

**JOSÉ OCHOA ITURBE**

Ingeniero de la Universidad Católica Andrés Bello (UCAB), 1976. MBA en Gerencia Ambiental, Atlantic University, 2001. Profesor en la UCAB de las materias: Mecánica de Fluidos, Hidrología, Drenaje Urbano, Ambiente y Desarrollo Sustentable (pre y posgrado). Profesor asociado, Universidad Metropolitana (UNIMET), desde 2005. Profesor adjunto, North Carolina State University (2010). Ha ocupado varios cargos académicos: director del posgrado de Ingeniería Ambiental, director de la escuela de Ingeniería Civil y actual Decano de la Facultad de Ingeniería (UCAB). Así mismo, profesor de Hidrología y Drenaje Vial y de Proyectos Hidráulicos (UNIMET).

Ha trabajado en planes maestros e ingeniería de detalle de acueductos, cloacas y drenajes. En estudios hidráulicos e hidrológicos para puentes y planicies inundables, así como fuentes de abastecimiento de aguas.

También se ha desempeñado como secretario (1982-1984) y presidente (1999-2004) de la Sociedad Venezolana de Ingeniería Hidráulica; consultor nacional contratado por WMO y UNDP para los proyectos multilaterales y bilaterales del MARNR en Venezuela (1989-1991) y privatización del Acueducto Metropolitano de Caracas (1991); co-presidente fundador de Diálogo Interamericano de Administración de Aguas (1994-1997); miembro de Board-Foundation for the Interamerican Dialogue on Water Management (1997-2008) y presidente reelecto desde 2002; epónimo Promoción de Ingenieros Civiles UCAB 1986, 1998, 2002, 2003 y promoción de Ingenieros Informáticos 2010; *visiting fellowship award-World Water and Environmental Resources Congress* (Salt Lake City, 2004); profesor del curso «Drenajes Urbanos» en la Universidad Javeriana de Bogotá (junio, 2005); profesor del curso piloto «Prevención de Conflictos y Cooperación en el Manejo del Agua en América Latina» (Unesco-Guayaquil 2006); seminario-conferencia «Urban Drainage in the tropical zones» (North Carolina State University, 2007)

**GERMÁN UZCÁTEGUI BRICEÑO**

Ingeniero civil, Universidad de Los Andes (ULA), Mérida, Venezuela, 1963. M.Sc. en Mecánica de los Fluidos, USU, Logan, Utah, EE.UU., 1965; Ph.D. Candidate Desarrollo de los Recursos Hidráulicos, USU, Logan, Utah, EE.UU., 1969.

Se ha desempeñado como asesor de Hidroven y sus empresas filiales. Director de Negocios de Agua, Corporación EDC. Asesor del Proyecto Orinoco-Apure. Presidente del INOS. Director general, MARNR. Director del CIDIAT. Coordinador de los cursos de posgrado en Aguas y Tierras, ULA. Profesor de los departamentos de Hidráulica en la UCAB y la ULA.

(ver *currículum ampliado* en la página 452)

**ANÍBAL ROSALES HERNÁNDEZ**

Ingeniero agrónomo, Universidad Central de Venezuela, UCV, 1970. Maestría en Ciencias del Suelo, 1979, y Doctorado en Ciencias del Suelo, 1981, Universidad de Cornell, EE.UU. Tiene 40 años de experiencia como consultor ambiental, agrónomo y especialista en suelos. Ha realizado estudios de impacto ambiental, evaluaciones de tierras y ha desempeñado diversos cargos relevantes tanto en el sector público como en el privado.

(ver *currículum ampliado* en la página 866)

**JOSÉ RAFAEL CÓRDOVA RODRÍGUEZ**

Ingeniero agrónomo, Universidad Central de Venezuela, UCV, 1968. *Magister Scientiarum* en Aprovechamiento de los Recursos Hidráulicos, UDO, 1971; *Magister Scientiarum* en Ingeniería Hidráulica, UCV, 1975; *Master of Science in Civil Engineering*, Massachusetts Institute of Technology (MIT, 1977). Ph.D. en Water Resources and Hydrology (MIT, 1979). Director CGR Ingeniería. Profesor titular, Universidad Simón Bolívar y Facultad de Ingeniería de la UCV.

(ver *currículum ampliado* en la página 78)

**EDUARDO BUROZ CASTILLO**

Ingeniero agrónomo, Universidad Central de Venezuela, UCV, 1967; M. Sc. en Aprovechamiento de Recursos Hidráulicos, Ingeniería y Planificación, Universidad de Oriente, 1970; Especialista en Ciencias Ambientales, Universidad Metropolitana, UNIMET, 1990. Profesor titular UCV, UNIMET y de la Universidad Católica Andrés Bello. Profesor de Planificación de Recursos Hidráulicos, CIDIAT, 1974-1994.

(ver *currículum ampliado* en la página 730)

**JOSÉ LUIS LÓPEZ SÁNCHEZ**

Caracas, 1947. Ingeniero civil, Universidad Central de Venezuela (UCV), 1971. M.Sc. en Ingeniería Hidráulica, Colorado State University (CSU), 1976. Ph.D. en Hidráulica Fluvial, CSU, 1978. Profesor titular, Facultad de Ingeniería, UCV. Coordinador del posgrado de Ingeniería Hidráulica, UCV, 1993-1996. Director del Instituto de Mecánica de Fluidos, UCV, 1997-2005. Miembro del Consejo Directivo del Comité Regional de la Asociación Internacional de Investigaciones Hidráulicas (2000-2006).

(ver *currículum ampliado* en la página 286)

capítulo **24.**

*Agenda para la investigación  
y formación de recursos humanos para el  
aprovechamiento integral del agua*

JOSÉ OCHOA ITURBE *(coordinador)*  
GERMÁN UZCÁTEGUI BRICEÑO  
ANÍBAL ROSALES HERNÁNDEZ  
JOSÉ RAFAEL CÓRDOVA RODRÍGUEZ  
EDUARDO BUROZ CASTILLO  
JOSÉ LUIS LOPEZ SÁNCHEZ

## CONTENIDO

- 24.1. Lineamientos para una agenda de investigación *pág.* 953
  - 24.2. Concreción de las prioridades de actuación respecto al recurso *pág.* 958
  - 24.3. Concreción de las prioridades de actuación respecto a los usos o servicios *pág.* 961
  - 24.4. Las grandes líneas de investigación, considerando la gestión integral del recurso (agua como recurso y como uso o servicio) *pág.* 962
  - 24.5. Algunas prioridades específicas *pág.* 973
  - 24.6. La necesidad de centros de investigación y observatorios de tecnología e innovación en recursos hídricos *pág.* 975
  - 24.7. Las necesidades de formación de capital humano en recursos hídricos *pág.* 977
- Referencias *pág.* 980

- 1 El aprovechamiento sustentable de los recursos hídricos requiere de un componente científico y tecnológico indispensable. Asociada a nuestras potencialidades físico-naturales, marcha una cultura social y una dimensión científico-técnica, que hay que conjugar para satisfacer las demandas de agua para el desarrollo. Esta última dimensión es a su vez el resultado de combinar el ingenio de recursos humanos especializados en muchas disciplinas y de conocimientos que se obtienen de la observación, el estudio y de la investigación científica y aplicada. En este capítulo se ofrece una panorámica de cuáles son los aspectos que se consideran prioritarios investigar frente a las realidades del país. Al respecto, se proponen lineamientos para construir una agenda de investigación científica para todos aquellos que tengan interés por el tema o se vean entusiasmados por la retadora tarea de gestionar conocimientos sobre el agua en Venezuela.
- 2 No se concibe en la actualidad un curso de progreso humano dentro del cual no se tenga dominio sobre las prioridades de los temas que deben investigarse, del juicio para adoptar y adaptar las mejores tecnologías foráneas, de cara a las realidades humanas y físico-naturales de cada país y como culminación de este proceso, de la construcción de una capacidad interna para desarrollar la ciencia y tecnología más apropiadas.
- 3 El aprovechamiento de los recursos de agua como soporte al desarrollo sustentable exige de dos componentes clave: el conocimiento sobre el recurso en el contexto de sus interrelaciones con el entorno, en cualquiera de sus condiciones, natural, social y cultural, y la capacidad de desarrollo de tecnologías apropiadas para aprovechar, en sus múltiples formas, los recursos hídricos.
- 4 De las diferentes vías o estrategias para obtener conocimiento, se destacan dos muy efectivas:
  - 5 I. La investigación científica propia, especialmente aquella que apunta a desentrañar relaciones básicas entre los elementos constitutivos del objeto de investigación, esto es, los recursos hídricos y su entorno, realizada formalmente por investigadores en los diferentes centros de investigación.
  - 6 II. La transferencia del conocimiento existente, tanto desde los centros de investigación más avanzados en recursos hídricos de países desarrollados, hasta de aquellos países con un desarrollo y una problemática similares a los de Venezuela, pero con experiencias importantes en el aprovechamiento de los recursos hídricos.
- 7 Sin duda alguna, para el desarrollo de Venezuela, el aprovechamiento sustentable de sus recursos hídricos es un tema vital, con muchos problemas e interrogantes. El solo hecho de concentrar la mayor parte de los recursos de agua en el sur del país (más del 80%) y mantener la mayor proporción de la población en la zona norte, implica un enorme desequilibrio cuya solución constituye un verdadero desafío científico y tecnológico, y para el cual el país se encuentra actualmente muy desasistido en su estado de investigación.

