

Teoría y práctica para la solución de problemas
complejos e interdisciplinarios:
¿Es posible cerrar la brecha?

Jorge V. Pilar (*)

**Departamento de Hidráulica - Facultad de Ingeniería – UNNE
Decano de la Facultad de Ingeniería – UNNE
Vicepresidente del Consejo Federal de Decanos de Ingeniería-CONFEDI
Vicepresidente ArgCapNet**

**Ex Presidente de la ADMINISTRACIÓN PROVINCIAL DEL AGUA DEL CHACO
Ex Presidente del Consejo Hídrico Federal de Argentina-COHIFE**

(*) Ing. Hidráulico (UNNE) - Doctor en Ingeniería, Recursos Hídricos y Saneam. Ambiental (IPH-UFRGS)
jvpilar@gmail.com

“Los habitantes de las ciudades que día a día ven fluir el agua de sus canillas, dócil a sus necesidades, no tienen noción de su idiosincrasia. Ellos no pueden imaginar cuánta destreza es necesaria para manipular a nuestra amiga-enemiga, cuánto discernimiento debe ser adquirido en el entendimiento de su naturaleza arrogante, para domesticarla y dominarla.”

Enzo Levi
***The science of water:
the foundation of modern hydraulic***

REFLEXIONES A MODO DE PRÓLOGO

La palabra **RIVAL** proviene de latín, **RIVALIS** (palabra que se usaba para definir a las personas que vivían en la misma margen de un río y tenía derecho al uso de su agua).

Las decisiones se toman siempre en un contexto de información incompleta.

→ *necesidad de un **CONTROL DE GESTIÓN**:*

Vaso medio lleno ?

Vaso medio vacío?

O el vaso podría haber tenido la mitad del tamaño que tiene?

Luego de ejecutar una actividad es necesario evaluar si los objetivos previstos fueron o no alcanzados y en qué grado.

Eso es en esencia el control de gestión, que nos permitirá hacer los ajustes en los planes de acción para adecuarlos a las reales circunstancias.

REFLEXIONES SOBRE LA "ACCIÓN"

¿Actuar? ¿Qué hacer? ¿Cómo hacerlo? ¿Cuándo hacerlo?

En los ambientes académicos (especialmente universidades) hay pocas cosas que no puedan esperar hasta mañana... Conclusión, (casi) todo espera hasta mañana.

En materia del manejo de recursos hídricos, si a las 6 de la mañana aparece un **problema**, si no se ensayó una solución para las 9, el problema puede transformarse en una **catástrofe**.

En el mundo real, **esperar** puede transformarse en un narcótico: **placentero, adictivo e, inclusive, fatal**.

Para encarar los desafíos del presente (y del futuro) no hay que temer a las **crisis**, ni protestar contra ellas, ni inventarlas; el miedo no permite la transformación, al contrario, perpetúa la mediocridad. El miedo a enfrentar una crisis (para resolverla) puede transformarla en una catástrofe.

REFLEXIONES SOBRE LAS “DECISIONES”

¿Cómo solemos tomar las decisiones?

- 1) Definir el problema;
- 2) Definir las causas;
- 3) Definir soluciones posibles y plausibles;
- 4) Decidirse por una y ponerla en práctica.

Este es el modelo que nos enseñan en carreras como Ingeniería: el profesor James March (Stanford) describe el proceso de tomar decisiones como *“una colección de alternativas en busca de problemas; dilemas y sentimientos en busca de situaciones de decisión en las que puedan ventilarse; soluciones en busca de cuestiones para las cuales podrían ser una respuesta, y tomadores de decisiones en busca de trabajo”*.

A ese modelo algunos llaman **“*primero pensar*”**.

REFLEXIONES SOBRE LAS “DECISIONES” (continuac.)

Hay otros modelos:

“**Primero ver**”: 1) Preparación (conocimiento profundo); 2) Incubación (reflexión); 3) Iluminación (efecto “¡Eureka!”) y 4) Verificación (reflexión lógica).

“El azar sólo favorece a la mente preparada” – Louis Pasteur

“**Primero actuar**”: 1) Representación; 2) Selección, y 3) Retención. (Hacer varias cosas, determinar cuál funciona, entender por qué y repetir el comportamiento exitoso).

