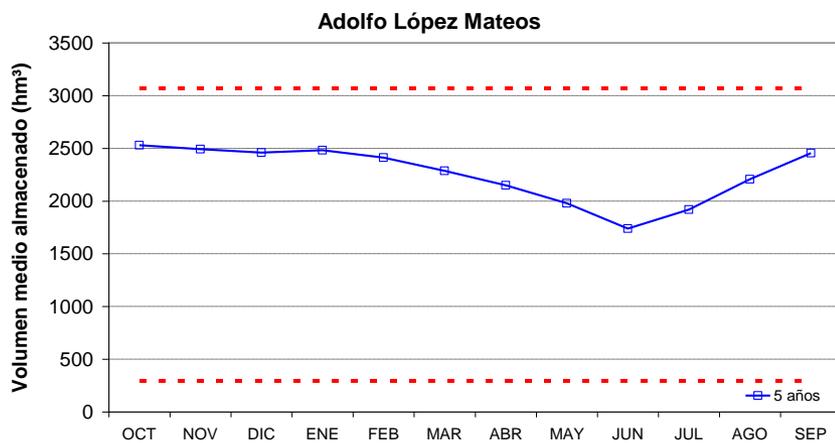
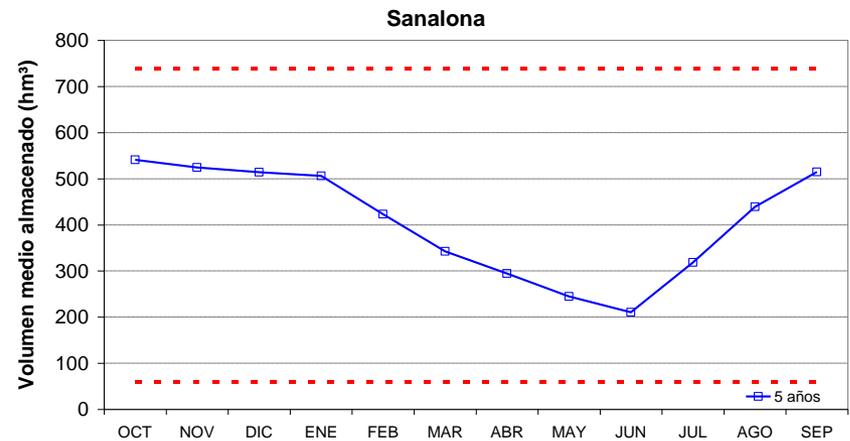
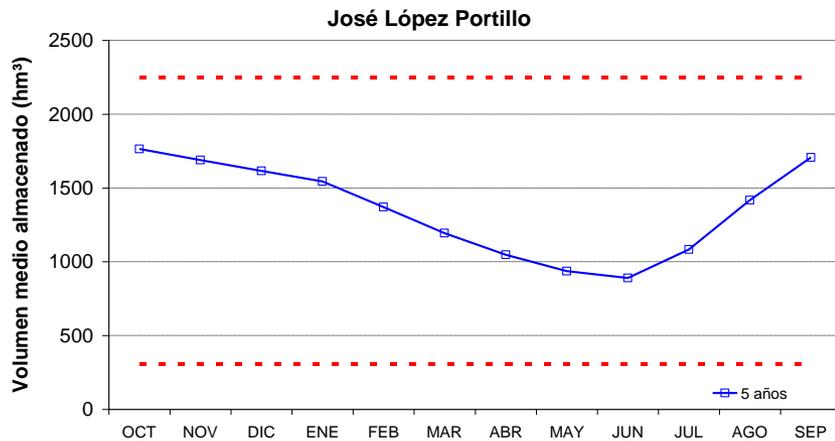
Series Largas
L=registro histórico

