

**REVISTA CIDOB d'AFERS  
INTERNACIONALS 45-46.  
Agua y desarrollo.**

Análisis de la gestión del agua en zonas áridas y semiáridas: una propuesta de actuación.  
Roberto Pizarro Tapia

# Análisis de la gestión del agua en zonas áridas y semiáridas: una propuesta de actuación

\*Roberto Pizarro Tapia

Cuando se hace referencia a las zonas áridas y semiáridas del planeta, se está denominando, indudablemente, unas áreas que carecen del agua en cantidades suficientes como para satisfacer sus variadas necesidades. Sin embargo, estas áreas poseen características ecosistémicas que las diferencian nítidamente de otras. Así, por ejemplo, es posible destacar en ellas el tipo de vegetación que sustentan, la fragilidad manifiesta de los ecosistemas inmersos, la presencia de poblaciones humanas que viven al límite de sus posibilidades y la escasa importancia económica que se les asigna, salvo que dichas áreas contengan recursos naturales valiosos no renovables (oro, cobre, plata, petróleo, etc.), o sean zonas destinadas al turismo o a actividades de otra índole, como las militares o la experimentación científica. De igual forma, estas áreas se caracterizan por la presencia importante de procesos de desertización, todo lo cual hace más drásticas las condiciones de vida de las poblaciones que las habitan.

En el marco descrito, el elemento diferenciador de estas zonas, lo constituye la carencia de recursos hídricos, los cuales son aportados de forma irregular, en cantidades bajas o muy bajas, y con importantes grados de torrencialidad, con lo que se configura un cuadro difícil de predecir. Asimismo, las poblaciones ligadas a estos territorios y los consiguientes usos que hacen del agua, provocan una demanda social de regulación de este recurso, lo que hace que en innumerables ocasiones se den fuertes conflictos entre personas, comunidades y países, dada la importancia estratégica del agua para el crecimiento económico de estas regiones.

Lo anterior configura un contexto en donde se aprecia, por una parte, una alta demanda de recursos hídricos, y por la otra, una escasa oferta natural. Las situaciones descritas generan irremediablemente, más temprano o más tarde, conflictos de todo tipo, a los que se debe responder con esquemas de solución. Para ello, se requiere una cultura que supere tales enfrentamientos, definida por la reflexión y la acción, generadoras ambas de una adecuada tecnología social.

En este marco, el presente documento pretende realizar un análisis de la situación de las zonas áridas y semiáridas que las caracterice someramente desde una perspectiva hidrológica y social. Posteriormente, se propondrá un marco estratégico de actuación, que tienda secuencialmente a una adecuada gestión del agua, con el fin de superar la situación de conflicto que pudiera surgir.

## ANTECEDENTES GENERALES

### **Caracterización hidrológica de las zonas áridas y semiáridas**

Las zonas áridas y semiáridas se definen técnicamente desde la perspectiva de varios indicadores. Uno de ellos es el establecido por la UNESCO (1993), que parte de la relación P/ETP, donde P es la precipitación media anual, y ETP la evapotranspiración potencial. Con tales parámetros, se fija los siguiente:

0,00 < P/ETP < 0,03 Zona hiperárida

0,03 < P/ETP < 0,20 Zona árida

0,20 < P/ETP < 0,50 Zona semiárida

0,50 < P/ETP < 0,75 Zona subhúmeda

0,75 < P/ETP Zona húmeda

A parte de este indicador, existe una innumerable cantidad de índices, utilizados de varias formas y en diversas áreas por los distintos autores e investigadores. Sin embargo, y aunque hay indicadores que permiten identificar las zonas áridas y semiáridas desde una perspectiva climática, éstas se enfrentan a problemas que las hacen muy singulares, desde un punto de vista hidrológico, con respecto a otras áreas en el mundo. De este modo, por ejemplo, mientras a nivel mundial la hidrología de las zonas húmedotempladas es más prolífica en investigaciones y experiencias, la hidrología de las zonas áridas y semiáridas presenta un menor número de estudios, alta variabilidad de los datos, y carencia de relaciones lineales en el proceso precipitación-escorrentía. La carencia de investigaciones se demuestra a partir de un estudio de Bosch y Hewlett (1982),

quienes revisaron de forma exhaustiva la bibliografía mundial referida a datos de balances hídricos en las cuencas, y al efecto de la cobertura vegetal sobre la concentración de las aguas. A partir de este análisis se determinó que sólo un 10% de los estudios correspondían a áreas de precipitación media anual inferior a 600 l/m<sup>2</sup>.

Lo expuesto adquiere una importancia vital, si se considera que los sistemas precipitación-escorrentía son no lineales, y que su representación lineal es sólo un supuesto, debido principalmente a factores estacionales. Así, se plantea que para establecer relaciones precipitación-escorrentía, es preciso conocer: la distribución en el tiempo y en el espacio de la precipitación; las características fisiográficas de las cuencas; algunas leyes físicas; y los antecedentes sobre la humedad en el suelo y las condiciones iniciales del sistema (Singh, 1988). Por consiguiente, si existe un menor número de datos e investigaciones en las zonas áridas y semiáridas, será más difícil establecer relaciones físicas o matemáticas que expliquen los fenómenos hidrológicos, y que posibiliten una mejor gestión de los recursos hídricos.

Por otra parte, si la fijación de las relaciones precipitación-escorrentía se hace difícil en zonas templado-húmedas, que son zonas geográficas con precipitación más abundante y más distribuida en el tiempo, que la de las zonas áridas y semiáridas, ello se hace aún más complicado en zonas áridas y semiáridas. Asociado a esto, Rodier (1985) señala que el estudio de la escorrentía en estas zonas necesita usar una red de naturaleza distinta a la de áreas húmedas, ya que es necesario tomar en cuenta las variadas características fisiográficas de la cuenca. Asimismo, un elemento esencial en estas áreas es que no hay simplemente un único tipo de régimen, ya que se pueden distinguir más de 20 regímenes distintos.

En el mismo contexto, Pilgrim (et al., 1988) plantea que las zonas áridas y semiáridas poseen algunas particularidades hidrológicas que dificultan el proceso de modelación precipitación-escorrentía. Entre estos factores se citan la extremada variabilidad de las precipitaciones y, por ende, la de los valores de caudal, así como la carencia de información estadística de una consistencia mínima y fiable, es decir, que permita realizar trabajos matemáticos que posibiliten la predicción del comportamiento natural de los ríos y de las cuencas hidrográficas que los sustentan.

