

# Gestión Sustentable del Agua Subterránea

## Lecciones de la Práctica

Colección de Casos Esquemáticos Caso 7

# Venezuela: Yacambú, Quíbor – un Proyecto para Integrar la Gestión del Agua Subterránea y el Agua Superficial

Marzo 2003

**Autores:** Héctor Garduño y Marcella Nanni

**Gerente de Proyecto:** Abel Mejía (LCR)

**Organismo Contraparte:** Sistema Hidráulico Yacambú-Quíbor (SHYQ)

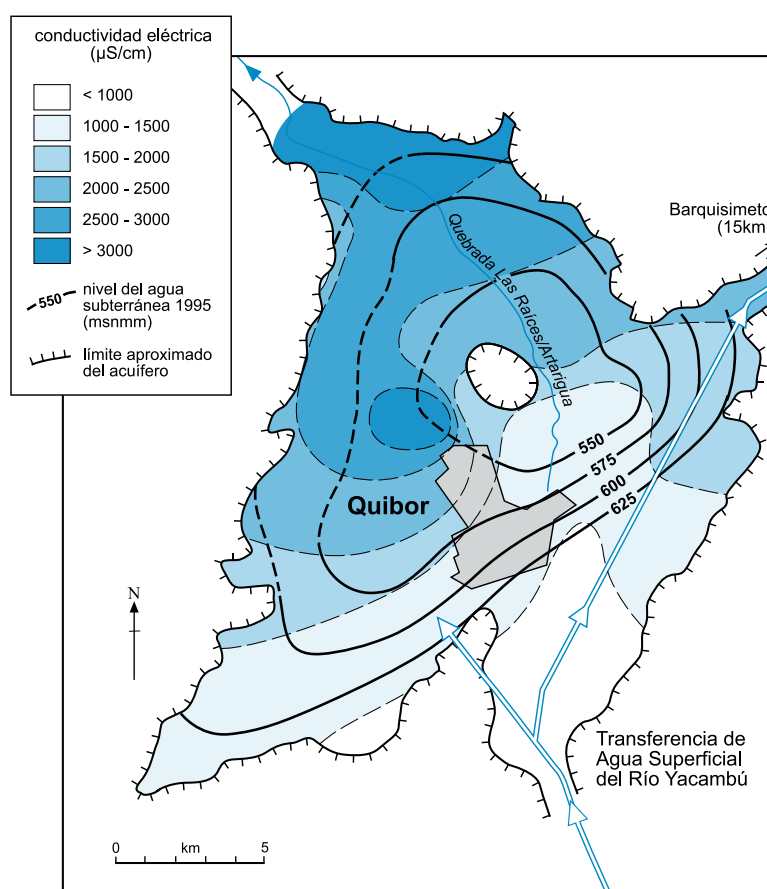
*Este caso esquemático presenta los avances de un ambicioso proyecto de propósitos múltiples en la zona de Barquisimeto, Venezuela, cuyo objetivo es transferir recursos hídricos de la cuenca de Yacambú para (a) aumentar el área agrícola bajo riego en el Valle de Quíbor, que es de alta productividad, (b) mediante el uso conjunto de agua superficial y subterránea, recuperar el Acuífero del Valle de Quíbor, cuya disponibilidad y calidad de agua se han deteriorado considerablemente por la explotación excesiva, y (c) proporcionar abastecimiento adicional de agua en bloque a Hidrolara, la compañía pública de servicios de agua. GW•MATE ha participado en este proyecto asesorando sobre el marco institucional y legal para la administración de los recursos de agua superficial y agua subterránea. Además, la experiencia de este proyecto se está aprovechando para contribuir a mejorar las disposiciones de nivel nacional para la gestión de recursos de agua subterránea en Venezuela, por medio de sugerencias para integrar la nueva Ley de Aguas que se encuentra en proceso de redacción.*