No sólo pensamos para actuar; también es posible actuar para pensar.

REFLEXIONES SOBRE LAS "DECISIONES" (continuac.)

Qué cualidades destaca cada modelo:

Primero Pensar	Primero Ver	Primero Actuar
<ul style="list-style-type: none">- la ciencia- la planificación- lo verbal	<ul style="list-style-type: none">- el arte- la imaginación- lo visual- las ideas	<ul style="list-style-type: none">- la experiencia- el aprendizaje- lo visceral

Cuándo conviene utilizar cada modelo:

Primero Pensar	Primero Ver	Primero Actuar
<ul style="list-style-type: none">- el problema está claro- hay datos y son confiables- el contexto es estructurado	<ul style="list-style-type: none">- son necesarias soluciones creativas	<ul style="list-style-type: none">- situaciones nuevas y confusas- situaciones de crisis

REFLEXIONES SOBRE LAS “DECISIONES” (continuac.)

Tal vez sea hora de desmitificar y desacralizar la planificación:

Planificar: “asignar recursos escasos entre actividades que compiten por ellos”.

En el mundo real, en cuestiones políticas, más que situaciones de **competición**, existe **oposición**.

Esa oposición surge por la existencia de conflictos de hecho entre la lógica sistémica Vs. la lógica de los actores sociales (corporaciones).

La oposición no siempre es racional. Puede ser **dogmática**.

El abordaje académico de la gestión de la “**oposición por la oposición misma**” podría generar dilemas de todo tipo en investigadores acostumbrados a la modelación matemática y al uso de algoritmos.

Tal vez, especialistas en **Psicología** y **Sociología** estén mejor entrenados para ello, aunque sus trabajos suelen orientarse más en la dirección descriptiva: **explicar y predecir el comportamiento de los decisores**.

REFLEXIONES SOBRE LAS "DECISIONES" (continuac.)

Los modelos de apoyo a la decisión tradicionales se focalizan en situaciones de competición (Programación Lineal, Programación Dinámica, Teoría de Juegos, Programación Multiobjetivo/ Multicriterio, etc.)

Teoría de Juegos de Nash:

		El "Otro"	
		"Pegar"	"No Pegar"
YO	"Pegar"	$R^{(-)} ; R^{(-)}$	B ; M
	"No Pegar"	M ; B	$R^{(+)} ; R^{(+)}$

GESTIÓN y GERENCIA DE LOS RECURSOS HÍDRICOS: Mucho más que una cuestión semántica

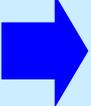
La **GESTIÓN** de aguas es una actividad analítica y creativa, que tiene por meta la formulación de principios, directrices, normas y, también, la estructuración de sistemas gerenciales y de toma de decisiones sobre el uso, control y protección de los recursos hídricos.

-  **Política de aguas:** formada por un conjunto coherente de principios y doctrinas que reflejan los deseos y expectativas de la sociedad y de las esferas gubernamentales sobre el uso de las aguas.
-  **Plan director:** es un estudio prospectivo que busca adecuar el uso y control de los recursos hídricos a las expectativas sociales y/o gubernamentales, expresadas formal o informalmente en la Política de Aguas. La actividad de elaboración de estos planes se denomina, naturalmente, PLANEAMIENTO.
-  **Gerencia de las aguas:** es el conjunto de acciones gubernamentales destinadas a regular y reglamentar el uso de las aguas.