- 8 El fortalecimiento de la investigación y el desarrollo tecnológico en cuanto a los recursos hídricos es la estrategia más apropiada para un país como Venezuela, que pretende satisfacer las demandas actuales en calidad y cantidad de los diferentes sectores de la sociedad, sin comprometer la sostenibilidad de la oferta. Sin embargo, la necesidad perentoria del conocimiento y la información científica y tecnológica que demanda el desarrollo sustentable, que no pueda ser suplida en el corto plazo por las capacidades locales, requiere implementar estrategias de transferencia desde centros especializados e instituciones internacionales, para lo cual se necesita, igualmente, preparación en términos de integrar los componentes de la transferencia: emisor-receptor-contenido, especialmente de recursos humanos con competencia en evaluación de conocimientos a transferir.
- 9 En esencia se trata de construir, reconstruir o fortalecer en el país, las capacidades de investigación y desarrollo tecnológico en recursos hídricos, que sean capaces de responder asertivamente con conocimiento y tecnología, las interrogantes y necesidades que continuamente surgen en la implementación del desarrollo sustentable.
- 10 Para ello se requiere la participación y discusión de un grupo amplio de profesionales asociados a los recursos hídricos, debido, entre otras razones, a la diversidad de disciplinas, subdisciplinas y temas específicos en que ha devenido esta importante rama del saber. En este capítulo se hace un primer intento a partir de la participación conjunta de un grupo autor de este documento.
- 11 Como primera tarea en el establecimiento de los lineamientos que servirán para la construcción de la agenda de investigación en recursos hídricos es indispensable identificar los problemas más relevantes que limitan su aprovechamiento sustentable; para posteriormente reconocer que su solución amerita generar conocimiento que no existe, o que no está disponible en el país.
- 12 Es apremiante la investigación en todas las áreas del conocimiento que tienen que ver con el agua. Durante los últimos treinta años el apoyo a la investigación en recursos hídricos, principalmente de los organismos pertinentes del Estado, ha sido escaso. Esa pérdida de prioridad en las políticas públicas ha conllevado un retraso considerable en esta importante área del desarrollo sustentable. Las obras hidráulicas y los instrumentos de manejo de los recursos hídricos requieren un soporte muy sólido de conocimiento básico y aplicado, que viene dado usualmente por los estamentos de investigación e información básica del país. Recientemente se modificó la Ley Orgánica de Ciencia, Tecnología e Innovación (LOCTI, 2005) (nota 1) (LOCTI, 2010) (nota 2), la cual obliga a las empresas a hacer una contribución al fondo Fonacit para el financiamiento de las actividades de investigación. Esta ley permite recaudar recursos monetarios para dedicarlos a la investigación científica y tecnológica. De ser bien aplicada, de forma que los recursos fluyan directamente hacia las universidades y centros de investigación, puede dar beneficios a la investigación en nuestro país.
- 13 Tal como se plantea en el título de este capítulo, la intención es proponer algunos lineamientos de investigación, que en su conjunto, constituyan elementos construc-

(nota 1)

Ley Orgánica de Ciencia, Tecnología e Innovación (2005), Caracas. Gaceta Oficial núm. 38.242 del 3 de agosto del 2005.

(nota 2)

Ley de Reforma de la Ley Orgánica de Ciencia, Tecnología e Innovación (LOCTI) (2010), Caracas. Gaceta Oficial núm. 39.575 del 16 de diciembre de 2010.

tivos de una agenda de investigación en recursos hídricos en Venezuela. En su mayoría, los problemas y lineamientos de investigación son derivados de los planteamientos conclusivos de los diferentes capítulos de esta obra.

- 14 Es importante en este punto referirse brevemente a la investigación como actividad, y en particular a la investigación científica, a la cual va dedicado este capítulo. La investigación como actividad está orientada esencialmente a la obtención de conocimientos que no se tienen, y que son necesarios para solucionar problemas que frecuentemente se plantea la sociedad, para avanzar en su desarrollo. La investigación científica se realiza mediante la aplicación sistemática del método científico, esto es, un procedimiento ordenado que generalmente comprende la identificación del problema, usualmente planteado en términos de preguntas; las hipótesis que se plantean, como explicaciones alternativas y más probables a las preguntas; el método para rechazar (o aprobar) las hipótesis, el cual incluye los «experimentos» para medir las variables de interés; el análisis de los resultados (datos); y la presentación de las conclusiones de la investigación, las cuales están sustentadas en las hipótesis rechazadas o en la(s) aceptada(s).

- 15 La investigación científica puede ser concebida de muchas formas; una de ellas, como básica, mediante la cual se amplía el conocimiento teórico de una rama del saber; y como investigación aplicada (nota 3), orientada a aprovechar el conocimiento acumulado en la resolución científica de problemas prácticos. La investigación científica en recursos hídricos en Venezuela, tal como se apreciará en este capítulo, requiere de la actuación ponderada de ambas maneras de abordar la obtención de conocimiento.

(nota 3)

«No ha de confundirse la investigación aplicada con la práctica rutinaria de alguna rama científica, donde solo se intente aplicar el conocimiento existente.» Beveridge, W.I.B. (1966). *El arte de la investigación científica*. Tr. Oswaldo Grillo. Caracas, Universidad Central de Venezuela, Ediciones de la Biblioteca (Colección Avance 10).

#### **24. 1. LINEAMIENTOS PARA UNA AGENDA DE INVESTIGACIÓN**

- 16 En las décadas finales del siglo xx surgió el concepto de gestión integrada de los recursos hídricos, motivado por la convicción de que el agua es un elemento renovable, pero finito, y por una demanda del recurso en continuo aumento, impulsada por el crecimiento poblacional y sus necesidades. El hecho de que cada vez hay menos agua disponible para esa población, y la escasez que ya se presenta en varios países, obligó a cambiar la forma de administrar el recurso.
- 17 Las fuentes disponibles se agotan y hay que buscar la manera de hacer más eficiente su administración, distribución y utilización para que el agua alcance para todos. Dentro de este enfoque se encuentra, por ejemplo, el reúso de aguas tratadas, así como la búsqueda de fuentes de aguas subterráneas o acuíferos no explotados. Sin embargo, dentro del concepto de integral se encuentra también la educación de la población en cuanto al valor intrínseco del agua, la formación de profesionales, técnicos y obreros vinculados a la gestión de las distintas facetas del sector agua, como bien aparece en la misma separación de capítulos de este documento.
- 18 La necesidad de no despilfarrar el recurso y los conceptos de desarrollo sustentable, que implican su conservación para las generaciones futuras, son parte de estas nuevas realidades del agua.

- 19 La conciencia de esta realidad comenzó a evidenciar la necesidad de investigación y formación de capital humano a mediados del siglo xx y durante la década de los sesenta de ese siglo el país realizó un esfuerzo especial, para mejorar el conocimiento del recurso, donde destacan notablemente los trabajos de la Comisión del Plan Nacional de Aprovechamiento de los Recursos Hidráulicos (Coplanarh), así como las investigaciones para el aprovechamiento integral de cuencas hidrográficas llevadas a cabo por la Oficina de Planeamiento de la Dirección de Obras Hidráulicas del otrora Ministerio de Obras Públicas.
- 20 En el campo de la formación del capital humano en recursos hídricos son pioneros los cursos de posgrado del Centro Interamericano de Desarrollo Integral de Aguas y Tierras (hoy Centro Interamericano para el Desarrollo e Investigación Ambiental y Territorial [Cidiat]) inicialmente desarrollado como una iniciativa regional de la OEA y hoy centro de investigación de la Universidad de Los Andes, en Mérida. Igualmente corresponden a esa etapa precursora los cursos de Riego y Drenaje de la Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela (ucv), en Maracay. A fines de la década de los sesenta se inició el posgrado en Aprovechamiento de los Recursos Hidráulicos, Ingeniería y Planificación en la Universidad de Oriente en colaboración con la Universidad de Stanford (EE.UU.), con el apoyo del Ministerio de Obras Públicas, a través de la División de Hidrología de la Dirección General de Recursos Hidráulicos, la cual aportó como sede del posgrado la Escuela de Observadores Hidrometeorológicos, en la ciudad de Barcelona, estado Anzoátegui, además de una activa actuación en su coordinación ejecutiva. Igualmente se sucedió la creación en varias universidades del país de departamentos y laboratorios de hidráulica, todos ellos con el concurso de profesionales venezolanos preparados en universidades muy reconocidas en el área hidráulica y de recursos hídricos. La evolución de esas actuaciones precursoras condujo a que en la actualidad se disponga de diversos posgrados vinculados a las ingenierías de recursos hidráulicos e hidráulica, así como de otras ingenierías íntimamente vinculadas a ellas como la sanitaria, la ambiental, la de riego y drenaje.
- 21 A pesar de todo ese esfuerzo no puede decirse que hoy en día se cuente con la adecuada y necesaria información para gestionar los recursos hídricos de Venezuela. De esa época se ha heredado una buena documentación técnica que en su momento permitió tomar decisiones importantes sobre el manejo de los recursos y garantizó el abastecimiento de agua potable a la población. Sin embargo, esos estudios fueron contemplados para umbrales de planificación ya superados. Es necesario aclarar que existe la tendencia a confundir el recurso agua con los servicios o usos del agua, por lo que se requiere explicar ambos conceptos.
- 22 Respecto a la administración del recurso agua, Venezuela ha reconocido que la naturaleza del recurso determina que su administración deba realizarse en atención a su escasez: geográfica, temporal y cualitativa. Así, es necesario considerar su carácter vital, su uso múltiple, su condición móvil y su característica de relativa renovabilidad (COPLANARH, 1972) (nota 4) (VENEZUELA, MISIÓN PERMANENTE ANTE LA ONU, 1998) (nota 5).

(nota 4)

Coplanarh (1972). Plan Nacional de Aprovechamiento de los Recursos Hidráulicos. Caracas, autor (2 tom.).

(nota 5)

Venezuela, Misión Permanente ante las Naciones Unidas (1998) Administración Integrada de los Recursos Hidráulicos en Venezuela. Nueva York. Sexto Período de Sesiones de la Comisión de Desarrollo Sostenible de la Organización de las Naciones Unidas. 20 de abril al 1 de mayo de 1998.