Caracterización y selección de sequías

Caso de estudio

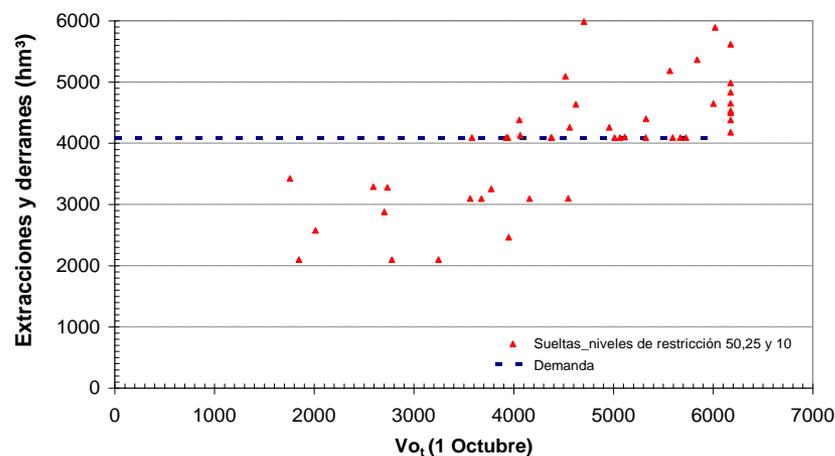


Periodo de optimización – Volúmenes objetivo



Determinación de los niveles de restricción

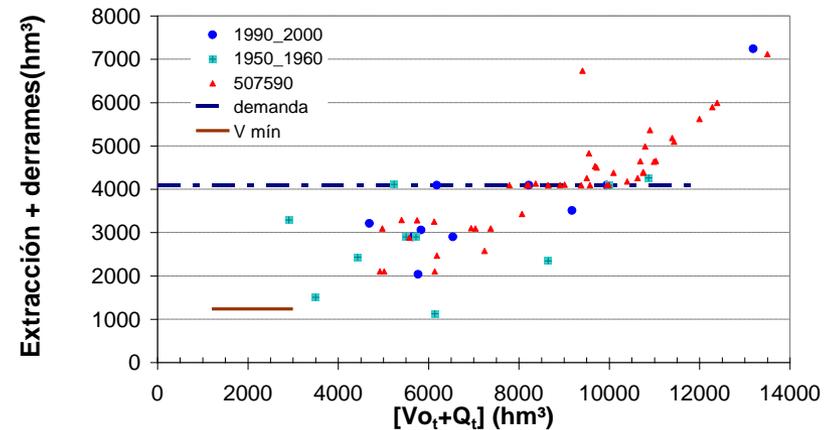
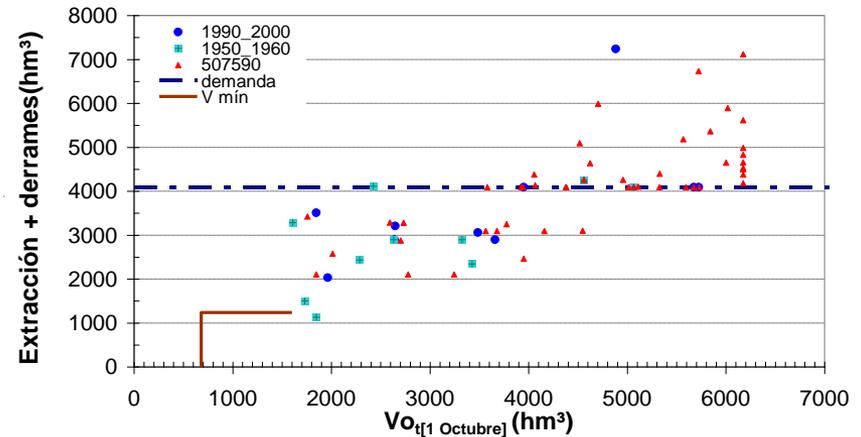
- Se define el nivel restricción máxima
- Los niveles restantes se definen simultáneamente. Se busca el evitar fallos para las restricciones más severas y mantener los niveles de déficit durante el ciclo agrícola
- Se verifica la selección de escalones, utilizando series sintéticas
- Se grafican los resultados de las extracciones en función de indicadores a utilizar.



Utilización de sequías históricas para determinar niveles de restricción

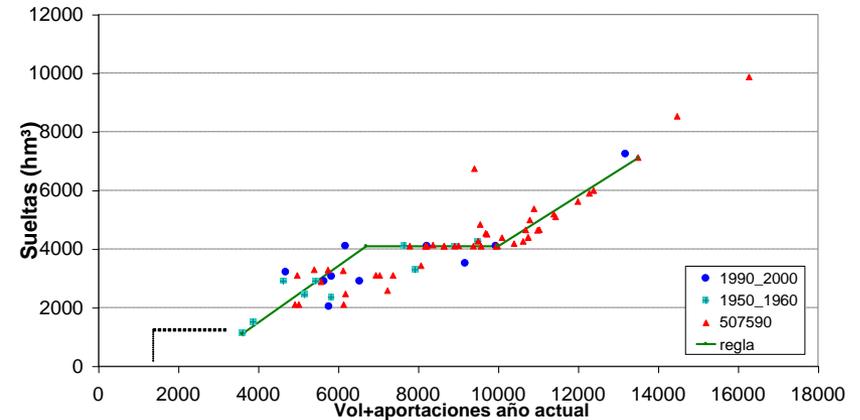
En la serie histórica se **identifican 2 periodos secos** y estos se utilizan para determinar la parte baja de la regla de gestión