GESTIÓN = política + plan director + gerencia

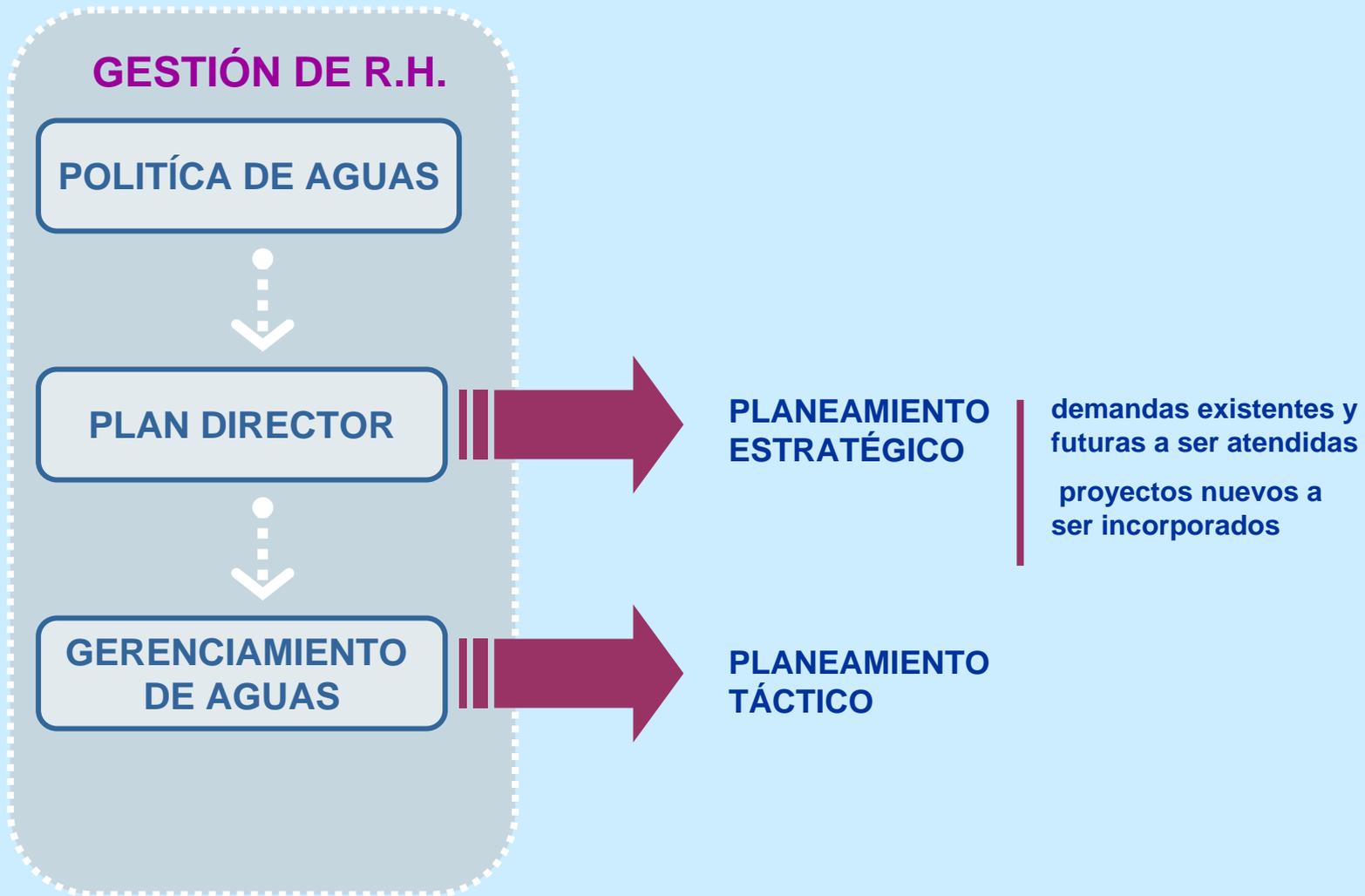
LA GERENCIA DE LOS RECURSOS HÍDRICOS

La **GERENCIA** de los recursos hídricos, como acción de gobierno, debería estar constituida por:

 un ***modelo de gerencia***, que establezca la organización legal e institucional y

 un ***sistema de gerencia***, que reúna los instrumentos para la ejecución de los planes directores.

LA GESTIÓN DE R.H.



EVOLUCIÓN HISTÓRICA DE LA GESTIÓN DE R.H.

Las etapas históricas por las que pasó la gestión de los recursos hídricos podrían sintetizarse en lo siguiente :

- ✓ **Modelo burocrático:** *Se basa en el principio aristotélico de que existe una casta social que decide y manda, y el resto de la población, que acata esas órdenes. En la práctica, los circuitos que ligan al decisor y los “peones” que ejecutan las órdenes son secuenciales o en serie.*
- ✓ **Modelo económico-financiero:** *utilización de instrumentos económicos y financieros para el desarrollo económico nacional o regional.*
- ✓ **Modelo sistémico:** *se distingue por la descentralización de la gestión a través de la incorporación de la participación ciudadana, la adopción del planeamiento estratégico y la puesta en práctica de lo planificado a través de un sistema gerencial organizado al efecto.*

¿CÓMO ESTAMOS HOY EN GESTIÓN DE R.H.?