Los mismos autores (1988), en un trabajo llevado a cabo en Australia, determinaron que la amplia diversidad de características que presentan las zonas áridas y semiáridas hace, por una parte, que los requerimientos de información para el cálculo de variables matemáticas que expliquen el fenómeno sean muy distintos a los de otras regiones y, por otra, que lo más probable es que existan situaciones diferenciales particulares para cada región en particular. De igual forma, Bullock y Gustard (1990) plantean que el desarrollo de técnicas para una regionalización del proceso precipitación-escorrentía ha sido muy pobre en zonas áridas y semiáridas, y que no ha sido así en las zonas húmedas. Esto lo justifica por la dispersión de datos, la dificultad para la generación de estadísticas apropiadas de caudal y la ausencia de procedimientos que permitan extrapolar lo establecido.

Por otra parte, y respecto a la evaporación en regiones áridas y semiáridas, Rodier (1985) hace notar que en estas zonas es posible encontrar la paradoja de que, a mayor volumen de precipitación, la evapotranspiración (entendida ésta como la transpiración de las plantas, más la evaporación del agua desde el terreno y desde el follaje de la vegetación) aumenta hasta niveles que casi igualan el total de precipitación.

Este fenómeno se puede comprobar en algunos trabajos desarrollados en Cataluña (España). De este modo, Piñol (1990) señala de manera manifiesta las diferencias que se encuentran al analizar las dependencias de la evapotranspiración y el caudal con respecto a las precipitaciones, tanto en zonas mediterráneas como en otras regiones geográficas. Así, presenta unas gráficas en las que se demuestra a escala anual cómo en una cuenca mediterránea, en la zona del Montseny, en Cataluña, la evapotranspiración depende linealmente de la precipitación, en tanto que los caudales muestran una mínima dependencia de la precipitación. Esto significa que a mayor precipitación, mayor evapotranspiración y no siempre mayor caudal o escorrentía. En contrapartida, una cuenca de clima húmedo, ubicada en New Hampshire, Estados Unidos, tal como lo ha estudiado Likens (et al., 1977), denota una dependencia lineal de los caudales con respecto a las precipitaciones, en tanto que las evapotranspiraciones dependen muy poco de las precipitaciones, e incluso tienden a mantenerse casi constantes en el tiempo.

La UNESCO (1993) plantea la necesidad de entender las diferencias hidrológicas entre regiones. Así, Mc Mahon (1982), hidrólogo australiano, cuestiona que la hidrología mundial encaje en Australia, duda que nace de la constatación de que existe un comportamiento diferencial de las relaciones precipitación-escorrentía en Australia y África del Sur, con respecto a otras regiones del mundo, inclusive aquellas consideradas como áridas y semiáridas. Por lo mismo, y a la luz de las disparidades que se verifican, se sugiere como válido el replantearse la utilidad de la aplicación en regiones áridas y semiáridas de ciertos métodos desarrollados para zonas templado-húmedas, los cuales no encajan en las zonas áridas y semiáridas.

Singh (1988) sugiere que el considerar que la generación de escorrentía y la evaporación se incrementan linealmente con el aumento de las precipitaciones, es un supuesto que sólo es razonable asumir en zonas subhúmedas y templadas, donde la precipitación es moderada en cantidad y se presenta bien distribuida temporalmente, situación que no se da en zonas áridas y semiáridas. En este sentido, es preciso considerar con qué tipo de información estadística se va a trabajar en zonas áridas y semiáridas, para intentar establecer relaciones precipitación-escorrentía. Asociado a ello, Rodier (1985) plantea que para esas áreas el significado de un valor medio anual de precipitación es “casi una broma”. Ello responde a que la variabilidad año a año de la precipitación es tal, que la media no posee ningún significado físico o práctico. Además, se necesitan series muy largas de tiempo para aproximarse a un valor medio que posea consistencia estadística, lo cual también es válido para las escorrentías.

Por su parte, Estrela (1993) señala que no hay una relación lineal entre las precipitaciones y las escorrentías. Por ello, plantea que no es correcto trabajar con valores medios de precipitación cuando su rango de variabilidad espacial sea muy alto, situación que se da habitualmente en zonas áridas y semiáridas. Si la relación precipitación-escorrentía es de por sí difícil de determinar, este aspecto se complica si entran en juego otras variables, como la vegetación. En este contexto, se puede citar a Lavabre (et al., 1991), que estudian el ciclo hidrológico en una cuenca mediterránea del territorio francés. Esta cuenca, en agosto de 1990, sufrió un incendio que arrasó un 85% de la cobertura vegetal. Después de un año de observación de la cuenca quemada, el estudio presenta las consecuencias sobre el comportamiento hidrológico. De ellas se desprende, entre otras conclusiones, que con la destrucción de la vegetación, la cuenca denota un incremento de producción de la escorrentía de  $150 \text{ l/m}^2$ , aumento que se manifiesta, principalmente, en las crecidas.

Calder (1992), citando a diversos autores y en un análisis de 94 cuencas de todo el mundo, afirma que, en términos generales, un incremento de un 10% de la cobertura forestal en bosques de pinos y eucaliptos, vegetación que reemplaza a zonas cubiertas con pastos, determina una baja de  $40 \text{ l/m}^2$  en el caudal anual.

Lindholm y Stenbeck (1993) llevan a cabo en África un estudio para determinar la influencia de las forestaciones sobre la escorrentía superficial, entre otros aspectos. Considerando valores diversos de cobertura del suelo, y para edades de uno, dos y tres años de las plantaciones en cuestión, concluyen que existe una disminución estadísticamente significativa de la escorrentía en el lugar, como producto de la implantación de especies forestales.

En el marco brevemente descrito, puede concluirse que la bibliografía plantea de manera contundente lo siguiente: no es posible estructurar relaciones lineales precipitación-escorrentía en zonas áridas y semiáridas; para un proceso de este tipo es básico contar con datos de evapotranspiración en el territorio a estudiar, para conseguir una adecuada modelación; lo que se sugiere para las zonas con alta variabilidad espacial es aplicar modelos que configuren el desarrollo del ciclo hidrológico; y, por último, no existen experiencias en número importante, relativas a estudios hidrológicos en zonas áridas y semiáridas. Asimismo, surge claramente una conclusión que plantea Rodier (1990): “es una falacia pensar que una o dos fórmulas generales y algunos modelos, resolverán los problemas que se plantean en el estudio y gestión de los recursos hídricos superficiales en zonas áridas o semiáridas. Lo central es conseguir una adecuada red que entregue datos confiables desde un punto de vista estadístico e hidrológico y que éstos puedan ser debidamente analizados”.

Finalmente, es posible concluir que los procesos de conocimiento, según Bachelard (1985), pasan por un necesario planteamiento del problema. Así, señala que “dígase lo que se quiera, en la vida científica los problemas no se plantean por sí mismos. Es pre-

cisamente este sentido del problema el que delata un verdadero espíritu científico. Para un espíritu científico, todo conocimiento es una respuesta a una pregunta. Si no hubo pregunta, no puede haber conocimiento científico. Nada es espontáneo, nada está dado, todo se construye”. Luego, si la pregunta es cómo se puede llevar a cabo un proceso de gestión de los recursos hídricos en zonas áridas y semiáridas, entonces es necesario indagar en ese desafío y de la forma más integral posible.