Se determina el volumen seguro a extraer en el sistema

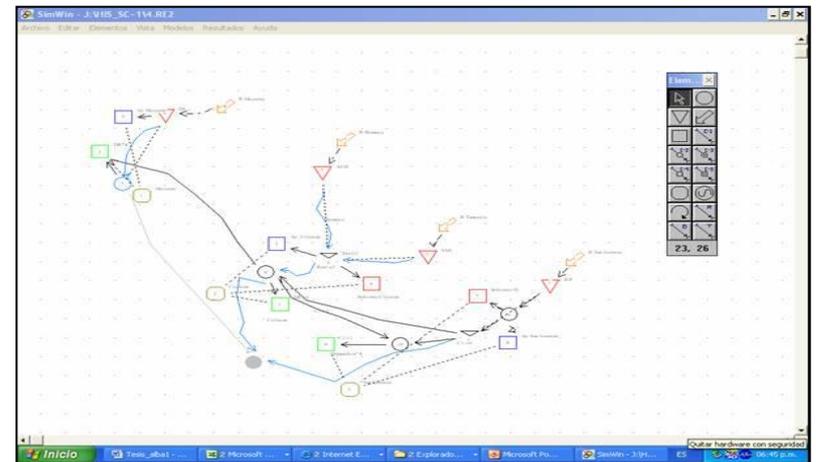


Determinación de la regla de operación

- **Delinear una regla de operación continua**

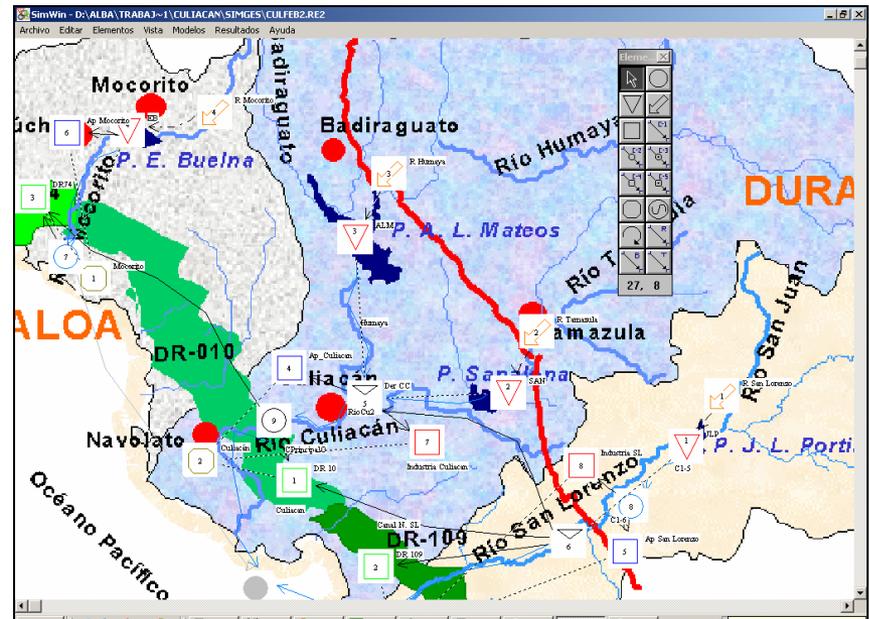


- **Revisar la regla de operación mediante un modelo de simulación (SimGes)**



Determinación de la regla de gestión

- Para la aplicación de las **RO que toman en cuenta las aportaciones**
- **Se desarrolló una rutina que lee los archivos de aportaciones y volúmenes iniciales, procesa estos resultados para determinar la restricción y ejecuta SimGes de manera secuencial.**