Nuestro modelo actual podría ser definido como neoburocrático, con la incorporación de indicadores económicos-financieros (aunque más por exigencias de los organismos multilaterales de crédito que por convicción propia).

- ✓ *La llegada de créditos blandos (BIRF, BID, etc.), provocó la aparición de una gran cantidad de “unidades ejecutoras”.*
- ✓ *En algunos casos esto generó un **exceso de gerencia, pero una falta de gestión.***

LOS PRINCIPIOS DESEABLES DE LA ACCIÓN

-  **Prevención:** es más fácil y barato prevenir que curar;
-  **Realismo:** los objetivos y cronogramas deben ser posibles de cumplir.
-  **Simplicidad:** los problemas y conflictos que puedan surgir deben ser fáciles de resolver lo más rápido posible, sin necesidad de recurrir a instancias burocráticas o judiciales de niveles muy altos.
-  **Pragmatismo:** los instrumentos de control a ser implementados deben ser adecuados a las condiciones tecnológicas, institucionales y culturales locales.

GESTIÓN DE R.H.: Actividad compleja e interdisciplinaria

- ✓ La gestión de recursos hídricos, la formulación de proyectos de ingeniería y la evaluación de sus efectos no pueden ser abordados con precisión matemática: *es necesario tener en cuenta condicionantes políticos, socioeconómicos, legales, institucionales, que los limitan, restringen o, eventualmente, inviabilizan.*
- ✓ Caracterizar matemáticamente esos condicionantes es una tarea difícil.
- ✓ Este tipo de escenarios, donde se conjugan incertidumbres y falta de conocimiento, se transforma en el principal argumento de un reclamo tradicional:

La existencia de una brecha entre la teoría y la práctica.

LA BRECHA ENTRE TEORÍA Y PRÁCTICA

Sería deseable seguir una secuencia para pasar a la acción:

DATOS → **INFORMACIÓN** → **ACCIÓN**

Sin embargo, en la práctica suele haber gran presión para pasar sin escalas a la **ACCIÓN**.

“El riesgo es una opción, no un destino” (Peter Bernstein en “Un desafío a los dioses: la fascinante historia del riesgo”).

Concepto intuitivo de riesgo: **N° suc. desfavorables / N° suc. posibles**

En Resistencia se nota la existencia de una brecha entre:

RIESGO y la (¿Vs.?) **PERCEPCIÓN DEL RIESGO**

LA BRECHA ENTRE TEORÍA Y PRÁCTICA (continuac.)

Preguntémonos ¿qué entendemos cuando el pronóstico (meteorológico) anuncia: “la probabilidad de lluvias para mañana es 75%”?

Si mañana llueve, ¿el pronóstico acertó? Sí

Y si mañana no llueve, ¿también acertó? Sí



LA BRECHA ENTRE TEORÍA Y PRÁCTICA (continuac.)

Entonces, ¿qué significa 75% de probabilidades de lluvia? ¿Qué en el observatorio meteorológico hay 4 observadores y 3 opinan que va a llover, mientras que el restante opina que no va a llover?...

Aunque parezca mentira, es más o menos así...

¿Y para qué nos sirve este pronóstico probabilístico?...

Para ponderar situaciones.

Pero, ¿cómo hacemos para “ponderar” situaciones?

LA BRECHA ENTRE TEORÍA Y PRÁCTICA (continuac.)