### **Caracterización social de la gestión de recursos hídricos en las zonas áridas y semiáridas**

Moore (1990) establece una serie de recomendaciones para los hidrólogos, ligadas a zonas áridas y semiáridas de África. Así, entre otros consejos señala que la modelación hidrológica no es un fin en sí mismo y que debería prestarse más atención a los sistemas de toma de decisiones que a los modelos que se usan. Esta recomendación posee un amplio sentido en la actualidad, en donde parece importar más el tipo de modelo que la calidad de la información, o las apariencias que aportan los sistemas de realidad virtual, que la aplicación y practicidad de las herramientas generadas.

En este marco, y aunque parezca evidente, es necesario señalar que el agua es un recurso natural fundamental para la vida humana, por lo cual su importancia atraviesa horizontalmente todos los sectores de la vida económica y social. En este contexto, debería entenderse que la gestión de un recurso de este tipo, tendría que hacerse desde una perspectiva que integre todos los factores en el análisis. Es decir, el agua demanda una integralidad en su gestión, integralidad que posee una urgencia mucho mayor en zonas áridas y semiáridas por la escasez y fragilidad ambiental de este recurso, y por la urgencia que demandan las poblaciones humanas involucradas. Por consiguiente, sería interesante estudiar evaluativamente si esta premisa se cumple o si sólo es un ideal de actuación.

Para intentar averiguar si es posible aplicar planes de gestión de recursos hídricos, en zonas áridas y semiáridas, es necesario establecer previamente un diagnóstico acerca de cuál es la situación a la que actualmente se enfrentan estos planes. De este modo, se considerarán las siguientes definiciones. En primer lugar, se entiende por “evaluación” la comparación que se realiza entre una situación real y una situación hipotética o teórica, que puede mostrar las diferencias entre las dos situaciones analizadas. Por lo tanto, el “diagnóstico” se define como la o las causas de las disparidades que identifican ambas situaciones.

En este marco, lo primero que ha de hacerse para realizar el diagnóstico, será plantear algunas situaciones que debiesen existir en un marco ideal, para llevar a cabo planes de gestión de recursos hídricos en zonas áridas y semiáridas.

### *Situación hipotética o ideal*

a) Existencia de marcos interdisciplinarios de trabajo. En la medida en que esta situación se verifica, es más probable la incorporación de diversos acervos culturales y de trabajo, lo cual potencia la posibilidad de obtener resultados que van más allá de la simple suma de esfuerzos parciales.

b) Presencia de una política de gestión de recursos hídricos en un contexto ambiental y productivo, que oriente planes institucionales, de investigación, técnicos, así como de educación y capacitación. Al existir una política definida de gestión del agua, se pueden obtener resultados que potencien la actuación de las instituciones de ejecución física y social, así como la acción de las instituciones de investigación. Ello es así porque sus objetivos y planes de acción específicos son parte de una planificación que optimiza los escasos recursos disponibles.

c) Cooperación interinstitucional para la solución de problemas técnicos y sociales. El que las instituciones cooperen entre ellas permite la sinergia organizacional, tan necesaria como deseada para una actuación eficiente. Si eso no se consigue, no sólo se reducen las posibilidades de éxito a causa de la pobreza que presenta una sola actuación institucional, sino que es muy difícil que se alcancen marcos interdisciplinarios de trabajo.

d) Incorporación de esquemas educativos, de investigación y de capacitación continua en los profesionales y usuarios, con el fin de instaurar una cultura del agua. Si se incluyen marcos educativos de trabajo, se estará en la línea de conseguir propuestas de mayor duración estructural en el tiempo y en el espacio. Esto responde a que la actuación que se cobija en esquemas educativos, de investigación y de capacitación, tiende a hacer más independientes a las personas que se benefician de estas acciones, y a quienes las proponen desde una perspectiva técnica. De esta forma, ambos se potencian en un plano de mayor equidad y, por ende, de mayor sostenibilidad ambiental.

e) Adopción de esquemas de gestión estratégica. En la actualidad, y en función del cambio de valores de este final de siglo, de los elementos conceptuales que se manejan y del objetivo del desarrollo sostenible, resulta vital trabajar con modelos de gestión estratégica, ya que permiten, desde una visión sistémica, ofrecer respuestas a una problemática compleja y variable. De esta forma, el concepto de estrategia que incorporan estos modelos, no sólo está referido a la solución de problemas técnicos, sino también a solventar dificultades del más amplio espectro, al incorporar a los actores sociales y a su correspondiente dimensión polifacética. Por ello, la estrategia es una herramienta que sirve a objetivos generales y específicos, y precisa por lo tanto de un diseño participativo y consensuado. Sin embargo, la incorporación del espectro social y sus variables aumenta la entropía del sistema, es decir, el desorden en el interior del sistema físico y social, hecho que debe ser considerado en el momento de evaluar las posibilidades reales de estos métodos.



f) Toma de decisiones consensuada entre los diversos actores que representan el cuerpo social, técnico y político. Para la sostenibilidad de las actuaciones técnicas, se plantea un aspecto de alta importancia, como es que el resultado del proceso de participación de los actores involucrados debe generar decisiones mayoritariamente consensuadas, con el fin de conseguir su adhesión continuada y efectiva al proceso.

g) Existencia de una descentralización administrativa regional. Para que las instituciones puedan actuar eficazmente y conforme a directrices regionales o locales, resulta fundamental permitir la capacidad de respuesta de cada una de ellas. Si sus acciones dependen de estructuras centralizadas en el poder político nacional, su poder de actuación se ve notablemente disminuido por el hecho de tener que acatar directrices que les son ajenas y que, en algunos casos, no se condicen con lo que se ha planteado regionalmente como válido, o con lo que el ecosistema físico demanda.

h) Verificación de una alta motivación institucional para la obtención de recursos financieros. Este aspecto cobra una elevada relevancia, en virtud de que los recursos de los que dispone normalmente una institución están muy limitados y previamente definidos. Por ello, una estrategia recomendable es la obtención de recursos adicionales para implementar y complementar programas con un marcado acento regional. Sin embargo, ello sólo es posible si los integrantes de las diversas instituciones están motivados en ese objetivo, motivación que puede tener distintas vertientes.

### *Situación real*

Prácticamente todas las situaciones señaladas como esquema ideal, para la elaboración y ejecución de actuaciones en el marco de la gestión de recursos hídricos en zonas áridas y semiáridas, no se cumplen totalmente. Obviamente, existen y han existido iniciativas de importancia, pero éstas son de tipo personal o institucional. Así, por ejemplo, la investigación raras veces es un apoyo a la actuación de las instituciones y, además, en la mayoría de los casos, es una investigación muy específica, sin una perspectiva de aplicación concreta. Esto es mucho más visible en lo que respecta a la investigación básica, en donde no existen líneas claras de acción y las metas a conseguir se fijan más en función de lo que piensa particularmente cada investigador, que a partir del resultado de orientaciones maestras para el desarrollo hídrico. Asimismo, se observa una escasa investigación en el ámbito de la gestión de recursos hídricos, en donde se confunde muy notoriamente este tipo de estudio con el que se requiere en ingeniería hidrológica, con todas las carencias que ésta posee actualmente.