Modelo de simulación

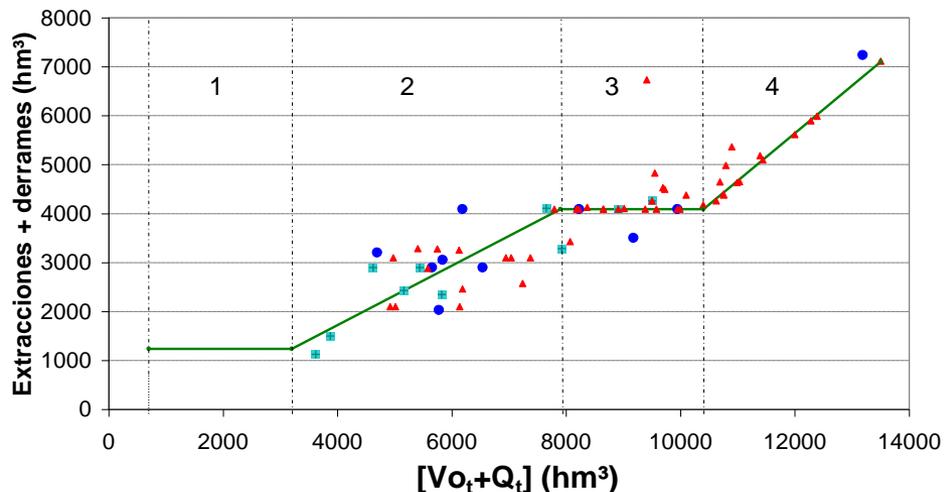
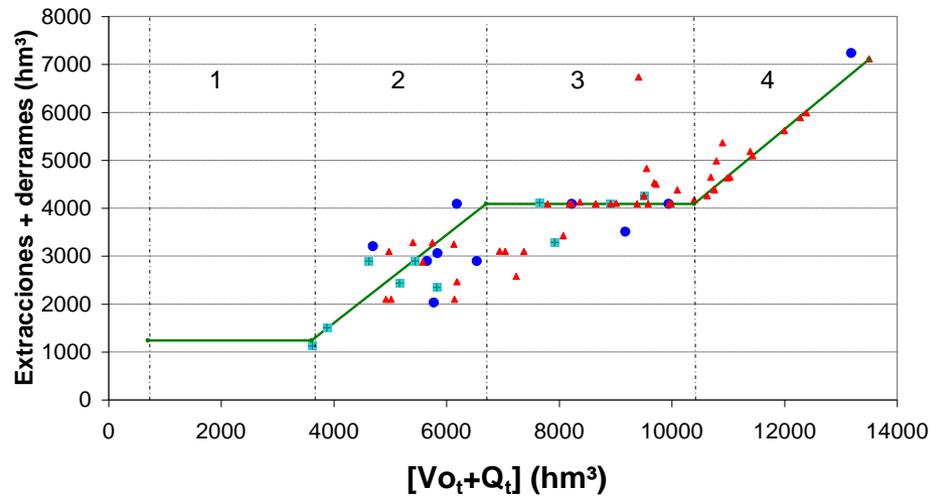
Ajuste de la regla de gestión

1. Suministro garantizado a usos prioritarios: abastecimiento urbano y cultivos perennes, etc.,

2. Restricción a uso agrícola: no es posible abastecer la demanda de riego en su totalidad y se establece una restricción

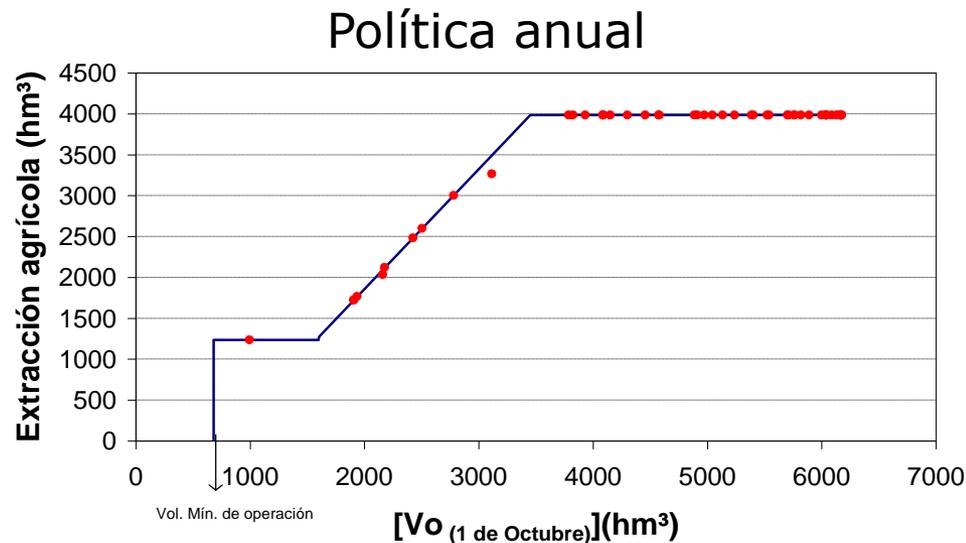
3. Suministro garantizado a todos los usos