### El Valle de Quíbor – Agua Subterránea y Desarrollo Agrícola

- El Valle de Quíbor ocupa un área de unos 434 km<sup>2</sup> en el Estado de Lara (Figura 1), tiene clima semi-árido y una precipitación entre 400 y 500 mm/a. Se ubica a 25 km al sur de Barquisimeto, ciudad de alrededor de un millón de habitantes, el mayor centro de distribución de alimentos de Venezuela.
- El valle posee condiciones excepcionalmente favorables para la producción de hortalizas, frutales y ganado de gran calidad y valor económico, pero aunque alrededor de 21.500 ha del valle tienen potencial de cultivo con riego, en la actualidad sólo se aprovechan cerca de 3.000 ha.
- El desarrollo agrícola en el Valle de Quíbor se ha logrado por medio de la explotación de los recursos locales de agua subterránea ubicados en el relleno de un valle cuaternario que incluye lentes de arena y grava aluvial intercalados con limos y arcillas lacustres. La predominancia de estratos de arcilla en las capas superficiales del fondo del valle dificulta la infiltración de la precipitación al agua subterránea. Sin embargo, se estima que la recarga en el Acuífero del Valle de Quíbor es en promedio 22 Mm<sup>3</sup>/a, principalmente como resultado de la infiltración desde cauces permeables ubicados en la orilla del valle inter-montano principal.
- La tasa de extracción de agua subterránea para riego agrícola ha excedido la recarga a lo largo de un período de casi 40 años, y en la actualidad es de alrededor de 27 Mm<sup>3</sup>/a. Esto ha reducido importantemente las reservas acuíferas con potencial de explotación, de unos 350 Mm<sup>3</sup> a 42 Mm<sup>3</sup>, y se ha observado un descenso continuo en los niveles de agua subterránea así como también un aumento en la salinidad de la misma (Figura 1); ambos fenómenos afectan la productividad y rentabilidad de la agricultura local.

- Barquisimeto se abastece actualmente con pozos de otros acuíferos de la región y del sistema de agua superficial del Alto Tocuyo, pero todas estas fuentes (como las del Valle de Quíbor) están resultando insuficientes para satisfacer la creciente demanda en los sectores urbano y agrícola.

**Figura 1: Croquis hidrogeológico del Valle de Quíbor mostrando abatimiento del manto freático, salinidad del agua subterránea y ubicación del sistema de transferencia Yacambú de agua superficial**