(nota 6)

Constitución de la República Bolivariana de Venezuela (1999), Caracas, Gaceta Oficial núm.36.860 de fecha jueves 30 de diciembre de 1999.

(nota 7)

Global Water Partnership (GWP) (2000). Manejo Integrado de Recursos Hídricos. Estocolmo, autor (TAC Background Papers núm.4)

23 A ese fundamento de la condición natural como base para la administración del recurso, se agrega el rol del Estado como garante de que la explotación de los recursos hidráulicos se realice conforme a lo dispuesto en el artículo 304 de la Constitución de la República Bolivariana de Venezuela, que reza: «Todas las aguas son bienes de dominio público de la Nación, insustituibles para la vida y el desarrollo. La ley establecerá las disposiciones necesarias a fin de garantizar su protección, aprovechamiento y recuperación, respetando las fases del ciclo hidrológico y los criterios de ordenación del territorio» (CRBV,1999) (nota 6).

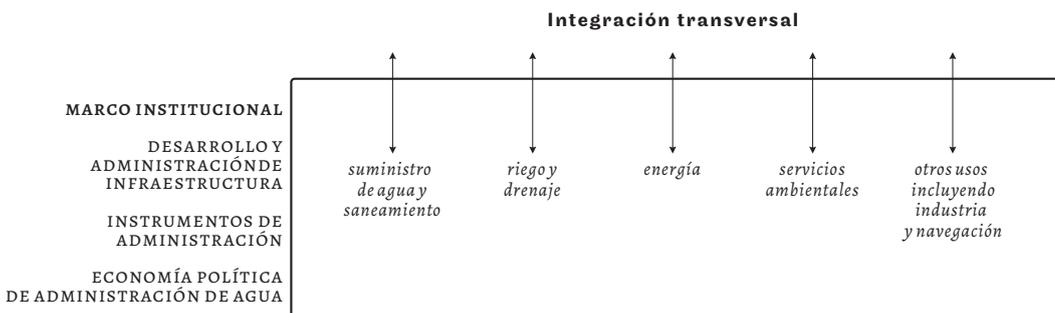
24 La administración de los usos o servicios del agua corresponde al nivel sectorial, tales como los servicios de abastecimiento de agua potable y saneamiento; la gestión hidro-agrícola, la producción hidroeléctrica, la navegación fluvial y lacustre, el aprovechamiento piscícola, turístico o recreacional de cuerpos de agua, entre otros. En ella se conjugan los fundamentos naturales y legales para la gestión del agua, con sus particularidades tecnológicas y el marco legal específico de cada sector.

25 El Manejo Integral de Recursos Hídricos combina aspectos propios de la administración del agua como recurso con características de la administración de los usos o servicios del agua. La GWP (Global Water Partnership) establece que la base del concepto de administración integral de recursos hidráulicos es que los diversos usos del agua son interdependientes, esto es: las altas demandas de agua para el abastecimiento municipal y los efluentes municipales contaminados significan menos agua para otras ciudades o para la industria o para el riego, además contaminan el agua de los cuerpos naturales y destruyen los ecosistemas. Lo mismo puede decirse de los usos industriales, agrícolas u otros (GWP,2000) (nota 7). La interrelación mencionada puede observarse en la figura 24.1.

26 Todos los usos específicos se alcanzan a partir de una buena gestión del recurso agua y esta depende del logro de la mayor eficiencia posible en el uso del agua; de la garantía de acceso al agua de toda la población, así como de alcanzar la sostenibilidad del recurso en cantidad y calidad. Para ello se requieren los elementos complementarios que se muestran en la figura 24.2, página 956.

FIGURA 24.1 La integración transversal del manejo del agua

Fuente: World Bank (2004)



27 Este conjunto de demandas de conocimiento en ámbitos tan variados ilustra lo complejo que resulta establecer una agenda de investigación para la gestión del agua.

**FIGURA 24.2** Marco general de la Gestión Integral de los Recursos Hídricos (GIRH)

Fuente: GWP (2000)



**24. 1.1. NECESIDAD DE CONOCIMIENTO PARA LA GESTIÓN DEL AGUA COMO RECURSO**

- 28 Conocidos los aspectos a que se refiere la administración del agua como recurso, compete establecer a qué condiciones hidrográficas, hidrológicas, biogeográficas o antropogénicas se debe atender con mayor diligencia en Venezuela.
- 29 Las necesidades de conocimiento del agua como recurso se asocian a dos condiciones:
- Una que no puede ser controlada por el hombre, aunque sí puede ser prevista: la intensidad y la frecuencia de las precipitaciones, por ejemplo
  - Otra que sí puede ser controlada por el hombre: el deterioro del recurso que se deriva del mal manejo de las cuencas y de la contaminación de las aguas
- 30 Ambas requieren investigación permanente con miras a acumular cada vez más conocimientos nuevos que permitan una mejor gestión.
- 31 Las áreas que se juzgan como de mayor relevancia en cuanto a necesidades de investigación para Venezuela son:
- I. Disponibilidad de agua, que comprende: aguas superficiales y subterráneas. Desalinización de aguas marinas y salobres
  - II. Degradación de cuencas hidrográficas
  - III. Afectación de las aguas, por contaminación
  - IV. Afectación de sistemas ecológicos íntimamente dependientes del agua en cualquiera de sus estados físicos: ecosistemas
  - V. Ocurrencia de cambios en las manifestaciones hidrológicas, debido a: ocurrencia de eventos meteorológicos extremos. Cambio climático
- 32 Para valorar la prioridad de las áreas señaladas y qué debe atender la investigación en cuanto a la administración del agua como recurso se estableció la siguiente escala para la valoración:
- Mayor importancia (1)
  - Importancia intermedia (2)
  - Menor importancia (3)

- 33 Para alcanzar el consenso de grupo se utilizó la técnica Delphi, de calificación anónima y retroalimentación al grupo del resultado promedio. El procedimiento permitió calificar la importancia de los temas considerados como se muestra en la tabla 24.1.

**TABLA 24.1** Importancia actual de los problemas del agua como recurso en Venezuela

<i>Problemas del agua como recurso</i>	<i>valoración (*)</i>
Cuencas hidrográficas	1
Contaminación	1
Aguas superficiales y subterráneas	2
Ocurrencia de eventos meteorológicos extremos	2
Cambio climático	2
Aguas marinas y salobres	3
Ecosistemas	3

(\*) Escala: 1: Mayor importancia; 2 Importancia media; 3. Menor importancia

- 34 Conocidos los ámbitos generales que requieren nuevos conocimientos del agua como recurso, la segunda fase del procedimiento consistió en preguntarse cuáles podrían ser las causas de los problemas. Para aproximarse al análisis se diferenciaron los siguientes campos causales: Sociales, Económicos, Legales, Cultura del agua, Gestión administrativa.
- 35 Con estos criterios se llegó a establecer como causas relevantes de los problemas de gestión asociados a las áreas de conocimiento prioritario las contenidas en la tabla 24.2.

**TABLA 24.2** Causas de los problemas del agua como recurso

<i>Problemas del agua como recurso</i>	<i>causas</i>
1. Degradación de cuencas hidrográficas	a. Intervención antrópica y cambios del uso de la tierra b. Deforestación
2. Disponibilidades de aguas superficiales y subterráneas	a. Déficit del conocimiento de la caracterización y disponibilidad del recurso b. Sobreexplotación localizada y contaminación y salinización de acuíferos c. Contaminación por lixiviados de vertederos y rellenos sanitarios
3. Contaminación	a. Contaminación difusa: agricultura y viviendas b. Contaminación puntual: aguas servidas municipales e industrias c. Contaminación por lixiviados de vertederos y rellenos sanitarios
4. Deterioro de ecosistemas	a. Deforestación b. Cambios de uso de la tierra y degradación de ecosistemas terrestres y acuáticos c. Déficit de conocimiento sobre la degradación de los diferentes tipos de ecosistemas
5. Ocurrencia de eventos hidrometeorológicos extremos	a. Falta de información hidrometeorológica b. Intervención espacial antrópica inadecuada
6. Salinización de cuerpos de aguas	Salinización y déficit de agua dulce
7. Cambio climático	a. Emisiones de gases invernaderos b. Déficit de conocimiento sobre los modelos predictivos

**24. 1. 2. NECESIDADES RELEVANTES DE INVESTIGACIÓN EN LA ADMINISTRACIÓN DE LOS USOS DEL AGUA**

- 36 Las dificultades de gestión de los servicios derivan en su mayor parte de los problemas del recurso o dan lugar a ellos. Así, la solución de los problemas del servicio debe alcanzarse conjuntamente con la solución de las complejidades inherentes a la gestión del recurso, entendiéndose que la solución de estos últimos lleva tiempos mayores.
- 37 Para determinar la importancia de los problemas de los usos del agua y consecuentemente su necesidad de investigación se elaboró la matriz que se indica en la tabla 24.3.

**TABLA 24.3** Importancia actual en Venezuela de los problemas del agua como usos o servicios

<i>Problema del agua como uso o servicio</i>	<i>importancia relativa(*)</i>
Abastecimiento municipal	1
Aguas servidas municipales	1
Inundaciones urbanas	1
Energía	2
Agricultura (riego y drenaje agrícola)	2
Efluentes industriales	2
Inundaciones rurales	2
Servicios ambientales	3
Abastecimiento a la industria	3
Navegación	3

(\*) Escala: 1: Mayor importancia; 2: Importancia media; 3: Menor importancia

- 38 Acorde con la importancia relativa señalada en la tabla 24.3, los requerimientos de investigación del agua como servicio en Venezuela se pueden agrupar jerárquicamente según la necesidad de su mejoramiento, ver tabla 24.4.