4. Demandas satisfechas y derrames



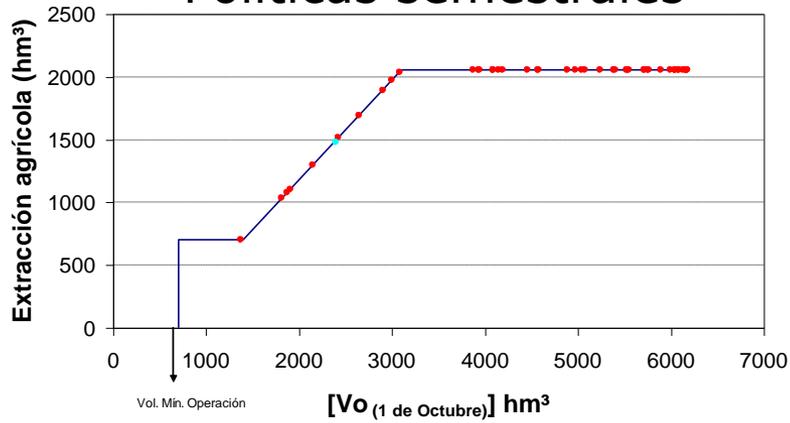
Políticas de Operación con restricción a la demanda

- **Se simula** la gestión del SRH con SimGes
- Proceso y **análisis de resultados**: No. Fallos, magnitud en% de la demanda, duración en meses...
- **Reajustan los parámetros** de la regla de operación

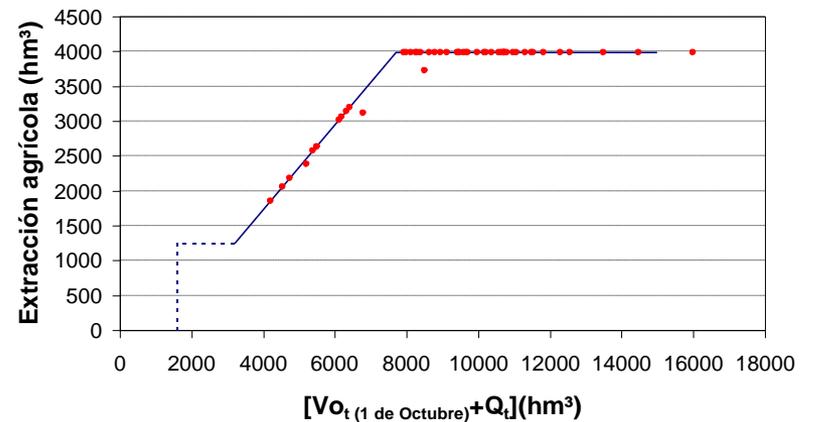
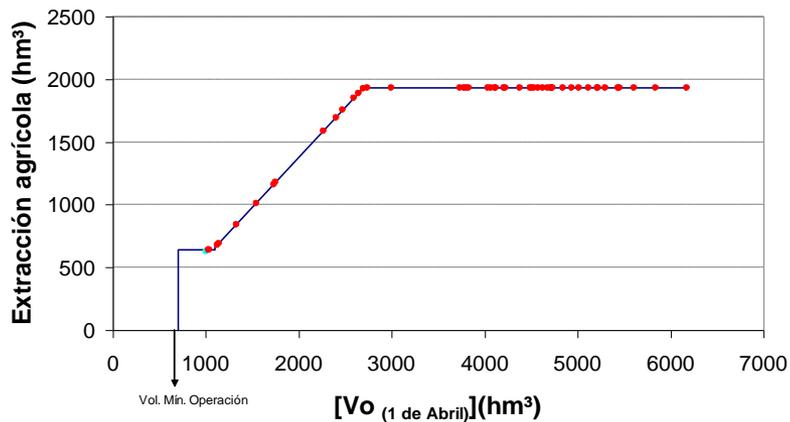
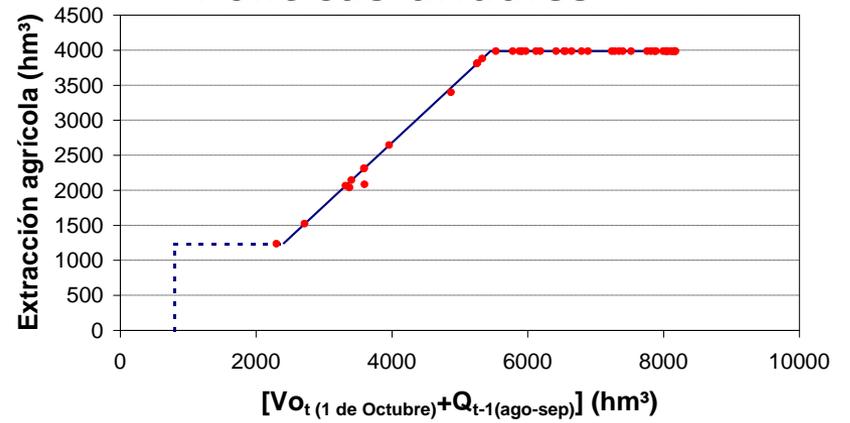