Otro aspecto importante a destacar es que, si bien en algunos planes de gestión del agua en zonas áridas y semiáridas se ha intentado incorporar a los diversos actores de una región determinada, ello no se ha traducido en una expresión democrática, equitativa y consensuada. Esto ha sucedido porque en algunos casos se ha verificado que el

peso relativo de los actores en el interior del proceso es distinto, debido a factores económicos, sociales, políticos, de expresión, etc., lo cual ha facilitado la discontinuidad de las acciones y el abandono de las propuestas aceptadas.

En síntesis: la situación hipotética o ideal, para llevar a cabo un plan de acción eficiente y efectivo en cualquier ámbito de la gestión de recursos hídricos en zonas áridas y semiáridas, dista de la situación real.

### *Diagnóstico*

Entendiendo por diagnóstico a las causas de las diferencias entre la situación ideal definida y la situación real, un diagnóstico preliminar factible, en el marco de la gestión de recursos hídricos en zonas áridas y semiáridas, es el siguiente:

a) Inexistencia de una política integradora de actuación en función de los recursos hídricos. Las actuaciones ligadas al agua, en zonas áridas y semiáridas, se estructuran generalmente de modo discreto y específico, según sea el sector productivo de que se trate. Por ejemplo, la agricultura requiere del agua para satisfacer sus necesidades de riego, y esa necesidad, mirada desde ese sector, surge casi de manera independiente a la que pueda requerir la industria, el consumo humano, la hidroenergía, etc. Es decir, existe una aplicación individual, lo cual no es congruente con la necesidad de actuación integradora que demanda un recurso vital de este tipo. De este modo, cada sector opera como si no existiera conexión con otros sectores y/o personas.

b) Las instituciones gubernamentales no asumen la descentralización. Este aspecto es medular en el momento de intentar incorporar a las diversas instituciones regionales o locales en el proceso de gestión. Sin embargo, el funcionamiento normal de las diversas organizaciones consiste en definir sus planes de actuación bajo un marco altamente centralista, en el cual los grados de libertad que poseen las entidades regionales son muy bajos, o no les permiten establecer políticas efectivas en un marco integrador regional, salvo contadas excepciones.

c) Existen instituciones sectoriales que pertenecen a distintos Ministerios con diversas orientaciones. En un esquema sistémico como es la actuación en la gestión del agua, la mancomunidad de esfuerzos no sólo es deseable, sino que es imprescindible. Esto es así porque ninguna institución puede, por razones técnicas más que financieras, extender su campo de acción de modo ilimitado. Sin embargo, y entendiendo este aspecto como algo de vital importancia, se da la paradoja de que instituciones que trabajan en ámbitos económicos similares, pertenecen a distintos Ministerios, los cuales enfrentan el problema de las cuencas y de los recursos hídricos con diversos énfasis, lo cual es evidente, por ejemplo, en países de América Latina y también en países europeos. Entonces, una causa de la poca eficiencia interinstitucional que se aprecia es la pertenencia a estructuras que obedecen a políticas distintas.

d) No se verifica la existencia de una definición de líneas de actuación consensuadas con todos los actores. Bajo el esquema que se trate, se verifica que las acciones técnicas no se consensuan con todos los actores que desean involucrarse en procesos de desarrollo. Y eso es tan cierto que, aunque exista la intención de generar esquemas de coactuación, eso será muy difícil de establecer, dado que no se ha incorporado como un paso previo la capacitación en gestión estratégica y, por ende, no existe una sistematización del trabajo desarrollado, ni mucho menos una retroalimentación constante.

e) No existe una instancia que ejerza un liderazgo técnico en la gestión de las cuencas y de los recursos hídricos. Otro factor que forma parte del diagnóstico es la inexistencia de una instancia coordinadora relevante que aglutine los esfuerzos de investigación y ejecución de programas en el ámbito del agua. Generalmente, no hay un actor que lidere la coordinación, planificación, ejecución, seguimiento, evaluación y reformulación de las acciones concretas desarrolladas y que se han de aplicar en un futuro, lo cual es necesario e imprescindible en el caso de un recurso vital como el agua.

f) Carencia de una cultura de cuencas y del agua por parte de los actores políticos y técnicos externos. Si los aspectos mencionados anteriormente constituyen un factor determinante para la ejecución de un adecuado Plan de Gestión de Recursos Hídricos, la carencia de una cultura de este tipo en los actores técnicos y políticos externos al sector constituye también un problema relevante. Así, si se considera a la cultura desde la perspectiva de Ortega y Gasset (Madrid 1883-1955) -es decir, como un conjunto de factores que permiten encarar un problema y darle solución- entonces, como no se advierte una cultura de gestión de los recursos hídricos, la posibilidad de incorporar una dimensión de desarrollo a planes de este ámbito se reduce considerablemente.

g) Existe una carencia evidente de esquemas de actuación estratégica en las instancias de ejecución de programas. Si se pretende llevar a cabo un Plan de Gestión de Recursos Hídricos en zonas áridas y semiáridas, éste debe contar con técnicos preparados para retroalimentar el sistema, formular nuevos esquemas, evaluarlos y seguirlos. Sin embargo, por distintos factores, ello no es posible. Uno de estos condicionantes es la carencia de métodos de actuación estratégica. Es decir, no sólo se necesita contar con un adecuado nivel de conocimiento técnico, sino que hay que definir previamente qué marco técnico es el realmente adecuado y qué estrategia debe seguirse para su implementación con posibilidades de logro técnico y social. Esto sólo es posible lograrlo con la incorporación de esquemas de gestión estratégica (factor con el que usualmente no se cuenta) que posibiliten esta situación.

h) Degradación constante de las cuencas hidrográficas. Expuesto todo lo anterior, surge como elemento relevante en el diagnóstico que una consecuencia de la no planificación y el consiguiente mal uso de los recursos es la degradación constante y creciente de los ecosistemas. Esta situación está provocada por los aspectos ya señalados en este diagnóstico, pero a ello se añade la condición de marginalidad socioeconómica de la pobla-

ción y la fragilidad ecosistémica de muchas áreas en las que se pretende actuar. De ahí surge la necesidad de contar con planes de ordenación territorial, que permitan priorizar esfuerzos en función de esquemas de actuación que contemplen todos los criterios.