**TABLA 24.4** Agrupación y jerarquización de los problemas del agua como servicio de acuerdo con la necesidad de su mejoramiento

<i>Importancia del problema</i>	<i>problema del agua como uso o servicio</i>
Mayor	Abastecimiento municipal Aguas servidas municipales Inundaciones urbanas
Intermedia	Energía Riego Efluentes industriales Inundaciones rurales Drenaje agrícola
Menor	Servicios ambientales Abastecimiento a la industria Navegación

**24. 2. CONCRECIÓN DE LAS PRIORIDADES DE ACTUACIÓN RESPECTO AL RECURSO**

- 39 Un aspecto inherente al recurso que necesita investigación, aun cuando esta no sea propiamente de recursos hídricos, es la inadecuada distribución espacial de la población respecto a las fuentes de agua, lo que determina la imprescindible dualidad del

ordenamiento territorial y planificación del aprovechamiento de los recursos hidráulicos, y como consecuencia todas las líneas de investigación aplicadas a los trasvases, desde las necesidades energéticas y su suplencia, hasta el cálculo de los caudales ambientales y los estudios vinculados a las consecuencias de los trasvases, no solo en el plano ecológico, sino en relación con el conjunto de implicaciones sociales, económicas y culturales que ellos representan, tal como lo ha puesto de manifiesto el deterioro de la gestión del agua en la región del lago de Valencia.

- 40 Las estrategias para conservar la producción de agua de las cuencas, reducir la generación y transporte de sedimentos, mantener la buena calidad de las aguas y las experiencias negativas en la gestión de cuencas abren otra línea clave de investigación.
- 41 Es necesario contar con respuestas sobre la disminución relativa de la disponibilidad de agua por deterioro de su calidad o por pérdida del recurso geomorfológico, escaso y complementario, que son los sitios de presa, bien sea por ocupación de los espacios como el río Neverí en La Corcovada o por la calidad de las aguas a almacenar como el río Tuy en Hacienda Barrios, o incompatibilidades con otros usos de la tierra como en el embalse Pao-La Balsa y la población de El Pao, o por restricciones impuestas por áreas naturales protegidas como los embalses del río Cuchivero y el Monumento Natural Sierra de Maigualida, o por las severas intervenciones en las cuencas que han colmatado algunos embalses.
- 42 Además de los problemas de la producción y la calidad de las aguas, resultado de una inadecuada gestión de las cuencas, no puede dejarse de lado la relación entre el régimen en aguas altas y durante el período de lluvias de eventos naturales frecuentes, poco frecuentes y extraordinarios, pero en todo caso naturales, frente a las demandas de uso de la tierra para urbanismo y agricultura. Ello establece una línea de investigación inherente a las crecidas (régimen natural) e inundaciones (interacción hombre-crecidas).
- 43 Con base en los problemas que afectan con máxima importancia el recurso, se pueden establecer líneas de investigación como las que se indican en la tabla 24.5, página 960.

FIGURA 24.3 Pobladores de Paraguaná en condiciones de escasez de agua



Fotografía «Alepho» Ascanio Vernet

**TABLA 24.5** Enunciados generales de líneas de investigación para los problemas que afectan con máxima importancia el agua como recurso

Fuente: elaboración propia

<i>Agua como recurso</i>	<i>Actuaciones</i>	<i>Necesidad de conocimiento</i>
1. Cuencas hidrográficas	Medidas institucionales	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Estudio comparado de organismos de gestión de cuencas</li> <li>2. Desarrollo de técnicas y mecanismos para una participación efectiva de los actores</li> <li>3. Mecanismos adecuados de gobernanza, formulas para armonizar la gestión publica y privada en las cuencas</li> <li>4. Desarrollo de mecanismos económicos justos para la sociedad y la naturaleza</li> </ol>
	Medidas estructurales	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Métodos de aprovechamiento del suelo adecuados y sostenibles</li> <li>2. Desarrollo de estructuras adecuadas y sostenibles</li> </ol>
	Restauración de cobertura vegetal	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Reforestación</li> <li>2. Revegetación asistida</li> <li>3. Revegetación inducida</li> </ol>
2. Contaminación	Caracterización de las aguas: condiciones físico químicas y presencia de contaminantes usados en agricultura	<p>Combate de plagas y enfermedades con uso de biocidas no tóxicos. Agricultura orgánica</p>
	Caracterización de las aguas: condiciones físico químicas y presencia de contaminantes en efluentes industriales y municipales	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ubicación y caracterización de los efluentes industriales y municipales</li> <li>2. Desarrollo de tratamientos adecuados a condiciones de temperatura y espacios disponibles en el país</li> <li>3. Aplicación de las aguas al suelo como forma de tratamiento</li> <li>4. Reingeniería de las industrias para la producción más limpia</li> </ol>
3. Aguas superficiales y subterráneas	<p>Cuantificación del recurso renovable Caracterización de las aguas ( físicas y químicas)</p>	Evaluación de acuíferos (confinados y no-confinados). Análisis de la capacidad real de explotación y de recarga (sustentabilidad del recurso)
4. Ocurrencia de eventos hidrometeorológicos extremos	Instalación de estaciones hidrometeorológicas. Preparación de personal adecuado. Elaboración de mapas de amenazas y riesgos	<p>Desarrollo de curvas IFD actualizadas Fenómenos El Niño y La Niña en el país</p>
5. Cambio climático	Análisis del cambio climático en el país	Investigación en cambios de demanda de agua por los cultivos. Previsión de sequias e inundaciones. Estimación de incremento en consumo energético
6. Aguas marinas y salobres	<p>Evaluar la magnitud del cambio de calidad de agua y consecuente pérdida de recurso. Caracterización de aguas. Evaluar las posibilidades de abastecimiento de agua desde fuentes marinas a ciudades costeras</p>	<p>Evaluación de sistemas de desalinización de aguas. Análisis de disminución de aportes de agua dulce a lagunas costeras</p>
7. Degradación de ecosistemas	<p>Identificación de especies autóctonas Mapas de zonificación actualizada de los usos de la tierra</p>	Análisis de los ecosistemas dentro del ciclo de vida natural. Análisis de los sistemas de drenaje e identificación de amenazas por fenómenos hidrológicos

**24. 3. CONCRECIÓN DE LAS PRIORIDADES DE ACTUACIÓN  
RESPECTO A LOS USOS O SERVICIOS DEL AGUA**

44 Al resolver los problemas del agua como recurso se contribuye a solucionar muchos de los que afectan los usos o servicios del agua. Se requieren acciones específicas en cada servicio, para solventar sus propios problemas así como para coadyuvar a resolver los problemas del recurso. Basados en estos problemas se pueden establecer algunas líneas de investigación como las que se indican en la tabla 24.6.

**TABLA 24.6** Enunciados generales de líneas de investigación para los problemas que afectan el uso o servicio del agua

Fuente: elaboración propia

<i>Usos, servicios o conflictos</i>	<i>actuaciones</i>	<i>necesidad de conocimiento</i>
Provisión municipal de aguas	1. Implantación de planes reguladores 2. Desarrollo de metodologías tarifarias y de cobranzas adecuadas a la realidad venezolana 3. Desarrollo e implantación de sistemas de distribución y recolección de agua en zonas no planificadas	Estudios de población. Levantamiento o catastro de estructuras existentes. Cambios de zonificación en las poblaciones, nuevos desarrollos urbanos
Aguas servidas municipales	Diagnóstico de los sistemas: capacidades reales, estado de los colectores, porcentaje de población no servida	Reciclado y reúso de aguas servidas. Procesos de desinfección para eliminación eficaz de organismos patógenos, en especial la destrucción de virus
Inundaciones urbanas	Medidas institucionales	Mapas de riesgo; delimitación de planicies inundables
	Medidas estructurales	Desarrollo de criterios para evaluación de riesgo de medidas estructurales. Modelos de simulación de inundaciones en zonas urbanas. Investigación de comportamiento de estructuras mediante modelos físicos
	Medidas no estructurales	Sistemas de alerta temprana. Elaboración de mapas de amenazas
Energía	Diversificación de la matriz energética con base en energías renovables	Evaluación del recurso hidroeléctrico a nivel de mini y microcentrales al norte del río Orinoco. Revaluación del inventario nacional hidroeléctrico considerando turbinación de energía secundaria y desarrollo de un sistema hidrotérmico Evaluación de la relación ambiente-generación hidroeléctrica al sur del río Orinoco
Agricultura (riego y drenaje agrícola)	Incremento del coeficiente de uso de la tierra. Homogeneización de las fechas de producción de alimentos. Reducción del riesgo climático para la producción agrícola.	Uso de técnicas de computación y desarrollo de modelos de simulación. Desarrollo de técnicas geomáticas para manejo del agua de riego. Evaluación de necesidades de agua para riego con sistemas avanzados de suministro de agua. Evaluación de necesidades de agua para abastecimiento de áreas bajo agricultura protegida. Evaluación de descargas no puntuales

cont...