Resultados

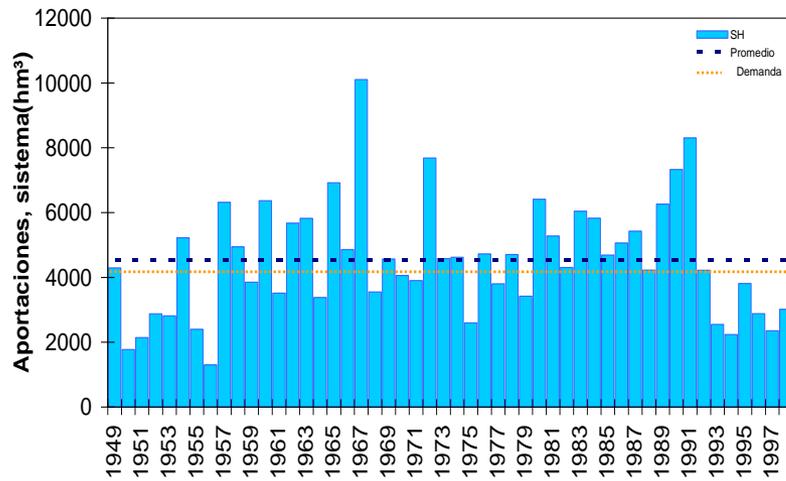
Políticas semestrales



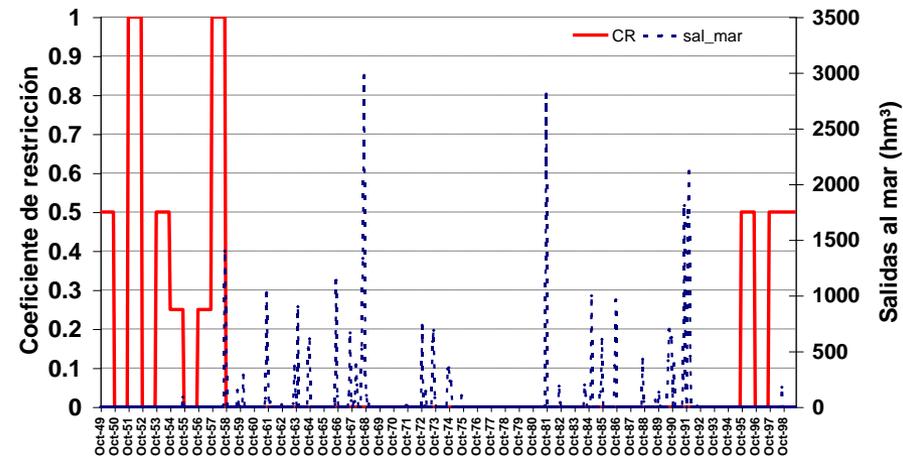
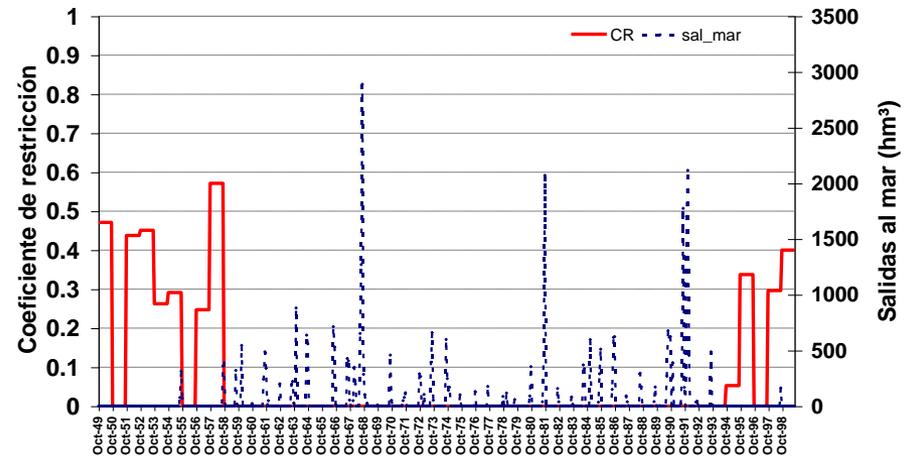
Políticas anuales