Finalmente, es posible señalar que el diagnóstico aquí enunciado posee muchas otras causas que son muy difíciles de escrutar, porque son parte del comportamiento humano y se enmarcan en aspectos de tipo personal. Sin embargo, si los factores someramente enunciados en el diagnóstico pueden abordarse con un mínimo de efectividad, entonces sí será posible pensar en un Plan efectivo de Gestión de Cuencas Hidrográficas y de los Recursos Hídricos, que vaya más allá de la sola idea de listar ciertas actividades técnicas. Este Plan debe proponerse pautas de actuación que superen la situación actual y propendan a facilitar el trabajo técnico y social y, asimismo, que tiendan a alcanzar el éxito de las actividades específicas, previa definición del marco en que éstas deben desenvolverse.

## PROPUESTA DE UN PLAN DE GESTIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS PARA LAS ZONAS ÁRIDAS Y SEMIÁRIDAS

Una propuesta genérica de gestión de los recursos hídricos para las zonas áridas y semiáridas se enfrenta, obviamente, a las características singulares de los ecosistemas en que se esté actuando, por lo cual debe ser entendida como una aproximación general a la problemática descrita. Por ello, la propuesta se plantea más bien desde la perspectiva del autor y de su experiencia de trabajo e investigación en las zonas áridas y semiáridas de Chile.

En función de lo expuesto, un elemento básico a tener en cuenta es la importancia del agua en estas zonas: como recurso vital para el mantenimiento de la vida; como recurso económico; como recurso social con implicaciones culturales, recreativas, educativas, etc.; y como recurso polifuncional, por las prestaciones que ofrece a los más diversos sectores productivos. Todo ello verifica la trascendencia de la existencia de un recurso con importantes limitaciones en cantidad y calidad. Así, parece evidente que debiese existir un objetivo global que tienda, por medio de estrategias adecuadas, a la preservación de los recursos hídricos en cantidad y calidad, en términos temporales y espaciales. Luego, ¿por qué esta situación no se tiene en cuenta?

La respuesta pasa por variadas causas, como que la población local no percibe claramente los problemas ambientales ligados a la gestión del agua y sus implicaciones. Ello es así porque los fenómenos de degradación del agua en muchas ocasiones son de

lenta manifestación física. Asimismo, no existe una difusión importante y continua que se traduzca en una educación ambiental efectiva y eficiente. Además, los recursos hídricos, a no ser que el mercado les asigne una importancia determinante por la existencia de posibilidades de negocios de alta rentabilidad, no presentan una relevancia que los haga merecedores de la atención de las autoridades. Por último, no existen las adecuadas investigaciones ni las suficientes actuaciones técnicas para detener los procesos de degradación del recurso o incrementar su preservación, en tanto que el único aspecto que tiende a crecer exponencialmente es el de los aprovechamientos. Por lo tanto, es casi imposible hablar de integralidad, cuando cada sector productivo o social hace con el agua lo que mejor le parece o, por lo menos, tiende manifestamente a defender sus propios intereses. Esto último no debería extrañar, salvo que esa estrategia lleva implícita la degradación de los recursos hídricos, una menor eficiencia de aprovechamiento y un impacto ambiental muy importante.

Los campos en los cuales se expresa esta problemática son muchos, pero en términos genéricos se proponen cuatro que se consideran fundamentales, a saber: el ámbito institucional, el técnico, el de la educación y la capacitación, así como el de la investigación. El primero se refiere a las actuaciones que se deberían llevar a cabo en el contexto de la concertación interinstitucional con vistas a una mancomunidad de esfuerzos y una optimización de recursos, para una adecuada protección y aprovechamiento del agua. El ámbito técnico abarca la medición, análisis cuantitativo y cualitativo, generación de estadísticas y evaluación de los recursos hídricos, así como las actuaciones técnicas con vistas a la protección y el aprovechamiento del agua. El campo de la educación y la capacitación comprende la relación con las estrategias que deben ser adoptadas para conseguir una adecuada capacidad humana de gestión regional y local de los recursos hídricos. Dicha capacidad no se circunscribe sólo a aspectos técnicos ligados a la ingeniería hidrológica, sino también a esquemas de gestión estratégica o proyectos educativos de enseñanza masiva o específica, por ejemplo. Finalmente, el ámbito de la investigación está orientado a la puesta en marcha de programas operativos de investigación básica y aplicada que aporten datos acerca de la evaluación cuantitativa y cualitativa del ciclo hidrológico, las posibles modelaciones que pueden estructurarse, la influencia de la vegetación, los regímenes de precipitaciones y de caudales, el comportamiento de los caudales subterráneos, etc. Ahora bien, todo ello ha de estar definido por objetivos previamente establecidos, de los cuales la mayoría de las instituciones involucradas han de tomar nota.

A partir de los ámbitos ya descritos, de las finalidades que se determinen, de las restricciones que se detecten para el logro de tales propósitos, de las soluciones que se encuentren para superar las dificultades, y de las estrategias definidas por objetivo, será posible alcanzar lo que la jerga técnica denomina Planes Directores de Recursos Hídricos. Estos no son más que un conjunto estructurado de actuaciones y estrategias que persiguen el logro de objetivos globales y específicos mediante actividades claramente definidas, en las cuales

ha participado el conjunto de actores que han acordado modificar los campos de trabajo ya definidos. Asimismo, estos Planes Directores deben estructurarse para cada ámbito.

A partir del contexto brevemente descrito, se proponen los siguientes pasos para la creación de una estrategia de utilización efectiva y eficiente de los recursos hídricos en zonas áridas y semiáridas, que se denominará Plan Director de los Recursos Hídricos para las Zonas Áridas y Semiáridas.

### **Materiales necesarios**

Una adecuada estrategia de utilización de los recursos hídricos, en zonas áridas y semiáridas, requiere de los recursos para financiar las diversas tareas necesarias para la elaboración y validación de un Plan de estas características. Por ejemplo, deberán sufragarse las labores de los consultores que diseñarán la estrategia de acción en función del trabajo previo de diagnóstico de cada zona específica. Además, deben financiarse las actividades de difusión y coordinación, necesarias para un proyecto de este tipo. De igual forma, deberán definirse tareas técnicas de transferencia tecnológica, en virtud de la necesidad de que la población involucrada conozca y reconozca actuaciones compatibles con una gestión racional de los escasos recursos disponibles.

Por otra parte, un proyecto que permita generar una adecuada estrategia de trabajo, asume como un factor importante el conocimiento de las zonas áridas y semiáridas por parte de los técnicos de las diversas instituciones ligadas a estas áreas. Por ello, un primer aspecto que debe considerarse es la destinación de recursos financieros para conseguir sistematizar las experiencias previas de ingenieros y técnicos relacionados con estas áreas de trabajo, dado que no se puede estar siempre empezando de cero. De este modo, por poco que se haya hecho, siempre existirá algo, escrito o no, que sirva a los propósitos de iniciar un Plan de Trabajo.