<i>Usos servicios o conflictos</i>	<i>actuaciones</i>	<i>necesidad de conocimiento</i>
Efluentes industriales	Uso de técnicas eco-eficientes. Uso de mejores prácticas ambientales y de la mejor tecnología disponible	Procesos industriales de clarificación de aguas: floculación, sedimentación y filtración. Procesos industriales de separación de flujos multifase, gas, sólido y líquido. Procesos industriales de separación de sales: filtración con membranas por ósmosis inversa y destilación. Disposición de aguas de formación subproducto de producción de gas y petróleo
Inundaciones rurales	Reducción de riesgo en la producción agropecuaria Mejoramiento de las condiciones de vida en el medio rural	El manejo hidráulico de las sabanas moduladas y de las tierras con posibilidades de ser saneadas. Desarrollo de las zonas agrícolas sometidas a régimen de inundación. Desarrollo de las zonas pecuarias sometidas a régimen de inundación
Servicios ambientales de los humedales (naturales o desarrollados por el hombre)	Fuente de agua para uso doméstico, industrial y agrícola. Regulación de caudales, evitando inundaciones y sequías. Recarga de acuíferos. Fijación de sedimentos, lo cual favorece la remoción de nutrientes y tóxicos. Protección de la línea costera y control de la erosión de estuarios y ríos. Áreas de refugio, reproducción y alimentación de especies animales. Acogida de aves migratorias. Sostenibilidad de cadenas tróficas. Valor estético-recreativo	Caracterización del agua de los humedales. Balances hídricos. Comportamiento de embalses. Evaluación de áreas de recarga. Geoquímica de sedimentos. Estudios de erosión de línea costera. Estudios hidrobiológicos. Estudios de rutas de aves migratorias. Valoración económico-ambiental de los humedales
Provisión de agua a industrias	Previsión de demanda industrial y de su localización	Demandas de la industria no petrolera. Demandas de la industria petrolera
Navegación	Utilización de los ríos navegables como medio de comunicación y de transporte de mercancías	Batimetrías de ríos. Métodos y tecnologías de dragado de ríos y barras. Estabilización de cauces para la navegación fluvial

**24. 4. LAS GRANDES LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN,  
CONSIDERANDO LA GESTIÓN INTEGRAL DEL RECURSO  
(AGUA COMO RECURSO Y COMO USO O SERVICIO)**

- <sup>45</sup> La administración integrada de los recursos está signada por la naturaleza del recurso y el rol del Estado como garante de su aprovechamiento cabal. Fundamentos que se traducen en la gestión de la disponibilidad del recurso, el régimen para su protección, los instrumentos para la conservación y aprovechamiento integral de las cuencas hidrográficas, la relación entre el aprovechamiento de los recursos hídricos y la ordenación del territorio, la economía del agua, y el régimen para la gestión sectorial y multisectorial de las aguas. Tomando estos aspectos en consideración, con base en las actividades enunciadas como propias de la administración integrada de los recursos hidráulicos, se establecieron las siguientes grandes líneas de investigación en gestión integrada de los recursos hídricos para Venezuela:

- Hidrometeorología y cambios climáticos
- Conservación de las cuencas hidrográficas
- Contaminación y tratamientos de aguas
- Planificación del aprovechamiento integrado de los recursos hídricos
- Administración de los recursos hídricos y del uso de las aguas
- Ingeniería hidráulica
- Economía del agua
- El marco institucional y legal
- La cultura del agua
- Conservación de ecosistemas acuáticos

#### **24. 4.1. HIDROMETEOROLOGÍA Y CAMBIO CLIMÁTICO**

46 Se considera que las áreas prioritarias en este tema, sobre las cuales es necesario realizar investigaciones, son las siguientes:

##### **24. 4.1.1. INFORMACIÓN BÁSICA HIDROMETEOROLÓGICA**

47 La clave para una buena administración del recurso agua es una sólida base de información sobre las cantidades medidas de los componentes del ciclo hidrológico en las cuencas hidrográficas de interés (precipitación, evaporación, escurrimiento, retención de humedad de los suelos, etc.). Es por ello que la investigación en el área de la hidrometeorología pasa, en primer lugar, por generar un conjunto de datos suficientemente apropiados como para permitir estimaciones razonables del patrón de comportamiento hidrológico y ecológico del agua en las áreas de interés. Añadir a la incertidumbre la variabilidad climática supone una revisión de la información histórica y su relación con mediciones actuales.

48 En este orden de ideas es necesario acometer la recuperación y optimización de la red hidrometeorológica del país y concienciar la importancia de que una adecuada gestión de los recursos hídricos requiere tener un conocimiento cabal del comportamiento del ciclo hidrológico. Es por ello que se necesita con urgencia contar con estudios para la correcta ubicación de las estaciones, el tipo de estas y el número adecuado de ellas que representen la realidad lo más acertadamente posible. Existe una propuesta de mejora y expansión de la red a través del programa Venezolano de Hidrología y Meteorología (VENEHMET), la cual suma el desarrollo de capital humano mediante la formación y desarrollo de personal.

##### **24. 4.1.2. CRECIDAS Y DESLAVES**

49 Este tema es de urgente actualidad en el país. Es por ello que se necesita investigación en la estimación de hidrogramas complejos y su variación espacial y temporal. Desarrollo de modelos de diversa índole tales como el pronóstico de la ocurrencia del fenómeno de La Niña, causante de inundaciones en el país. Modelos de alerta temprana de ocurrencia de crecidas extremas. Modelos que definan el umbral de precipitación a partir del cual se inician los deslaves.

50 De especial importancia es la evaluación de los efectos que el cambio climático puede provocar sobre las diferentes estructuras hidráulicas del país (presas, puentes, drenajes urbanos, canalizaciones, etc.).

- 51 Por último, y basados en las investigaciones mencionadas, la elaboración de mapas de amenazas a escalas apropiadas en todo el territorio nacional para la prevención adecuada y minimización de desastres.

#### **24. 4.1.3. SEQUÍAS**

- 52 El fenómeno de El Niño produce en Venezuela sequías con consecuencias importantes, por lo que también se requieren modelos que permitan su pronóstico temprano.
- 53 Cabe en las necesidades de conocimiento, el efecto del cambio climático sobre los gastos mínimos en ríos para tomas directas, la ocurrencia e intensidad de sequías extremas y la influencia sobre el llamado caudal ecológico en los ríos intervenidos.

#### **24. 4.1.4. AGUAS SUBTERRÁNEAS**

- 54 El país cuenta con relativa poca información sobre este importante componente del recurso agua. Es por ello que la necesidad de investigación en esta área es extensa. La evaluación de los principales acuíferos del país, la planificación y diseño de una red de sitios de medición. La probable contaminación de acuíferos por la industria petrolera, los rellenos sanitarios, las actividades mineras, la recuperación de acuíferos contaminados, y otras, son áreas abiertas a la investigación.
- 55 Particular importancia tienen los acuíferos costeros y su sobreexplotación, y la evaluación de los acuíferos cársticos. Todo este proceso investigativo debe culminar en un inventario nacional de aguas subterráneas, a fin de evaluar su aprovechamiento potencial de manera sustentable.

#### **24. 4.2. CONSERVACIÓN DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS**

- 56 Es uno de los principales problemas que confrontan los recursos hídricos en el país: esto es, la degradación de las principales áreas y fuentes de producción de agua, especialmente en la zona al norte del río Orinoco. Los siguientes aspectos constituyen elementos que tipifican en su conjunto los problemas asociados a la degradación de las cuencas hidrográficas.
- 57 Las dimensiones del problema: ¿de qué tamaño es el problema de la degradación de cuencas? Esta es quizás la tarea inicial para abordarlo con cierta precisión. ¿Cuáles son las cuencas prioritarias? Algunas iniciativas a este respecto se han emprendido, aun cuando se consideran incompletas y carentes de continuidad y seguimiento.
- 58 Se ha señalado que los cambios en el uso de la tierra en las cuencas hidrográficas hacia formas o maneras de uso insustentables, las deforestaciones, la erosión de suelos, la producción de sedimentos y la contaminación de las aguas constituyen las causas principales de su degradación.
- 59 El papel de las relaciones de la gente y su entorno en las cuencas hidrográficas constituye uno de los problemas que merece atención. Aspectos tales como actores principales, intereses de los actores, conflictos entre los actores, son problemas por cuanto no se cuenta con suficiente conocimiento sobre ellos ni cómo abordarlos. ¿Sabemos cómo resolver los conflictos? Otro aspecto importante, considerado como un proble-

ma, es la organización institucional de la gestión de cuencas. Gobernabilidad y gobernanza en la gestión de cuencas se consideran conceptos indispensables. ¿Tenemos todo el conocimiento necesario a mano en estos menesteres?

60 Uno de los problemas que se debe enfrentar es el déficit de conocimiento, en muchos aspectos, asociados a cuencas hidrográficas, tales como: sistemas agrícolas y forestales sustentables, métodos de transferencia de conocimiento a los agricultores en cuencas hidrográficas y conocimiento ecológico para apoyar la restauración y rehabilitación de las cuencas hidrográficas degradadas.

61 Tal como se puede apreciar, muchos son los problemas y las necesidades de conocimiento y tecnología para acometer programas efectivos de conservación y gestión de cuencas hidrográficas en Venezuela. A continuación se señalan algunos de los temas que deben formar parte de una agenda de investigación para lograr ese objetivo.

#### **24. 4. 2. 1. INVENTARIO Y JERARQUIZACIÓN (PRIORIZACIÓN) DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS**

62 Se trata de identificar y caracterizar las 15-20 cuencas hidrográficas más importantes, justificando detalladamente su selección y jerarquización, con base en criterios del país, del estado de conservación o degradación, entre otros.

#### **24. 4. 2. 2. INVENTARIO DE RECURSOS NATURALES Y COMPONENTES SOCIOAMBIENTALES Y ECONÓMICOS DE LAS CUENCAS HIDROGRÁFICAS PRIORITARIAS**

63 La gestión integral de las cuencas hidrográficas requiere disponer de información básica sobre sus recursos naturales y sus componentes socioambientales y económicos. Los inventarios señalados constituyen verdaderas investigaciones científicas y deben ser realizados por equipos profesionales competentes, cuyos integrantes se encuentran en las universidades, en empresas consultoras y en algunas instituciones oficiales.

#### **24. 4. 2. 3. EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO HIDROLÓGICO DE LAS CUENCAS HIDROGRÁFICAS CON UN ENFOQUE ECOLÓGICO (ECOHIDROLOGÍA).**

64 Consiste en evaluar el comportamiento hidrológico en las cuencas hidrográficas, integradas por mosaicos complejos de ecosistemas naturales y agrícolas, sujetos a cambios y afectaciones mayormente por razones asociadas a la intervención antrópica. Es conveniente abordar estas investigaciones bajo un enfoque ecológico. Otro aspecto a evaluar es el efecto del cambio climático global sobre el comportamiento hidrológico de las cuencas hidrográficas.