Evolución de los coeficientes de restricción



Caso 2_reglamento_f(Vo)



Caso 3_Escalonada_f(Vo)

Comparación de políticas de operación con restricción a la demanda

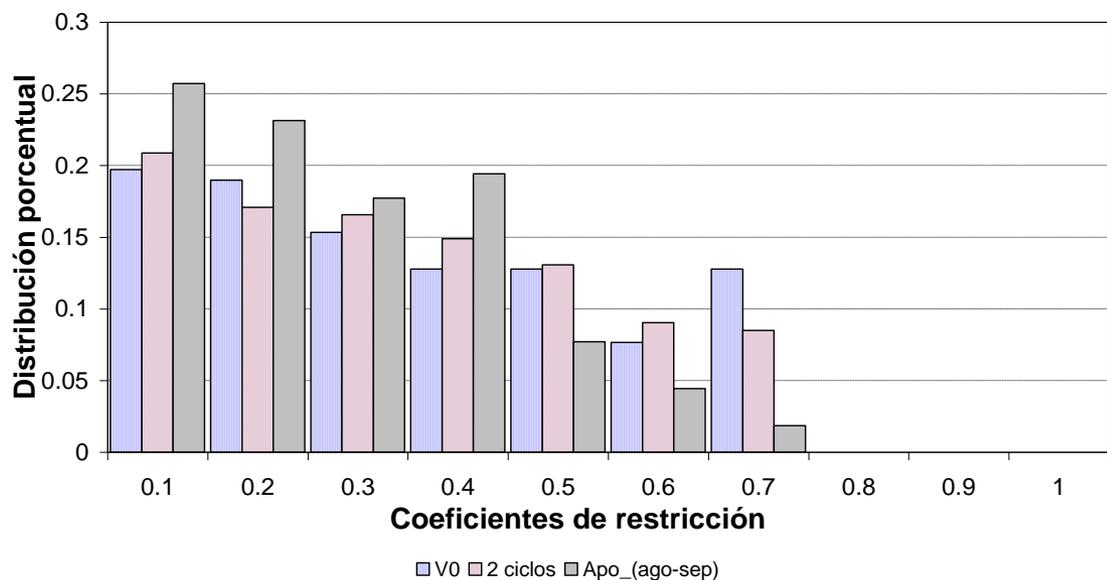
Resultados para la serie histórica

Tipos de reglas	Max. CR	CR medio (%)	No. Fallos resp_oferta	No. Fallos resp_concesión	Fallos>50% de D consecutivos	Fallo máx % demanda	Fallo_abs_urb agua_sup	Garantía Vol	Vol mín sma hm³
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Sin restricción	0.00	6.79	79	79	19	99.97	21	91.5	675.00
Reglamento	0.57	7.63	46	120	0	52.60	20	90.0	678.40
S histórica 3 escalones 50-75-90	0.50	9.25	25	109	24	100.00	0	89.0	762.80
Regla lineal (V0)	0.69	7.96	2	120	0	48.27	1	91.0	679.77
Regla lineal 2 ciclos *vol_minG (0.31)	0.67	8.89	2	126	0	5.54	1	91.1	679.89
Vol+aportación(a-s) *vol_minG (0.31)	0.69	9.11	2	120	0	36.34	0	90.8	679.70
Vol+aportación(a_act) *vol_minG (0.31)	0.53	7.83	4	144	0	87.38	0	91.8	678.40