Primero, hay que elaborar lo que se denomina **matriz de contingencia**:

	<i>Futuros posibles</i>	
	SÍ llueve	NO llueve
D1: SÍ llevo paraguas	\$0	\$10
D2: NO llevo paraguas	\$15	\$0

Como conocemos la predicción probabilística, podemos ponderar las consecuencias de tomar una decisión teniendo como base la probabilidad de ocurrencia de un futuro posible:

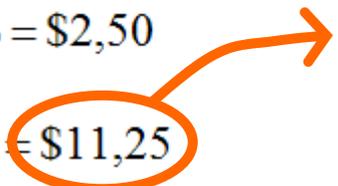
	<i>Futuros posibles</i>	
	SÍ llueve (75%)	NO llueve (25%)
D1: SÍ llevo paraguas	\$0	\$10
D2: NO llevo paraguas	\$15	\$0



$$D1: \$0 \cdot 75\% + \$10 \cdot 25\% = \$2,50$$

$$D2: \$15 \cdot 75\% + \$0 \cdot 25\% = \$11,25$$

PEOR CONSECUENCIA



¿CÓMO SE PLANIFICA? ¿CÓMO SE DEBERÍA PLANIFICAR?

Criterios *tradicionales* (pero antiguos conceptualmente) de planificación:

- ➔ *Seguridad ante la falla*
- ➔ *Maximizar garantías*

En mi ciudad, todavía algunos repiten una frase que se acuñó en oportunidad de la Gran Inundación de 1982/83: “Resistencia nunca más bajo agua”

Los criterios *modernos* son más realistas:

- ➔ *Evaluar las consecuencias de una falla en vez de preocuparse por la ocurrencia o no de la propia falla*
- ➔ *Buscar que el sistema sea seguro en la falla*

*La sensibilidad popular se orienta más por un criterio **minimax** (minimizar el máximo daño posible, es decir, lo mejor de lo peor) y no por maximizar garantías.*

GESTIÓN DE INUNDACIONES: El caso del AMGR

- ➔ Inundaciones provocadas por las **crecidas** de los grandes ríos de la región (*en especial de los ríos Paraná / Paraguay y el río Negro*);
- ➔ inundaciones provocadas por **lluvias de cierta intensidad** (por ejemplo 25mm en media hora) y debidas al drástico incremento de la impermeabilización asociado al proceso de urbanización;
- ➔ inundaciones originadas en una **insuficiente capacidad** de los conductos de drenaje pluvial.

Para proteger al AMGR de las primeras se decidió la ejecución un sistema de defensas, consistente en un cinturón de terraplenes (polders) y dos obras de control sobre el río Negro.

- 🏰 Son originadas por causas naturales (a veces potenciadas por el hombre) y se producen a intervalos de, por lo general, más de un año.
- 🏰 Afectan grandes superficies y duran varias semanas (por ejemplo, la de 1982-83 duró 11 meses).