#### **24. 4. 2. 4. MODELOS HIDROLÓGICOS DE CUENCAS**

65 Calibración y aplicación de modelos hidrológicos y de estimación de producción de sedimentos, tipo SWAT («Soil and Water Assessment Tool») o similar, en cuencas prioritarias donde existan embalses potencialmente sujetos a procesos de colmatación.

**24. 4.2.5. SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA  
Y GENERACIÓN DE SEDIMENTOS**

66 Evaluación de sistemas de producción agrícola en cuencas altas, en términos de erosión de suelos y producción de sedimentos. Desarrollo de modelos y aplicación en sistemas de producción de ganadería de montaña.

**24. 4.2.6. AMENAZAS DE MOVIMIENTOS EN MASA  
EN CUENCAS HIDROGRÁFICAS**

67 Desarrollo de modelos que permitan la predicción de deslizamientos y movimientos en masa en cuencas hidrográficas, especialmente en aquellas tributarias a embalses.

**24. 4.2.7. EFECTOS DE LA QUEMA DE ECOSISTEMAS  
EN EL COMPORTAMIENTO HIDROLÓGICO DE LAS  
CUENCAS HIDROGRÁFICAS**

68 Merece especial mención, dada la intensidad y regularidad con que ocurren estos eventos. Hasta ahora este factor no se ha valorado en cuanto a la posible producción de sedimentos, cambios en las condiciones de infiltración y escorrentía superficial.

**24. 4.2.8. RESTAURACIÓN Y REHABILITACIÓN DE ÁREAS  
DEGRADADAS EN CUENCAS HIDROGRÁFICAS**

69 Es una de las áreas de investigación en ecología e hidrología que requiere mucha atención por los centros especializados, debido al marcado déficit de conocimiento y a la necesidad de revertir la degradación acelerada de las cuencas del país.

**24. 4.3. CONTAMINACIÓN Y TRATAMIENTO  
DE LAS AGUAS**

70 Una de las áreas en la que se debe redoblar esfuerzos de investigación en el país es la de calidad de los cuerpos de agua, especialmente de aquellos que son utilizados para el abastecimiento de poblaciones y comunidades. El deterioro de la calidad de las aguas afecta no solamente a la población que la consume, sino también a toda la trama ecológica asociada, de la cual algunos miembros de la fauna íctica son aprovechados y consumidos como alimentos, y de la cual también dependen procesos ecológicos que soportan la vida.

71 El caso de las aguas servidas es un aspecto crítico en la contaminación de las fuentes de agua para el abastecimiento de poblaciones y sitios turísticos, como las playas. Es conocido el atraso que sobre este aspecto tiene el país y el poco apoyo y atención que recibe la investigación en esta materia, por parte del Estado.

72 Se destaca la ausencia de una base de información sobre la calidad de las aguas de la nación, que permita emprender el camino de la restauración del recurso y el reúso de las aguas tratadas.

73 Venezuela es un país cuya economía está asociada esencialmente a la industria de los hidrocarburos, con riesgos altos, e historial de contaminación de cuerpos de agua adyacentes a las localizaciones, o directamente donde se desarrollan las exploraciones y las actividades de producción, transporte y transformación del petróleo. Nume-

rosos ríos del país aprovechados para el abastecimiento de agua de poblaciones, el lago de Maracaibo y las costas del mar Caribe, han sido escenarios de verdaderos desastres ocasionados por la contaminación de las aguas por hidrocarburos, con consecuencias ecológicas, económicas, políticas y sociales de gran significación. Se requiere mucho conocimiento y tecnologías para prevenir y atender derrames y vertidos indeseables de hidrocarburos en los cuerpos de agua, así como para la restauración de los cuerpos de agua contaminados.

- 74 La industria petroquímica asociada, así como la petrolera necesitan disponer o tratar residuos y desechos de sus procesos, manteniendo alejadas las posibilidades de contaminación, muchas veces tóxicas, de los cuerpos de agua cercanos a los sitios de disposición y tratamiento.

#### **24. 4.3.1. LA CARACTERIZACIÓN DE LAS AGUAS**

- 75 Hace referencia a sus condiciones físicas y químicas y a la presencia de agentes biológicos contaminantes o infecciosos, a fin de poder aplicar las metodologías de tratamiento correctamente, y adaptadas a la realidad de los cuerpos de agua del país. Además, es importante el continuo registro de la calidad, ya que ella varía con las estaciones y condiciones de lluvias, sequías, etc.

#### **24. 4.3.2. EFLUENTES INDUSTRIALES Y AGUAS SERVIDAS DE POBLACIONES**

- 76 La caracterización de estos es indispensable para el diseño apropiado de plantas de tratamiento que restauren las aguas a su condición previa al consumo y permitan el reúso. Especialmente por el daño ambiental que causan aguas abajo de su descarga sin tratamiento.

#### **24. 4.3.3. REINGENIERÍA EN INDUSTRIAS PARA LA PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA**

- 77 Ella permitirá un menor esfuerzo y costo del tratamiento de los efluentes. Esta investigación incluiría el desarrollo de herramientas para el soporte de decisiones en materia ambiental, así como el desarrollo de técnicas de evaluación y acciones correctivas en el ambiente.
- 78 Específicamente en el área industrial hay una necesidad de mejorar los procesos en los que se utiliza agua. En algunas industrias, las etapas de lavado de equipos o insumos, transporte por agua, separación de flujos multifase (*p.ej.* en la industria petrolera), así como la disposición de las aguas como subproducto de la producción de gas y petróleo, requieren constante investigación y desarrollo tecnológico para hacer que estos procesos sean más eficientes y eficaces.

#### **24. 4.3.4. POTABILIZACIÓN DE AGUAS**

- 79 En el área de suministro de agua potable es necesario hacer mejoras en los procesos de clarificación de aguas: floculación, sedimentación y filtración. En la actualidad se siguen usando los mismos métodos y equipos originales, sin ninguna innovación

que mejore la calidad de dichos procesos. Hace falta investigar en el país sobre la aplicación de métodos más actualizados como el uso de ozono, ósmosis invertida, rayos ultravioleta y, de uso ya en algunos países, recarga de acuíferos con aguas con tratamiento secundario que luego son extraídas para su reúso en el sistema de agua potable, incluyendo las investigaciones económicas asociadas a estas tecnologías.

- 80 Dentro de la investigación es necesario estudiar y desarrollar diferentes procesos de desinfección que eliminen organismos patógenos por diversos métodos biológicos o químicos ambientalmente correctos, mejorando la calidad del agua en los sistemas de abastecimiento.

#### **24. 4. 4. PLANIFICACIÓN Y ORDENACIÓN DEL APROVECHAMIENTO INTEGRADO DE LOS RECURSOS HÍDRICOS**

- 81 La gestión de los recursos hídricos ha sufrido un cambio en su enfoque desde que aparecieron conceptos como desarrollo sostenible, preservación del medio ambiente, biodiversidad y gestión integrada.
- 82 Para que esta gestión esté correctamente integrada es necesaria una planificación de los recursos disponibles, no solo de los que son usados en primera instancia para usos consuntivos o consumidos, sino también para la utilización de las aguas provenientes de sistemas cloacales o industriales. Estas aguas, debidamente tratadas, pueden y deben constituir un recurso valioso a la hora de planificar y cuantificar las necesidades futuras. Este es un campo que en Venezuela requiere de una amplia investigación, a objeto de su consideración como oferta disponible, ya que actualmente casi no son tratadas las aguas servidas, tanto de la industria como domésticas y, por tanto, no se considera su posibilidad de reúso.

#### **24. 4. 5. ADMINISTRACIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS Y DEL USO PARA AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO**

- 83 El reto del manejo del agua en el ámbito urbano implica la ejecución de numerosas investigaciones y actualizaciones. Eso es así tanto a nivel nacional como internacional, donde las llamadas megaciudades requieren, entre muchos servicios, un eficiente manejo de todas sus aguas, ya sean de abastecimiento, servidas o cloacales y, en muchos casos, las de escorrentía superficial, que debido al crecimiento sostenido (en algunos casos de países en desarrollo, muy rápido), generan mayores caudales por la mayor impermeabilidad del suelo urbanizado, lo que causa inundaciones que limitan el tráfico vial y en algunos casos generan destrucción de bienes materiales y hasta de vidas humanas.
- 84 Un área potencial de estudio es el análisis de uso de aguas subterráneas en conjunto con las superficiales para el abastecimiento de aguas.
- 85 Aun cuando se ha mencionado previamente parte de lo que se trata a continuación, se ha considerado importante subrayarlo una vez más, y mostrarlo por los distintos tipos de uso del agua en el medio urbano.

#### **24. 4. 5. 1. AGUA POTABLE**

86 El suministro de agua potable en cantidad y calidad suficientes es, por supuesto, una de las prioridades del sector. Sin embargo, esto no se ha logrado en el país a pesar de los esfuerzos aplicados en algunas épocas. Dentro de las investigaciones que deben realizarse está el origen y causas de las deficiencias que presenta el sector, para enfocar y diseñar correctamente las soluciones. En este sentido, es necesario abrir líneas de investigación en varias áreas como:

- Metodologías para el mejoramiento de los procesos de potabilización existentes
- Actualización de normas de calidad de agua conformes con la realidad venezolana
- Adaptación de tecnologías para la conservación del agua en el uso doméstico y urbano
- Adaptación de tecnologías de información aplicables para mejorar la planificación, el diseño y la operación de las redes de agua potable, las fuentes de agua cruda que están a gran distancia de los centros de consumo y disminuir las pérdidas y desperdicios de agua
- Adaptar metodologías más convenientes al medio venezolano para la construcción y operación sustentable de acueductos rurales en Venezuela
- Adaptar metodologías más convenientes al medio venezolano para la construcción y operación sustentable de suministro de agua, saneamiento y drenajes pluviales en las zonas periurbanas de Venezuela

#### **24. 4. 5. 2. AGUAS SERVIDAS O CLOACALES**

87 El país no cuenta con suficiente capacidad instalada para tratar sus aguas servidas, especialmente en las grandes ciudades como Caracas. Quizás Maracaibo es la única metrópoli con instalaciones de consideración para descargas al lago.