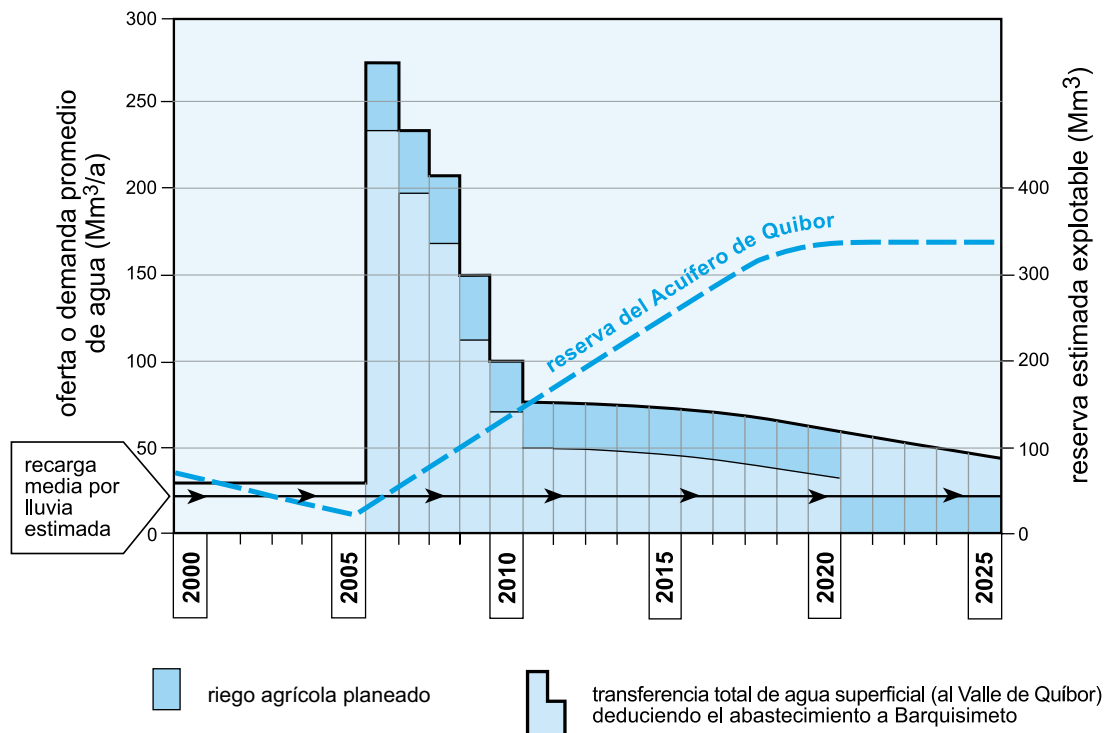


### Dimensiones Técnicas del Proyecto de Yacambú-Quíbor

- Con el fin de complementar el abastecimiento hídrico de Barquisimeto y aumentar el área de riego en el Valle de Quíbor, desde 1973 se inició el diseño del proyecto de transferencia de agua Yacambú-Quíbor. Tiene capacidad para conducir  $330 \text{ Mm}^3/\text{a}$ , de los cuales un 30% se asignó al uso urbano y el resto al riego de las 21.000 ha de tierra agrícola disponible.
- Sin embargo, los pronósticos indican que durante los próximos 5 a 30 años habrá un excedente potencial de agua transferida disponible, debido a que (a) la demanda plena de riego no madurará sino hasta 2011 y (b) Hidrolara (la empresa pública de servicios de agua de Barquisimeto) gradualmente cancelaría sus fuentes de suministro actuales y, por ende, no usaría su cuota completa en forma inmediata. Esto ofrece una oportunidad para utilizar en riego el excedente de agua transferida al suspender el bombeo de agua subterránea, con el fin de permitir la recuperación del acuífero del Valle de Quíbor. Además, como la capacidad de regulación de la presa de Yacambú es de 80%, en época de crecientes estaría disponible en promedio un caudal de  $83 \text{ Mm}^3/\text{a}$  adicionales, parte del cual se podría utilizar para recarga artificial del acuífero.

- Una simulación simplificada de oferta y demanda de agua (Figura 2) muestra que cuando la transferencia de agua superficial estuviera disponible en 2006, el bombeo actual de agua subterránea para agricultura de riego cesaría y sería sustituido por agua transferida, lo que permitiría la recuperación total de las reservas acuíferas a 350 Mm<sup>3</sup> para 2020, si Hidrolara siguiera usando sus fuentes existentes. En cambio, si Hidrolara sólo usara agua transferida a partir de 2011 (hipótesis no mostrada en la figura), la recuperación de las reservas acuíferas sólo llegaría a 102 Mm<sup>3</sup>. En ambos escenarios, habría grandes volúmenes de agua transferida disponibles durante unos cuantos años, y volúmenes pico muy altos durante períodos cortos en algunos años. Aun cuando podría ser factible que parte del excedente de agua transferida se usara para recarga artificial del acuífero, quizá no resultaría factible lograr suficiente infiltración como para utilizar los caudales pico, y habría que identificar usos alternativos para este recurso.

**Figura 2: Predicción de la oferta y demanda para el Valle de Quibor, Venezuela durante 2000-25, ilustrando la recuperación potencial de la reserva de agua subterránea mediante el uso de agua excedente del sistema de transferencia Yacambú**



\* muestra el almacenamiento durante 2006-22 debido a la recuperación del acuífero durante el período de no bombeo y recarga artificial - en otros escenarios la demanda urbana de Barquisimeto crece más rápidamente quedando así menos disponibilidad para la recarga artificial y desultando en una recuperación menor de las reservas del acuífero

- También resulta evidente en la Figura 2 que, si se mantuviera la tasa actual de extracción de agua subterránea, se agotarían casi totalmente las reservas acuíferas y se vendría abajo la producción agrícola del valle. Por lo tanto, es muy urgente promover un consenso entre los regantes para reducir la extracción a un nivel acorde con la tasa media de recarga, y esto sería aún más crítico si el proyecto de transferencia de agua sufriera más retrasos en la construcción.