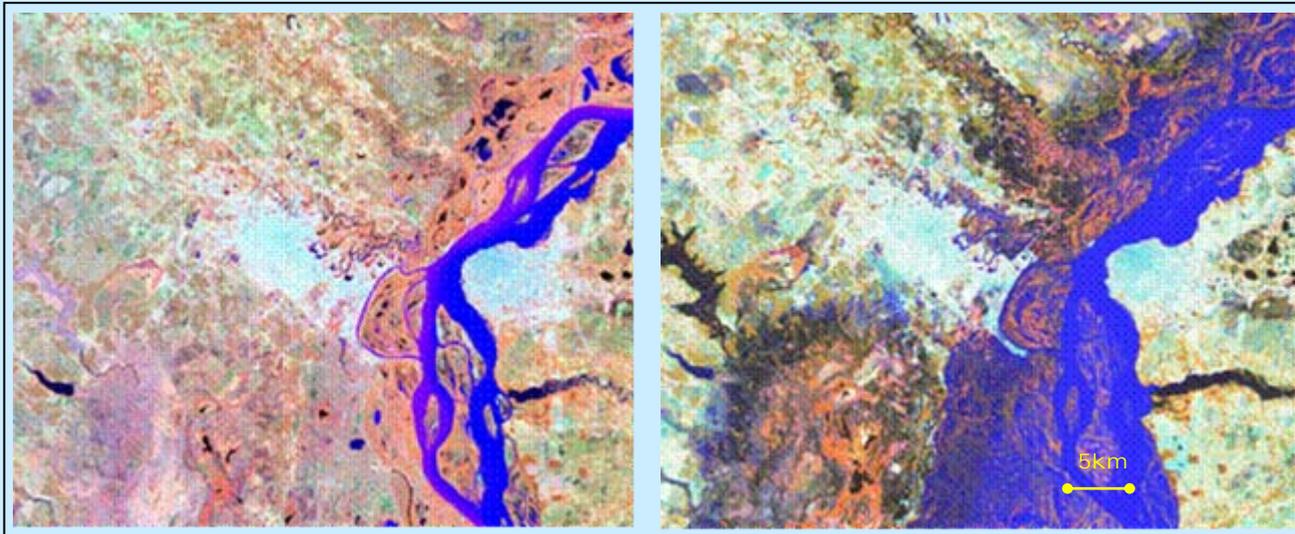
La vulnerabilidad del AMGR

El AMGR está situada a un par de decenas de kilómetros aguas abajo de la desembocadura del río Paraguay en el Paraná.

Está dentro del valle de inundación de este último (segunda y tercera terraza de inundación).

Su superficie es de alrededor de 20.000ha (5.600ha urbanas), en las que viven poco más de 370.000 personas y cuya planta urbana crece a una tasa semanal de 2 ha.

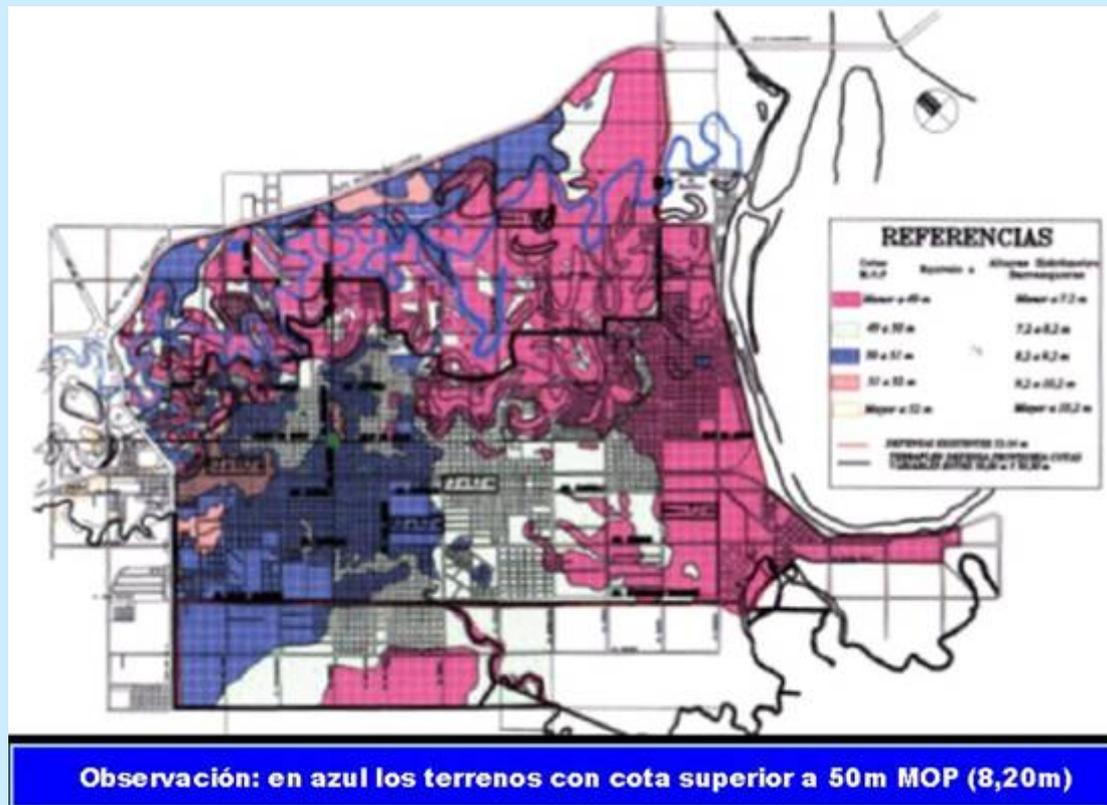
Las pendientes son de muy pocos cm/km y las áreas impermeables representan alrededor del 70% en la parte más urbanizada de la ciudad .