88 Por ello se hace indispensable, como se mencionara anteriormente, caracterizar las aguas servidas en las poblaciones para poder diseñar las plantas de tratamiento adecuadas a cada caso. Esto requiere de investigación sostenida a lo largo del tiempo para poder tipificar las aguas, especialmente en los períodos de lluvia y sequía extremos.

89 Conviene igualmente investigar nuevos métodos de tratamiento y su aplicación al país. Los avances alcanzados en otros países pueden servir de guía para este propósito.

#### **24. 4. 5. 3. AGUAS PLUVIALES**

90 En el país no existen normas específicas para el diseño de drenaje urbano, es por ello que distintas obras de captación y conducción a veces no cumplen su cometido por estar subdiseñadas por profesionales no expertos en el área.

91 Adicionalmente, hace falta una revisión de las obras existentes que han dejado de cumplir su función debido al cambio en los aportes que les llegan, ya sea por una mayor impermeabilización de sus áreas contribuyentes o por presentar condiciones de operación disminuidas por falta de mantenimiento.

92 En el caso de algunos ríos que fluyen a través de las ciudades, como el Guaire en Caracas, es importante revisar sus capacidades a la luz de la nueva realidad urbanística e inclusive planificar a futuro para incluir mayores transformaciones de las cuencas contribuyentes y así evitar posibles daños.

- 93 Es importante diseñar e implementar sistemas de alerta temprana en las cuencas tributarias a los ríos de respuesta lenta y media, que frecuentemente causan inundaciones urbanas de importancia. Ciudades y poblaciones significativas afectadas frecuentemente por inundaciones son: Caracas, Valencia, Ciudad Bolívar, San Fernando, Cumaná, Boconó, Caripito, cada una de las cuales requiere de estudios del régimen de inundaciones y de la relación entre respuesta esperada de la población, vías de evacuación y sistemas de alerta temprana.
- 94 Existe todo un campo de investigación en la operación de aguas pluviales urbanas, desde el desarrollo de métodos de cálculo apropiados a la realidad venezolana hasta la investigación y planificación de los sistemas de manejo de dichas aguas pasando por sistemas telemáticos de alerta, manejo de caudales, trasvases, etc.

#### **24. 4.6. INGENIERÍA HIDRÁULICA**

- 95 El complejo manejo del agua, desde su captación (interceptación) hasta su distribución, implica la construcción de obras de infraestructura y la implementación de una serie de procesos, que en muchos casos son de gran envergadura y que deben ser diseñadas para cumplir su función por largo tiempo, y en algunos casos de forma permanente. Las siguientes áreas requieren la atención de los investigadores.

##### **24. 4.6.1. CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE LAS AGUAS**

- 96 Dentro de la acción de la ingeniería hidráulica y buscando mejorar la gestión del recurso se abren campos de investigación tanto en la conducción de las aguas, como en su distribución en áreas urbanas y rurales.

##### **24. 4.6.2. MEJORAS EN LA EFICIENCIA DE CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN**

- 97 Apoyándose en las tecnologías de informática y telemática es posible el desarrollo investigativo de sistemas de control para detección de fugas, extracciones ilegales en acueductos regionales, medición de caudales y hasta sensores para medir la calidad del fluido a su paso por las tuberías.

##### **24. 4.6.3. OPTIMIZACIÓN DE LA OPERACIÓN DE LOS EMBALSES**

- 98 El manejo adecuado de los embalses es también un área de estudio, buscando optimizar la relación entre caudales requeridos y las crecientes periódicas y extraordinarias, basados en la información hidrológica y la predicción de eventos meteorológicos, especialmente bajo la incertidumbre que genera el cambio climático.

##### **24. 4.6.4. TECNOLOGÍA DE LA NAVEGACIÓN FLUVIAL**

- 99 Un área que requiere de extensa investigación es la navegación fluvial y dentro de este campo vale la pena señalar:
- Tipos de embarcaciones más aptas para la navegación fluvial en el país
  - Métodos constructivos más apropiados para viabilizar la navegación fluvial

- Puertos, muelles y corredores fluviales prioritarios a desarrollar
- Origen y destino de las cargas fluviales
- Muelles e instalaciones para faenas fluvio-pesqueras
- Embarcaciones para transporte público
- Embarcaciones para prestación móvil de servicios
- Métodos y tecnologías de dragado de ríos y barras
- Estabilización de cauces para la navegación fluvial

#### 24. 4. 7. ECONOMÍA DEL AGUA

- 100 El principio número cuatro de la Declaración de Dublín sobre el agua y el desarrollo sostenible (CIAMA, 1992), establece que el agua tiene un valor económico en todos sus diversos usos en competencia a los que se destina y debería reconocérsele como un bien económico.
- 101 Si bien debe reconocerse el derecho fundamental de todo ser humano a tener acceso a un agua pura y al saneamiento por un precio asequible, la economía del agua plantea toda una serie de interrogantes que están obviamente relacionadas con el problema de su escasez geográfica y de las inversiones que deben efectuarse para hacer disponible el recurso y, por ende, con su aprovechamiento eficiente, equitativo y su conservación.
- 102 La Ley de Aguas (2007) (nota 8) reconoce estos principios generales al establecer en su Título VII, el Sistema Económico Financiero.
- 103 Igualmente la Ley Orgánica para la Prestación de los Servicios de Agua Potable y de Saneamiento (2001) (nota 9), en su Título VI establece un Régimen Económico Financiero conformado por un régimen tarifario, uno de subsidios y uno de financiamiento.
- 104 El objetivo general de ambos sistemas es lograr un uso eficiente de los recursos hídricos, y su desarrollo y aplicación demanda realizar investigaciones que están pendientes.
- 105 Hay que acotar que el agua ha sido reconocida como un bien económico por cuanto su manejo requiere de inversiones para su almacenamiento, control, tratamiento y distribución. Sin embargo, dada su condición de elemento vital para la vida humana y la naturaleza, existen una serie de condiciones que limitan la asignación de costos a los usuarios. Es por ello que la gestión del recurso es generalmente asumida por los gobiernos, quienes subsidian los costos a fin de que la población pueda obtener el agua en cantidad y calidad suficientes para su bienestar.
- 106 El suministro de agua para casi todas las ciudades pasa por complejos sistemas de captación, conducción y distribución. En algunas ciudades, el costo eléctrico por bombeo es alto (como en Caracas). En general, todas necesitan de tratamiento para llevarlas a un grado de calidad apropiado para consumo humano. Por ello se requiere de estudios para contabilizar dichos costos y quién debe pagarlos, a fin de mantener un adecuado servicio en cantidad y calidad. Aquí surgen grandes interrogantes desde el punto de vista humano. El derecho al agua es un derecho fundamental, por ello deben estudiarse políticas públicas que garanticen el agua a toda la población bajo esquemas de cobro o gratuidad, según la condición económica del usuario.

(nota 8)

Ley de Aguas (2007). Caracas, Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela núm. 38.595 Extraordinario del 2 de enero de 2007.

(nota 9)

Ley Orgánica para la Prestación de los Servicios de Agua Potable y Saneamiento. (2001). Caracas. Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela. núm. 568 Extraordinario del 31 de diciembre de 2001.

107 Posibles líneas de investigación relacionadas con la economía del agua.

- Metodología para el cálculo de los montos de las aportaciones que deberán efectuar los beneficiarios de concesiones, asignaciones y licencias de aprovechamiento de las aguas provenientes de fuentes superficiales o subterráneas, a los fines de la conservación y uso sustentable del recurso y de las cuencas de captación
- Los modelos tarifarios a emplear en la prestación de los servicios de agua potable y saneamiento, de acuerdo a las previsiones de la Ley
- Las tarifas que resulten de la aplicación de dicho modelo tarifario
- La normativa para el establecimiento de los regímenes de subsidio en los servicios de agua potable y saneamiento
- Valoración de la salud ambiental en el medio urbano y rural del país, asociada a la calidad de las aguas
- Estimación y transferencia de costos de conservación de las cuencas hidrográficas

**24. 4. 8. MARCO INSTITUCIONAL Y LEGAL**

108 El país cuenta con una normativa amplia que regula el ambiente y el manejo de las aguas. Sin embargo, es necesario hacer una revisión de los instrumentos legales y sub-legales a fin de adaptarlos a los nuevos paradigmas que van surgiendo en el manejo de las aguas y cuencas hidrográficas. Es importante revisar los avances de otros países en sus políticas y normativas de agua, especialmente los iberoamericanos, de manera de evaluar su adaptación a las condiciones del medio venezolano.

**24. 4. 9. CULTURA DEL AGUA**

109 El enfoque en cuanto a cultura del agua encuentra al menos dos corrientes en la literatura especializada. El referido al comportamiento ciudadano actual en cuanto a la conservación del recurso y al logro de la mayor eficiencia en su uso, lo cual a su vez pasa por comprender el carácter vital del recurso y consecuentemente el marco ético de la relación hombre-agua, así como la conciencia para comprender las leyes y normas que regulan su uso y cumplirlas con voluntad y convicción. Este último aspecto es especialmente pertinente para todas las personas e instituciones responsables de desarrollar proyectos que puedan afectar desfavorablemente las condiciones del recurso y sus cuencas.

110 El otro enfoque trata de los estudios antropológicos e históricos que pueden ayudar a comprender las relaciones de los venezolanos actuales con el agua a partir del modo como fue asumida esa relación por los grupos humanos que constituyen nuestra nacionalidad actual. No se trata de entender solamente el comportamiento hombre-agua de los aborígenes o grupos humanos originarios, sino de los agregados de civilización que aportaron los diversos grupos humanos asentados sucesivamente en el país, provenientes de múltiples regiones de España y de diversas localidades de África, cada una con sus propias relaciones con el agua. Así como el devenir institucional y las costumbres en el manejo del agua a través del período histórico.