- Es importante considerar todas las opciones potenciales de recarga para el acuífero del Valle de Quíbor, incluyendo técnicas como lagunas o zanjas de infiltración, infiltración por lechos normalmente secos, inyección en pozos abandonados, etc. Dado el tamaño de los probables excedentes de las transferencias de agua superficial, algunas de estas opciones pueden tener restricciones, pero su potencial teórico es tal que puede justificar estudios piloto de factibilidad técnica y económica, antes de emprender proyectos de recarga de gran envergadura.
- También es importante hacer una evaluación más detallada de los procesos actuales de salinización del agua subterránea, que podrían:
  - reducir su valor futuro para riego si no se administra cuidadosamente
  - influir sobre la técnica a utilizar para la recarga artificial del acuífero.
- Será esencial implementar medidas de conservación de tierra y agua no sólo en la cuenca de Yacambú, que es en donde se genera el agua que se transferirá, y donde ya se han implementado algunas medidas exitosas, sino también en el Valle de Quíbor (en la cuenca de la Quebrada Las Raíces), cuyo acuífero recibiría recarga adicional y necesitaría mejor protección contra la contaminación.

### Organización Social de los Regantes

- La ‘cultura de riego’ del Valle de Quíbor data desde antes de la colonización española. A partir de 1950, con la llegada de nuevos inmigrantes de las Islas Canarias, la cultura se amplió para incorporar en forma importante la ‘conciencia sobre la escasez del agua’, y se introdujeron prácticas de almacenamiento del escurrimiento superficial en lagunas de diversos tamaños, tecnología de riego eficiente y mejor administración del agua a nivel de campo.
- En la actualidad hay 48 productores a gran escala (con terrenos de más de 200 ha), 1.230 regantes con terrenos de tamaño medio y algunos agricultores sin tierra que cultivan campos de 5 a 20 ha en arreglos por sociedad o arrendamiento. Además, hay unos 3.000 trabajadores agrícolas (que representan 45% de la población económicamente activa del valle) que trabajan como jornaleros, cuya posición socioeconómica es especialmente precaria. La Tabla 1 da una idea del tipo de producción agrícola en el Valle a partir de un estudio realizado en 1988. Un estudio más reciente (Tabla 2) arrojó que, aun cuando hay un interés continuo por las hortalizas (especialmente cebollas), el forraje cada vez gana más popularidad como el cultivo preferido. Este patrón, en el que áreas importantes se dedican a cultivos de bajo valor y de alto consumo de agua, contribuye al estrés del acuífero.

**Tabla 1: Resumen de infraestructura de riego agrícola y tipos de cultivos en el Valle de Quíbor**

CLASE DE PRODUCTOR	FINCA (ha)CA	NÚM DE FINCAS	ABASTECIMIENTO DE AGUA PARA LAS FINCAS				AREA CULTIVADA (ha)	TIP DE CULTIVO						
			POZOS		LAGUNAS			T	M	C	P	O	V	
			%	Num.	%	Num.								
I+II	<10	1277	0,4	5	30,1	419	n/d	x	x	x				x
III con tierra	10-50	274	6,2	19	64,2	268	260					x	x	x
IV	50-200	103	20,4	29	83,5	237	300					x	x	
V	>200	41	36,6	28	70,7	150	3120					x	x	
V sin tierra		150					70	x	x					
VII		40					936					x	x	

n/d no disponible Tipo de cultivos T = jitomate M = maíz C = pepino P = pimiento O = cebolla V = varios otros

- El costo medio de la energía que se usa para bombeo del agua subterránea actualmente es de US\$ 0,03/kwh y el costo medio para bombeo de agua es de casi US\$ 0,08/m<sup>3</sup>. En la Tabla 3 se compara esta cuota de energía con los valores mexicanos, aunque en ambos casos la energía eléctrica a nivel rural sigue subsidiada. Mientras que las cuotas mexicanas muestran que se pueden usar los precios para reducir la extracción de agua subterránea, el caso de Venezuela muestra que se pueden usar para reducir la evaporación no benéfica durante el día.