En el mismo marco, un proyecto como el que se propone demandará recursos importantes de operación, para llevar a cabo las actividades previstas. De igual forma, otro aspecto fundamental es la capacitación de técnicos y usuarios en tecnologías físicas y sociales, con el fin de que la gestión futura de los recursos hídricos sea autosostenida por las instituciones participantes y los propios usuarios.

### **Método**

El elemento fundamental que contempla un proyecto de este tipo se basa en la participación interactiva de los actores involucrados, a fin de lograr que sus acciones se complementen. Por ello, se necesita de un equipo técnico que ejerza un rol de coordinador, y que adopte una posición neutral, es decir, un papel de organizador de las actuaciones correspondientes.

Para lograr lo anterior se requiere contar con un grupo de instituciones dispuestas a trabajar conjuntamente y que aporten personal experto, además del compromiso de los

usuarios para participar en la elaboración de planes y programas. De igual forma, debe considerarse que estos procesos comportan aspectos de retroalimentación constante.

Metodológicamente, los pasos que han de seguirse se estructuran en función de las siguientes actividades:

## Fases de trabajo

### *Fase 1. Selección de las cuencas hidrográficas en las que se tiene que intervenir*

*Descripción.* En esta fase se seleccionan las áreas donde se va a trabajar, intentando que éstas queden determinadas a partir de las cuencas hidrográficas representativas de la zona. Esta tarea se debe llevar a cabo con la participación de expertos y con el uso de esquemas multicriterio, a través de los cuales se identifican las cuencas más relevantes para el Plan de Gestión que se pretende desarrollar. Es importante destacar que un experto puede ser un lugareño de la zona, así como un buen profesional o investigador.

*Objetivo* de la fase. Identificar las cuencas sobre las cuales se modelará la estrategia de gestión de los recursos hídricos.

*Actividades.* Entre otras, éstas pueden ser las siguientes:

Actividad	Resultado esperado	Unidad de medida
Preselección de cuencas con necesidades de gestión	Listado de cuencas para su selección	Cuencas
Recopilación de información general de las cuencas seleccionadas, estandarizada en un formato	Caracterización general de cada cuenca	Fichas de cuencas
Selección de expertos a consultar para la selección de las cuencas	Listado de expertos	Expertos
Consulta a expertos mediante métodos multicriterio	Identificación de las variables de selección de mayor peso	Variables ponderadas
Selección definitiva de las cuencas	Identificación de las cuencas que se trabajarán	Cuenca

Nota: Las metas y duración temporal de todas estas actividades se incluirán cuando sean definidas por el equipo técnico encargado del proyecto, y necesariamente deben quedar claramente expresadas para un control eficiente de la actividad.

*Fase 2. Recopilación de información física y socioeconómica para cada cuenca*

*Descripción.* En esta fase se deben identificar y describir los actores institucionales y usuarios de las cuencas seleccionadas, señalando alcances, funciones, tareas estratégicas y metas institucionales.

*Objetivo de la fase.* Identificar y caracterizar los actores y usuarios de las cuencas seleccionadas.

*Actividades:* Entre otras, éstas pueden ser las siguientes:

Actividad	Resultado esperado	Unidad de medida
Catastro de las instituciones y usuarios presentes en las cuencas seleccionadas	Listado de actores relevantes	Informe
Sistematización de la experiencia previa de los profesionales de las instituciones que actúan en las cuencas	Experiencias previas sistematizadas y disponibles	Informe
Catastro de información institucional	Listado de iniciativas con perfil definido de los beneficiarios	Informe
Recopilación y/o elaboración de cartografía temática existente para cada cuenca	Disposición de información cartográfica de uso fácil	Mapas temáticos
Digitalización de la cartografía temática relevante	Disponibilidad de cartografía digital	Archivos digitales
Elaboración de informe diagnóstico de cada cuenca	Disposición de datos e información real por cuenca	Informe

Nota: Las metas y duración temporal de todas estas actividades se incluirán cuando sean definidas por el equipo técnico encargado del proyecto, y necesariamente deben quedar claramente expresadas para un control eficiente de la actividad.



*Fase 3. Elaboración de la mesa de concertación y desarrollo de talleres de trabajo estratégico*

*Descripción.* En esta fase se establecerá el equipo de trabajo integrado por el conjunto de actores, la metodología a seguir, y se aplicarán esquemas de planificación y gestión estratégica.

*Objetivo de la fase.* Confección de un programa de trabajo definido estratégicamente y delimitado por proyectos específicos.

*Actividades.* Entre otras, éstas pueden ser las siguientes:

Actividad	Resultado esperado	Unidad de medida
Difusión entre los actores institucionales del informe diagnóstico de cada cuenca	Conocimiento de la situación referencial	Reuniones
Conformación de la mesa de concertación y determinación de cuatro ámbitos de trabajo: institucional, técnico, de educación y de capacitación, e investigación	Definición del equipo de actores	Personas
Determinación y jerarquización, por ámbito de trabajo, de los principales problemas a los que se enfrentan los actores	Conocimiento de los problemas existentes y su prioridad	Talleres
Fijación de los objetivos a alcanzar y las restricciones involucradas, por ámbito de trabajo	Definición de los propósitos de la gestión	Talleres
Exposición de las soluciones y estrategias que posibilitan el logro de los objetivos, para cada ámbito de trabajo	Obtención del cómo actuar, para cada solución definida y para cada objetivo	Talleres
Definición de los proyectos que se deben implementar en los cuatro ámbitos de trabajo	Definición jerárquica de los proyectos seleccionados en función de prioridades, costes y objetivos.	Proyectos

*Nota:* Las metas y duración temporal de todas estas actividades se incluirán cuando sean definidas por el equipo técnico encargado del proyecto, y necesariamente deben quedar claramente expresadas para un control eficiente de la actividad.

*Fase 4. Aplicación de las estrategias de gestión a las cuencas hidrográficas seleccionadas*

*Descripción.* En esta fase se llevan a cabo las estrategias y proyectos definidos en la anterior, en un esquema que permita en el futuro una adecuada evaluación.

*Objetivo de la fase.* Implementar los programas operativos definidos en los cuatro ámbitos de trabajo.

*Actividades.* Entre otras, éstas pueden ser las siguientes:

Actividad	Resultado esperado	Unidad de medida
Aplicación de las estrategias y proyectos definidos para el ámbito institucional	Involucración y participación de las diversas instituciones y usuarios de la cuenca	Actores
Aplicación de las estrategias y proyectos definidos para el ámbito de la educación y la capacitación	Capacitación de técnicos y usuarios	Cursos
Aplicación de las estrategias y proyectos definidos para el ámbito de la investigación	Implementación de proyectos de investigación e intercambio de resultados entre los actores	Proyectos
Aplicación de las estrategias y proyectos definidos para el ámbito técnico	Implementación de proyectos coordinados de gestión técnica de la cuenca hidrográfica	Proyectos

Nota: Las metas y duración temporal de todas estas actividades se incluirán cuando sean definidas por el equipo técnico encargado del proyecto, y necesariamente deben quedar claramente expresadas para un control eficiente de la actividad.