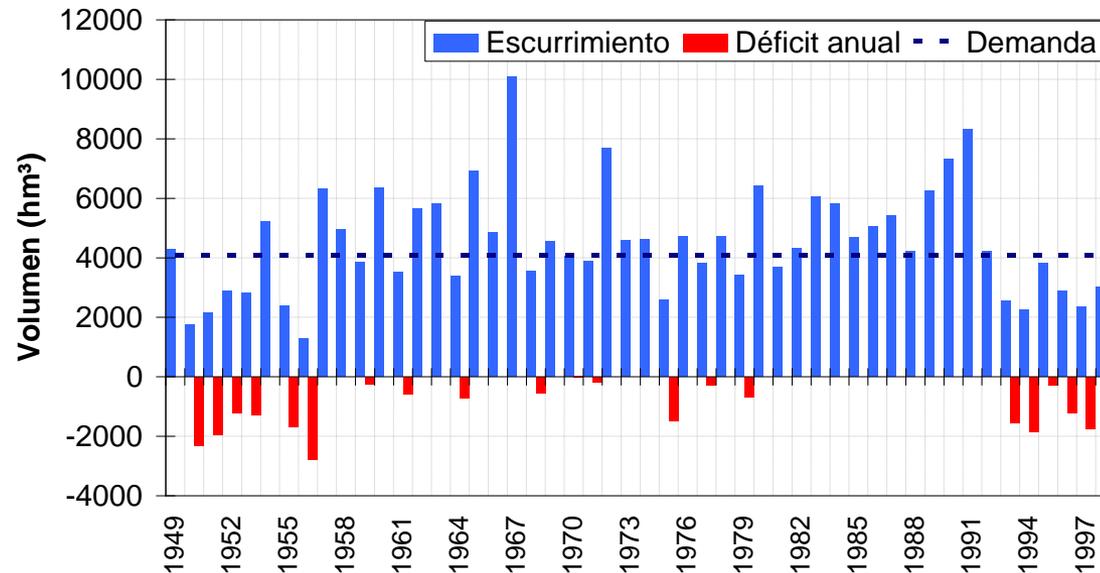
Evaluación de las políticas de operación

Resultados para 50 series sintéticas

Tipos de regla	Vol. Aportación anual promedio (hm³)	Evaporación anual promedio (hm³)	Suministro agrícola anual (hm³)	Suministro urbano, superficial (hm³)	Salidas al mar (hm³)	Garantía volumétrica anual (%)	Meses con restricción (%)	Meses con fallos (%)
Regla lineal (V0)	4543.12	107.90	3633.65	107.68	583.3	91.23	22.36	0.05
Regla lineal 2 ciclos *vol_minG (0.31)	4543.12	105.52	3639.34	107.67	568.16	91.37	23.28	0.10
Vol+aportación(a-s) *vol_minG (0.31)	4543.12	103.67	3697.89	107.64	581.07	92.84	28.57	1.34



Evaluación con sequías de diferentes magnitudes



21 años con déficit

11 sequías

36% > 1 año

- Dos años, sequías cuya magnitud se encuentre entre 1500 y 2500 hm³
- Tres años, sequías cuya magnitud se encuentre entre 2500 y 4500 hm³
- Cuatro años, sequías cuya magnitud se encuentre entre 4500 y 7000 hm³

Conclusiones generales

- ❑ La solución a **problemas de ingeniería de sistemas de recursos hidráulicos** complejos necesita **de la ciencia, la tecnología y la experiencia, así como de la voluntad de los tomadores de decisiones.**
- ❑ La metodología integra la interrelación de **modelos de generación de series sintéticas, optimización, y simulación de recursos hidráulicos.**
- ❑ Se establecen **restricciones** al inicio del ciclo agrícola sólo **si se detecta baja disponibilidad**
- ❑ El **tiempo de anticipación a una sequía es propio de cada sistema de recursos hídricos y depende del volumen almacenado al iniciar la sequía,** de las características de la misma y **forma de operar**
- ❑ **Para el mismo sistema, con la misma hidrología y condiciones iniciales, la forma en que se opera produce distintos resultados.**

Referencias:

Andreu, J. (2002). Cuestiones avanzadas de planificación y gestión de recursos hídricos. Curso del programa de doctorado en ingeniería hidráulica y medio ambiente. Universidad Politécnica de Valencia, UPV.

García, Alba (2008). Metodología para la generación y evaluación de políticas de operación en sistemas de recursos hídricos. Aplicación a un sistema de México. Tesis de doctorado, UPV.



¡Gracias por su atención!

Dra. Alba Nélide García Beltrán
Universidad Autónoma de Zacatecas
Correo: n_gabel@hotmail.com