**Tabla 2: Estudio reciente sobre el tipo de cultivos en el Valle de Quíbor, Venezuela**

TIPO DE CULTIVO	AREA CULTIVADA (ha)	%
cebolla	2102	50
otras hortalizas	905	21
forraje	616	15
maíz	446	11
caña de azúcar	96	2
frutas diversas	56	1

**Tabla 3: Comparación de las cuotas actuales de energía eléctrica a nivel rural en México y Venezuela**

PAÍS	CUOTA DE ENERGÍA (US\$KWH)			
	para bombeo de riego		para uso doméstico	
VENEZUELA	riego diurno	0,04	mínimo	0,01
	riego nocturno	0,02	máximo	0,06
MÉXICO	extracción permitida	0,03	mínimo	0,05
	extracción en exceso	0,05	máximo	0,18

- En el valle existen diversas organizaciones sociales que realizan distintas funciones, como vender insumos agrícolas con descuento, distribuir agua de riego a las parcelas, etc. Como resultado de la escasez del agua, estas experiencias son muy importantes, ya que se ha logrado que la comunidad asigne un valor alto a los recursos hídricos y que cuide hasta de la más pequeña de las fuentes. Esto se debe tomar en cuenta cuidadosamente cuando se diseñe el esquema futuro para el uso conjunto para riego del agua superficial transferida y el agua subterránea de la región.
- En relación específicamente con el acuífero del Valle de Quíbor, en 1977 se estableció una Comisión Técnica para el Control del Bombeo de Pozos y el Uso de Lagunas y se disolvió en 1984. En 2002 se constituyó una nueva Comisión Técnica para la Conservación de la Tierra y el Agua, con representantes de organismo públicos y comunidades de usuarios, que tenía la función de asesorar sobre políticas y medidas de gestión al Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales Renovables (MARNR) y a otras agencias competentes.

### Marco Legal e Institucional para la Gestión del Agua

- El organismo Sistema Hidráulico Yacambú-Quíbor (SHYQ) fue designado empresa pública en septiembre de 1989. Las siguientes estrategias posteriormente llevadas a cabo por la empresa resultaron ser de gran importancia para la implementación exitosa del proyecto de transferencia de agua:
  - favorecer la participación de los grupos interesados y así ganarse el respeto de la comunidad
  - fomentar una relación respetuosa con los productores agrícolas a todas las escalas para lograr un consenso sobre la necesidad de lograr el manejo sustentable de los recursos hídricos
  - usar un enfoque participativo para dar presencia a la empresa frente a la población, como base para montar campañas efectivas para la conservación de la tierra y el agua de la cuenca de Yacambú como parte de la gestión y protección de la calidad del agua subterránea del Valle de Quíbor.
  
- El Proyecto Yacambú-Quíbor para el uso conjunto de los recursos de agua superficial y agua subterránea ya se ha convertido en una especie de modelo por su enfoque integrado a nivel nacional en Venezuela.

**Tabla 4: Recomendaciones principales del Esquema Yacambú-Quíbor para la Incorporación en la Ley Nacional de Aguas**

<p><b>USO CONJUNTO DE AGUA SUPERFICIAL Y AGUA SUBTERRÁNEA</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• incluir los acuíferos dentro de la definición de cuencas</li> <li>• abordar específicamente problemas y oportunidades que ofrece el agua subterránea en las cuencas</li> </ul>
<p><b>PARTICIPACIÓN DE USUARIOS DE AGUA</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• anticipar la participación de los usuarios en las agencias de cuenca</li> <li>• definir la responsabilidad de la agencias de cuenca y los usuarios de agua para el caso de transferencias de agua superficial</li> <li>• asegurar que las asociaciones de usuarios de agua tengan ‘personalidad jurídica’</li> <li>• los permisos de perforación de pozos deben estar sujetos a que los contratistas estén debidamente calificados</li> </ul>
<p><b>AUTORIDAD DE LA AGENCIA REGULADORA</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• proveer mecanismos para que la agencia reguladora actúe como mediadora, conciliadora o árbitro en conflictos entre usuarios de agua</li> <li>• incluir la posibilidad de que los usuarios coadyuven para hacer valer la ley</li> </ul>
<p><b>PROCESOS DE IMPLEMENTACIÓN</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• desarrollar la ley de aguas como marco general, y dejar los detalles operativos a su reglamento</li> <li>• preparar, paralelamente con el proyecto de la ley de aguas, una política y estrategia nacional de aguas junto con los instrumentos apropiados para su implementación</li> <li>• establecer un ‘equipo de implementación’ que adopte el papel de poner en práctica la ley de aguas, aunque esté en borrador, con el objetivo de anticipar las dificultades que se tendrían en la implementación y retroalimentar al equipo redactor</li> </ul>