23 de marzo de 2003

4 de mayo de 1998 (pico de la inundación)

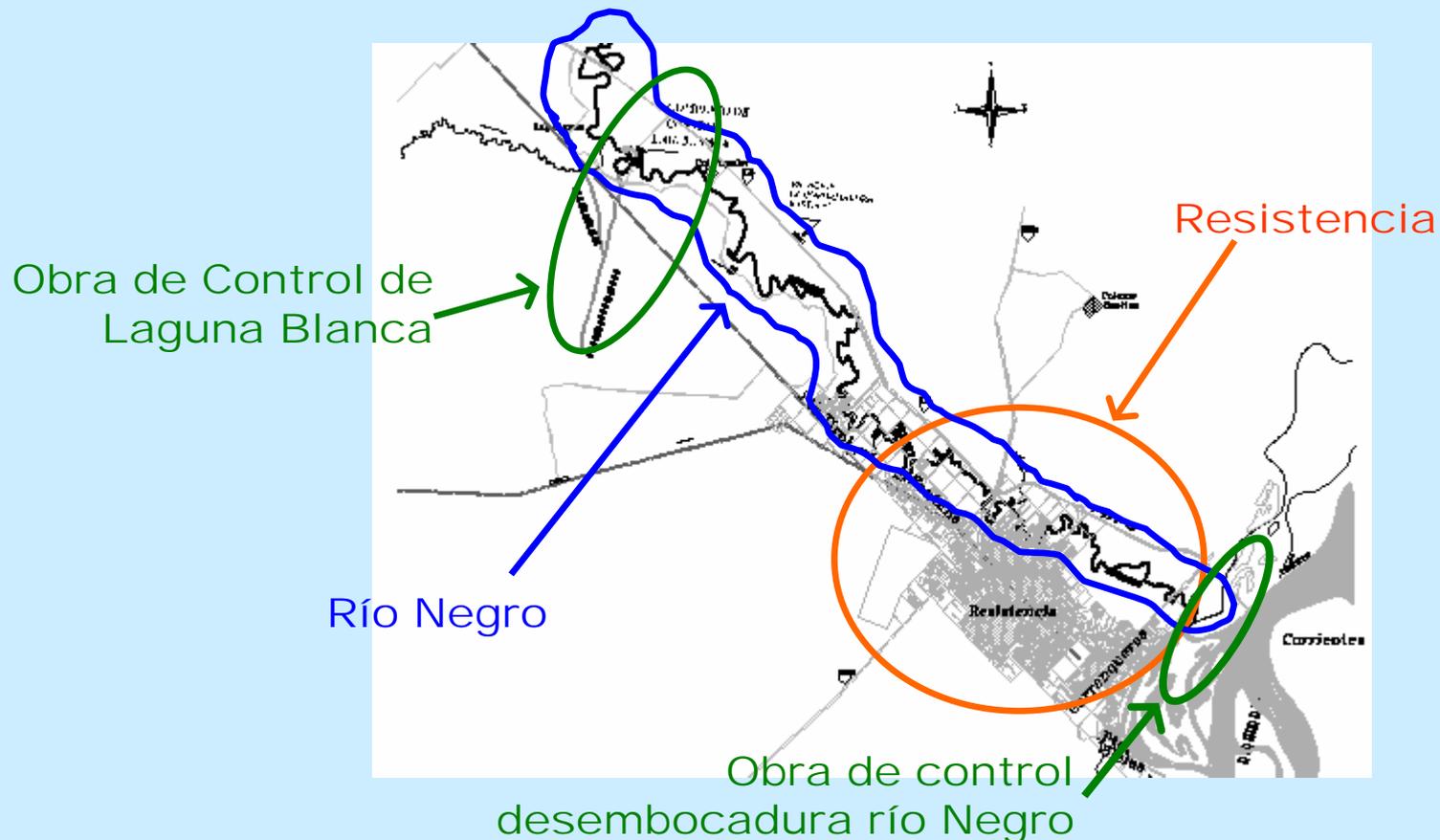
La vulnerabilidad del AMGR (continuac.)



En la inundación de 1982-83, la mayor del siglo 20, el río Paraná alcanzó la cota 50,50m MOP.