### *Fase 5. Retroalimentación y seguimiento*

*Descripción.* Esta fase permite la evaluación y retroalimentación de las estrategias y proyectos definidos por los actores.

*Objetivo de la fase.* Determinar los puntos fuertes y los débiles de las propuestas implementadas.

*Actividades.* Entre otras, éstas pueden ser las siguientes.

Actividad	Resultado esperado	Unidad de medida
Comparación entre los resultados esperados y los reales, de las estrategias y proyectos implementados para cada uno de los cuatro ámbitos definidos	Conocimiento de la evolución real de las estrategias trazadas en cada uno de los cuatro ámbitos definidos	Taller - Informes
Identificación de las situaciones que provocan diferencias entre los resultados esperados y los observados	Conocimiento de las fortalezas y debilidades de las actuaciones desarrolladas	Taller - Informes
Redefinición de los proyectos que han de implementarse en los cuatro ámbitos de trabajo	Solucionar los problemas que impiden alcanzar los resultados esperados y aprovechar las ventajas que permiten superar estos mismos logros propuestos	Taller - Informes

*Nota:* Las metas y duración temporal de todas estas actividades se incluirán cuando sean definidas por el equipo técnico encargado del proyecto, y necesariamente deben quedar claramente expresadas para un control eficiente de la actividad.

### *Fase 6. Definición de los Planes Directores*

*Descripción.* Esta última fase es la que permite, merced a la experiencia endógena y exógena acumulada en el proyecto, proponer esquemas de trabajo para las áreas en estudio y otras unidades similares.

*Objetivo de la fase.* Definir los planes directores para cada uno de los ámbitos y proponer metodologías sistémicas de aplicación en otras unidades hidrográficas similares desde un punto de vista físico y social.

*Actividades.* Entre otras, éstas pueden ser las siguientes:

Actividad	Resultado esperado	Unidad de medida
Determinación del Plan Director Institucional de Recursos Hídricos para las cuencas hidrográficas involucradas	Definición de la política de trabajo a medio plazo en el ámbito institucional	Informe
Determinación del Plan Director Técnico en Recursos Hídricos para las cuencas hidrográficas involucradas	Definición de la política de trabajo a medio plazo en el ámbito técnico	Informe
Determinación del Plan Director de Educación y Capacitación en Recursos Hídricos para las cuencas hidrográficas involucradas	Definición de la política de trabajo a medio plazo en el ámbito de la educación y la capacitación	Informe
Determinación del Plan Director de Investigación en Recursos Hídricos para las cuencas hidrográficas involucradas	Definición de la política de trabajo a medio plazo en el ámbito de la investigación	Informe
Determinación de una metodología sistémica de trabajo en cuencas hidrográficas estructurada en un libro y un manual práctico	Definición concreta de un marco metodológico sistémico, calibrado y validado a partir de experiencias reales	Libro-manual

Nota: Las metas y duración temporal de todas estas actividades se incluirán cuando sean definidas por el equipo técnico encargado del proyecto, y necesariamente deben quedar claramente expresadas para un control eficiente de la actividad.

## Resultados esperados

Las consecuencias previstas de una propuesta de este tipo, son las siguientes:

*Participación* organizada de los actores en torno a la toma de decisiones, la orientación técnica y la supervisión de la marcha del proyecto, en un medio natural altamente demandante de soluciones sistémicas, como son las zonas áridas y semiáridas.

*Disposición*, por parte del proyecto, de recursos aportados por los diversos actores, lo cual debería permitir la obtención de parte de los medios que demanda la realización de un proyecto de esta magnitud técnica.

*Confirmación* de Grupos de Trabajo en Gestión de Cuencas Hidrográficas y, en particular, de Recursos Hídricos, que en función de ciertos aspectos metodológicos, orienten la definición y praxis de un Plan de Ordenación Territorial.

*Incorporación* en el acervo de trabajo de la necesidad de interactuar con sus interlocutores, de los diversos actores endógenos y exógenos al área en estudio. Con ello pretenden obtenerse marcos sinérgicos de trabajo, en un espacio territorial definido.

*Obtención de orientaciones técnicas de planificación estratégica, física y socioeconómica*, que permitan abordar efectiva y eficientemente el desarrollo de Planes de Ordenación Territorial.

*Por último, se prevé la obtención de un Plan de Trabajo* para cada una de las cuencas analizadas, a través de un documento sintético y pragmático, resultado de una acción concertada y, por ende, poseedor de la legitimidad necesaria para su puesta en marcha, ejecución, evaluación y retroalimentación.

## CONSIDERACIONES FINALES

La propuesta que se ha planteado en ningún caso es excluyente de otras opciones que se puedan integrar para mejorar o complementar lo expuesto. De hecho, es parte de su esencia el considerar retroalimentaciones efectivas y eficientes, dado su carácter sistémico. Así, en esta proposición se buscan los efectos de las interacciones de todo tipo que genera la gestión de los recursos hídricos, más que la propia naturaleza de tales interacciones.

Por otra parte, aunque el modelo que se propone posee ese carácter sistémico ya señalado, la actuación específica, en aspectos como la investigación, no descarta, obviamente, la aplicación de métodos analíticos, dado que ellos son el soporte de tales actuaciones. Lo importante es determinar qué es lo que se desea alcanzar con el proceso de gestión de los recursos hídricos de una región o una cuenca, para posteriormente definir cómo se lograrán los objetivos que se plantean. Por tanto, el uso de métodos sistémicos de trabajo será más eficiente en este caso, pero la actuación específica demandará mayores alcances de tipo analítico.

En el mismo marco, la capacidad del método propuesto es muy potente en escenarios en los que se conjugan aspectos sociales, económicos, científicos, políticos, etc., y especialmente en un tema como el de la gestión del agua. Sin embargo, este tipo de Plan debería incorporar la participación de expertos regionales de toda índole, en virtud de que las propuestas de actuación han de resultar próximas a la realidad local.

De esta forma, el Plan se construye como un instrumento concreto que apunta al logro de metas bien definidas, lo que permite evaluar su marcha en función del cumplimiento de dichas finalidades. No obstante, el Plan que se propone precisa de una conducción eficiente, a fin de alcanzar esos objetivos, requiere ductilidad para permitir el análisis de lo realizado, y enmendar esquemas inadecuados de trabajo, y demanda mucho rigor y disciplina de actuación, para poder llevarlo a buen término desde un punto de vista gerencial, global y específico.

Por otra parte, las propuestas que se deriven de las distintas fases de trabajo, suponen la participación de diversas instituciones, instancias y esfuerzos, lo que requiere de una alta capacidad de trabajo y de organización. Este desafío debe ser asumido, según la opinión del autor, por la institución que actúa en una región, cuenca o área determinada, en la gestión de los recursos hídricos, en particular, y de los naturales, en general.