### **Estrategia de Implementación para el Proyecto Yacambú-Quíbor**

- La Constitución Nacional de 1999 modificó las disposiciones de 1961 y decretó que todas las aguas de la naturaleza, tanto superficiales como subterráneas, son del dominio público, lo que permite que el Estado tome las medidas necesarias para su gestión eficiente. Sin embargo, en la práctica, la regulación de recursos hídricos sigue dispersa en varios instrumentos legales, y recientemente la Asamblea Nacional aprobó un programa para preparar una nueva Ley de Aguas. Esto resulta significativo, pues se espera que incorpore algunas recomendaciones generales que se derivan de la experiencia del Proyecto Yacambú-Quíbor (Tabla 4).
  
- Estos son los elementos básicos para la estrategia del proyecto:
  - reforzar la ‘cultura de riego’ del Valle de Quíbor, teniendo en cuenta la situación actual de la tenencia de la tierra, sin perder de vista asuntos como la productividad, la equidad y la inversión para infraestructura
  - analizar sistemas de distribución de riego que favorezcan el uso eficiente del agua como recurso limitante de la producción agrícola, y el acceso equitativo de los productores
  - otorgar a las instituciones estatales el papel de (a) promotor de desarrollo de sistemas de riego (b) regulador que garantice desarrollo sustentable de la base de recursos naturales (c) protector de las áreas agrícolas contra la ‘invasión urbana’ y la ‘degradación ambiental’
  - favorecer la formación de asociaciones cooperativas de pequeños agricultores para la compra de insumos agrícolas y la venta de sus cosechas
  - diseñar una estructura organizativa que claramente separe la gestión de los recursos de agua de los servicios de agua urbana y riego
  - establecer cargos por el uso del agua como recurso que, además de contribuir a la recuperación de costos, incentiven a los usuarios para que no bombeen agua subterránea durante ciertos periodos, con el fin de permitir la recuperación del acuífero.
  
- Se tiene confianza en que se dé la consistencia y continuidad necesarias para que este proyecto sea un éxito a largo plazo porque:
  - SHYQ está dedicada a promover el proyecto, por ejemplo, al haber firmado un acuerdo con la asociación de productores agrícolas del Valle de Quíbor, con el fin de consolidar las bases para que los grupos interesados participen en la gestión del proyecto
  - se está negociando la obtención de recursos financieros para apoyar tanto la participación de los grupos interesados en general como el desarrollo de capacidades.
  
- Para apoyar la estrategia de implementación se necesita más investigación en los siguientes rubros:
  - investigaciones de campo sobre opciones para mejorar la recarga de los acuíferos
  - comprender mejor el proceso de salinización del agua subterránea
  - cultivos resistentes a la sequía.

- Para asegurar la implementación se deben atender los siguientes asuntos institucionales:
  - dada la incertidumbre sobre la fecha en que entrará en operación la infraestructura para la transferencia de agua, resulta esencial y urgente la negociación con los usuarios para que reduzcan el bombeo de agua subterránea
  - hay que negociar un proyecto productivo y aceptable para enfrentar los temas de tenencia de la tierra en el valle
  - con el fin de aprovechar al máximo la nueva transferencia de agua, conviene establecer rápidamente un proyecto para la distribución de agua superficial para riego y una organización de usuarios de agua de riego.

#### Publicación

La Colección de Casos Esquemáticos del GW•MATE ha sido publicada en inglés por el Banco Mundial, Washington, D.C., EEUU. La traducción al español fue realizada por Héctor Garduño. También está disponible en formato electrónico en la página de Internet del Banco Mundial ([www.worldbank.org/gwmate](http://www.worldbank.org/gwmate)) y la página de Internet de la GWP – Asociación Mundial del Agua ([www.gwpforum.org](http://www.gwpforum.org)).

Los resultados, interpretaciones y conclusiones expresados en este documento son responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan los puntos de vista del Directorio Ejecutivo del Banco Mundial ni de los gobiernos en él representados.

#### Patrocinio económico



El GW•MATE (Groundwater Management Advisory Team – Equipo Asesor en Gestión de Aguas Subterráneas) es parte del Bank-Netherlands Water Partnership Program (BNWPP) y usa fondos de fideicomiso de los gobiernos holandés y británico.