Aproximadamente, el 80% del AMGR tiene cota 48m MOP (o menor), que corresponde a una frecuencia de nivel del río Paraná de casi 7%.

El AMGR y las inundaciones del río Negro



La obra de control de **Laguna Blanca** deriva las aguas de la alta cuenca del río Negro hacia el río Salado (chaqueño).

La obra de control en la **desembocadura** evita el ingreso de las aguas del Paraná hacia el interior del AMGR.

El AMGR y las inundaciones del río Paraná

Después de la gran inundación de 1982/83 se decidió encarar la defensa del AMGR de las inundaciones provocadas por el Paraná a través de un cinturón de terraplenes.

Estos terraplenes se ejecutaron con arena refulada en los sectores cercanos al cauce del río Paraná y con material cohesivo (arcilla) en los demás.

En términos generales, existe un tramo norte, un tramo sur y un tramo este, enfrentado con el río Paraná.

El cierre oeste está conformado por la ruta nacional N°11.

El Sistema de Defensas del AMGR **contra las inundaciones** provocadas por el río Paraná se transformó *en política de estado*
Todos los Gobiernos aportaron a su concreción

Defensas zona este



Terraplén de arena refulada recubierta con arcilla y suelo vegetal



Estación de bombeo equipada con 14 bombas sumergibles
Pto. nominal: $Q=5\text{m}^3/\text{s}$ y $H=7\text{m}$
Potcia: 450 kw c/u



Se utilizó una técnica de optimización multiobjetivo/multicriterio para definir la traza



LAS INUNDACIONES PLUVIALES URBANAS

Según el profesor Pompeo (Universidade Federal de Santa Catarina), en las ciudades del Cono Sur sólo nos acordamos del tema del drenaje urbano en tres situaciones:

-  cuando se preparan planes de pavimentación de calles;
-  durante los anegamientos provocados por lluvias de cierta intensidad; y
-  durante los dos o tres días posteriores que duran los debates sobre las causas y las soluciones a estas calamidades.

Pareciera que a diferencia de lo que nos enseñaron en la escuela, el ciclo del agua en las ciudades se transformó en:

LLUVIA – INUNDACIÓN – DESESPERACIÓN – RELAJACIÓN - OLVIDO

LAS INUNDACIONES PLUVIALES URBANAS EN EL AMGR

Estando el Área Metropolitana del Gran Resistencia polderizada, es imprescindible un manejo adecuado del agua de lluvia dentro del perímetro defendido, sobre todo en épocas de crecidas del río Paraná.

Las inundaciones pueden ser controladas con acciones de dos tipos: **ESTRUCTURALES** o **NO ESTRUCTURALES**:

- las medidas **estructurales** son esencialmente obras;

- las **no estructurales** son medidas que tienden a amenizar la convivencia con el problema más que a resolverlo.

CONCLUSIONES

Para producir cambios hacen falta **IDEAS** y **PODER**:

Las **IDEAS** sin poder producen UTOPIÁS.

El **PODER** sin ideas genera TIRANÍAS.



Hasta ahora las investigaciones académicas en materia de gestión de R.H. se enfocaron a desarrollar algoritmos y/o heurísticas para abordar cuestiones sobre decisiones, utilizando problemas más o menos reales para ilustrar su aplicabilidad. Tal vez sea tiempo comenzar con investigaciones orientadas a problemas.



Parafraseando al Profesor Lanna (Brasil): Parecería que las investigaciones buscan desarrollar remedios genéricos, para después buscar las enfermedades que sean curadas con esos remedios; ya sería hora de apostar un poco más fuerte al desarrollo de remedios a la medida de enfermedades reales.

CONCLUSIONES

-  **Medir es necesario:** para tener DATOS
-  **Estudiar es necesario:** para saber PREVER
-  **Tomar decisiones adecuadas y oportunas es necesario:** para ADAPTARNOS EN FORMA ARMÓNICA al entorno
-  **Hacer un control de gestión es necesario:** para hacer CAMBIOS DE RUMBO OPORTUNAMENTE
-  **Comunicar adecuadamente es necesario:** para generar una CIUDADANÍA DEL AGUA

¡MUCHAS GRACIAS!