Finalmente, implementar una propuesta estratégica como la que se propone, implica la necesidad de estructurar estrategias participativas que posean la cualidad de ser sostenibles en el tiempo y el espacio. Esto sólo puede ser conseguido con la participación de la mayor cantidad de los actores involucrados en estas tareas. En este espíritu se han estructurado estas propuestas, y se espera que en función de ello, y por la experiencia del autor y de otros muchos técnicos en diversos países de América, éstas puedan contribuir al logro del objetivo que subyace en este documento: la mejora de la calidad de vida de la población dependiente del agua en las zonas áridas y semiáridas de nuestro planeta.

Referencias bibliográficas

- Andreu, J. (Ed.) (1993) *Conceptos y métodos para la planificación hidrológica*. Barcelona: Cimne, p. 391.
- Bachelard, G. (1985) *La formación del espíritu científico*. Argentina: Editorial Siglo XXI.
- Bedient, P. y Huber, W. (1992) *Hydrology and Floodplain Analysis*. EEUU: Adisson-Wesley Publishing Company, p.692.
- Black, P. (1991) *Watershed Hydrology*. New Jersey: Prentice Hall, p.408.
- Bosch, J. y Hewlett, J. (1982) "A Review of Catchment Experiments to Determine the Effect of Vegetation Changes on Water Yield and Evapotranspiration". *Journal of Hydrology*, Vol 55: p 3-23.
- Bullock, A. y Gustard, A. (1990) *Towards a Regional Water Resource Study of Arida and Semiarid Africa*. EEUU: International Water Resources Association Urban.
- CEDEX (1993) *Modelos matemáticos para la evaluación de recursos hídricos*. Madrid: Ministerio de Obras Públicas y Transportes, p. 55.
- Estrella, T. (1990) *Los modelos de simulación integral de cuenca y su utilización en estudios de recursos hídricos*. Madrid: Centro de Estudios Hidrográficos, Ministerio de Obras Públicas Transportes y Medio Ambiente.
- Estrella, T. (1991) *Sensitivity Analysis as a Tool to Improve the Parameter Calibration of a Watershed Model*. Madrid: Centro de Estudios Hidrográficos, Ministerio de Obras Públicas Transportes y medio Ambiente.
- Estrella, T. (1993) *Modelos matemáticos para la evaluación de recursos hídricos*. Madrid: Centro de Estudios Hidrográficos, Ministerio de Obras Públicas Transportes y Medio Ambiente, p.55.
- Gordon, N., et al. (1992) *Stream hydrology; an introduction for ecologists*. John Wiley and Sons. Inglaterra. 526 p.
- Gupta, R. (1989) *Hidrology and Hydraulic Systems*. New Jersey: Prentice Hall, p. 679 y anexos.
- Lavabre, J., et al. (1991) "Etude du comportement hydrologique d'un petit bassin versant mediterraneen apres la destruction de l' ecosysteme forestier par un incendie". *Journal de Hidrologie Continentale*, Vol. 6, nº 2, p. 121-132.
- Mac Mahon, T. (1982) "Does Australia Fit?" *World Hydrology*, Inst. Eng. Aust.; Conferencia. Australia. p. 1-7.
- Mac Mahon, T. (1988) "Drought and Arid Zone Hydrology", *Civil Engineering Transactions*, 4: 175-185. Australia: University of Melbourne, Institution of Engineers.
- Maidment, D. (ed.) (1993) *Handbook of Hydrology*. EEUU: Mc-Graw Hill.
- Moore, R. (1990) *Hydrological Modelling for Water Management in Arid and Semiarid Areas of Africa*. EEUU: International Water Resources Association Urban, p. 36-45.
- Pilgrim, D., et al. (1988) "Problems of Rainfall-Runoff Modelling in Arid and Semiarid Regions", *Hydrological Sciences Journal*, 4: 379-400, Vol 33.
- Piñol, J. (1990) "Hidrologia i biogeoquímica de conques forestades de les Muntanyes de Prades". Tesis doctoral. Universitat de Barcelona., p. 232.
- Piñol, J., et al. (1991) "Hydrological Balance of Two Mediterranean Forested Catchments (Prades, northeast Spain)", *Hydrological Sciences Journal*, 36: 95-107, París: Unesco.
- Pizarro, R., et al. (1993) *Elementos Técnicos de Hidrología III. Proyecto Regional Mayor Unesco-Rostlac*.

Talca: Editorial Universidad de Talca, p.134.

Pizarro, R., et al. (1997) *Plan de desarrollo forestal ambiental de la IV Región de Coquimbo*, Chile. Chile: Corporación Nacional Forestal, Ministerio de Agricultura, p. 147 y anexos.

Ponce, V. (1989) *Engineering Hydrology. Principles and Practices*. New Jersey: Ed. Prentice Hall, p. 640.

Rodier, J. (1985) "Aspects of Arid Zone Hydrology", en *Facets of Hydrology II*, (Ed. J. Rodda) Editorial Wiley, p. 205-247.

Rodier, J. (1990) *Caracteres generaux de l'hydrologie superficelle des zones arides et semi-arides en Afrique-leurs consequences sur les etudes des ingenieurs*. Service Hydrologique, ORSTOM, p.19.

Rogers, W.; Zia, H. (1982) "Linear and Non-Linear Runoff from Large Drainage Basins", *Journal of Hydrology*, 55: 267-278.

Shaw, E. (1985) *Hydrology in Practice*. Reino Unido: Van Nostrand Reinhold, p.569.

Shaw, E. (1989) *Engineering Hydrology Techniques in Practice*. Reino Unido: Ellis Horwood Limited, p. 349.

Singh, V. (ed.) 1982. *Applied Modeling in Catchment Hydrology*. Colorado: Water Resources Publication, p. 563.

Singh, V. (1988) *Hydrologic Systems*. New Jersey: Prentice Hall, Englewoods Cliffs, Vol. 2.

Temez, J. (1977) *Modelo matemático de transformación precipitación-aportación*. Madrid: ASINEL, p. 15.

UNESCO (1982) *Guía metodológica para la elaboración del balance hídrico de América del Sur*. Montevideo: Oficina Regional de Ciencia y Tecnología para América Latina y el Caribe, Rostlac, p. 130.

UNESCO (1986) Manual "Agua, vida y desarrollo". Tomo I. Proyecto Regional Mayor. Montevideo: Oficina Regional de Ciencia y Tecnología para América Latina y el Caribe, p. 174.

UNESCO (1993) *Hidrología comparada*. Madrid: Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX), Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente, p.491.

Ward, R. y Robinson, M. (1989) *Principles of Hydrology*. Reino Unido: Mc Graw-Hill International. p. 365.