111 La explicación previa permite comprender por qué en Venezuela el uso del agua varía con la región de acuerdo a las variaciones en las condiciones climáticas principalmente, destino final de consumo (doméstico, riego, industrial, navegación, etc.) y los elementos históricos y antropológicos.

- 112 La conciencia del costo del agua, de la contribución mancomunada de los ciudadanos a sufragarlo, de su ahorro, de la eficiencia en las prácticas de manejo, lucen ausentes del comportamiento colectivo nacional. Por ello es necesario abrir líneas de investigación que permitan estudiar la naturaleza de estos comportamientos, y, a la vez, desarrollar metodologías para concienciar y promover la aplicación de buenas prácticas que le lleguen a toda la población.

#### **24. 4. 10. CONSERVACIÓN DE ECOSISTEMAS ACUÁTICOS**

- 113 Las principales líneas de investigación requeridas para garantizar la conservación de los ecosistemas acuáticos están referidas al conocimiento de los patrones de transporte de contaminantes que afectan los humedales costeros; a la evaluación de la condición tróptica de los humedales y al conocimiento de los mecanismos de fertilización con N y P. Es importante el estudio de los pulsos de inundación y sequía en los humedales continentales y cómo se relacionan con el comportamiento de las especies que albergan esos ecosistemas. Otra materia de investigación es la disponibilidad del O<sub>2</sub> en el suelo, de acuerdo con los procesos de anegamiento y secado y la actividad microbiana. El conocimiento de las características de la vegetación ribereña y su relación con las condiciones hidrogeomorfológicas es otro tema de investigación.

#### **24. 5. ALGUNAS PRIORIDADES ESPECÍFICAS**

- 114 A nivel nacional y regional existe un conjunto de situaciones que reclaman la atención de los centros de investigación. Se mencionan algunos de ellos por su relevancia y notoriedad, y las manifestaciones de diferentes grupos de opinión académica, sobre la necesidad de atender la investigación sistemática requerida para resolver algunos de los problemas que se presentan para la cabal gestión de los recursos hídricos.

##### **24. 5. 1. LAGO DE VALENCIA**

- 115 La Academia Nacional de la Ingeniería y el Hábitat emitió un pronunciamiento (ANIH, 2012) donde específicamente recomendó los siguientes estudios e investigaciones:
- I. El estado de las condiciones de calidad de agua en el lago, los ríos y embalses. Clasificación por tipos de cuerpos de agua. Criterios para establecer las prioridades de estudio.
  - II. El inventario de las fuentes de polución por cuencas tributarias y la determinación de las causas de contaminación de los cuerpos de agua.
  - III. El reúso del agua como fuente de abastecimiento.
  - IV. El ordenamiento del territorio, localización de nuevos asentamientos humanos, planes urbanísticos, uso de fuentes de agua aún no consideradas e hidroenergía, y
  - v. Las nuevas estrategias para el abastecimiento de agua al medio urbano.
- 116 Completaba la propuesta precedente señalando que: la integralidad de las soluciones comprende la incorporación de criterios políticos, sociales, institucionales, legales, tecnológicos, de recursos humanos, financieros, tarifarios y cronológicos para el análisis de la viabilidad de las alternativas y el tiempo de la implementación de la solución.

#### **24. 5.2. CUENCA DEL RÍO TUY**

- 117 La importancia de realizar estudios sistemáticos y particulares en la cuenca del río Tuy fue reconocida por el Ministerio del Ambiente al tomar, en 1994, la decisión de crear la Autoridad Única de Área de la Cuenca del Río Tuy (nota 10). Esta autoridad tenía un conjunto de objetivos de los cuales destacan en materia de investigación el conocimiento del comportamiento de los caudales, cantidad, régimen y calidad de los ríos que conforman la cuenca (atención en los ríos Tuy, Grande y Guaire); la identificación y evaluación de las fuentes de contaminación puntual y difusa, los estudios jurídicos requeridos para el desarrollo de las normas del control de calidad de las aguas y efluentes; el estudio del régimen de inundaciones en la cuenca baja. Estos temas continúan siendo materias que requieren la adquisición de conocimientos específicos. La dependencia tuvo corta vida (1994-2000), pero en ese breve lapso, produjo mucha información, que debería ser recuperada y actualizada (PEÑA, 2002), (GODOY GÓMEZ, 2010). Actualmente, el Laboratorio Nacional de Hidráulica ha iniciado un estudio de tendencia de los parámetros de calidad de agua en el cauce principal del río Tuy y sus tributarios más importantes con miras a establecer una línea base ambiental (LNH, 2013) y el Ministerio del Poder Popular del Ambiente adelanta el Proyecto Río Guaire, que requiere sustentarse en un conjunto de investigaciones específicas que pueden abarcar modelos físicos en laboratorios de ingeniería hidráulica e ingeniería sanitaria, investigaciones socioambientales y conocimientos de uso de la tierra (MPPA, 2012).

(nota 10)

Decreto núm. 3.240,  
Gaceta Oficial  
núm. 35.240 del 16 de  
diciembre de 1993.

#### **24. 5.3. LAGO DE MARACAIBO**

- 118 La importancia del conocimiento de los recursos hídricos y sus relaciones en la cuenca del lago de Maracaibo, ha sido reconocida por el Estado venezolano al constituir el Instituto para el Control y la Conservación del Lago de Maracaibo y su Cuenca Hidrográfica, el cual tiene la responsabilidad de desarrollar las investigaciones necesarias para el logro de la conservación del lago de Maracaibo y su cuenca y mejorar el funcionamiento del sistema ecológico e hidrográfico de esta (LEY DEL ICLAM, 1981).

#### **24. 5.4. CONTROL DE AGUAS Y RECUPERACIÓN DE TIERRAS EN EL ESTADO APURE**

- 119 El proyecto de control de aguas y recuperación de tierras en el estado Apure procura un cambio tecnológico en la región del alto Apure, con miras a controlar el régimen climático y dar continuidad a la producción en un mismo espacio de tierra. Desde su inicio, a comienzos de la década del setenta, incluyó la investigación como uno de sus objetivos fundamentales. Dadas sus dimensiones, se adoptó la novedad de trabajar en laboratorios naturales, para lo cual se estableció el Módulo Experimental de Mantecal. Actualmente, la Universidad Nacional Experimental de los Llanos Ezequiel Zamora (UNELLEZ) dispone del Módulo Fernando Corrales donde se llevan a cabo investigaciones con igual filosofía. Por su parte, la Universidad Nacional Experimental Rómulo Gallegos (UNERGH) estableció como parte del plan de estudios de la carrera de Ingeniería Agronómica la cátedra de Sabanas Inundables Moduladas. Las investigaciones demandadas abarcan estudios hidrológicos, comportamiento de infraes-

estructuras hidráulicas, estudios ecológicos, geomorfológicos, de pastizales, de piscicultura, etc. Las necesidades de investigación son aún mayores cuando se considera la conveniencia de expandir el sistema a áreas con mayores cotas de inundación (bajo Apure). Se ha planteado que la tecnología desarrollada en Venezuela es exportable a ecosistemas tropicales y subtropicales en América Latina, África, Asia y el continente australiano (GIL BEROES, 2001).

#### **24. 5. 5. RECUPERACIÓN DE SISTEMA NACIONAL DE EMBALSES**

- 120 En los pasados ochenta años Venezuela desarrolló los sitios de aprovechamiento hidráulico más importantes del país, tanto para agua potable como para riego, control de inundaciones y energía. Estos sitios fueron escogidos por presentar condiciones ideales desde el punto de vista hidrológico, topográfico, geológico y económico por lo que no son fácilmente sustituibles y están dejando de ser útiles debido al deterioro en regularidad, cantidad y calidad del recurso agua que llega hasta ellos.
- 121 La pérdida de tales sitios no solo es inaceptable desde el concepto de sustentabilidad, sino que tampoco lo es desde el punto de vista económico, ya que, como se mencionó, buscar nuevos sitios, por ejemplo, para abastecimiento de agua potable en cuencas cada vez más alejadas de los centros poblados implica altos costos de inversión y operación. En el caso de riego, energía y control de inundaciones, los sitios son generalmente esos y no son sustituibles o renovables.
- 122 Por eso es una responsabilidad hacer esfuerzos para que esos sitios puedan ser legados de modo sustentable. Las investigaciones en prácticas de manejo y conservación adecuadas aplicadas a las cuencas contribuyentes a dichos sitios deben gozar de la máxima prioridad, del mismo modo que las prácticas destinadas al control de la contaminación del recurso por los efluentes municipales e industriales.

#### **24. 6. LA NECESIDAD DE CENTROS DE INVESTIGACIÓN Y OBSERVATORIOS DE TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN EN RECURSOS HÍDRICOS**

- 123 La investigación en nuestro país en el campo de los recursos hídricos ha estado mayormente concentrada en las universidades nacionales. Los principales centros existentes y sus líneas de investigación se describen en la tabla 24.7, pág. 918, predominando la investigación en las áreas de hidrología, hidráulica, mecánica fluvial y transporte de sedimentos. En general, los centros cuentan con una infraestructura adecuada, laboratorios bien dotados con equipos de última generación, y personal calificado de alto nivel académico.
- 124 Durante los últimos años ha habido un descenso significativo en el número de investigadores debido a los bajos salarios como consecuencia de los problemas presupuestarios de las universidades. Mayor información sobre la evolución de la investigación y formación en hidráulica en nuestro país y las capacidades locales de los centros de investigación puede encontrarse en Aguirre (1975), López y Mata (1981), Buroz (1999), Silva León (2000), López y Pérez (2002), Guevara (2012) y CIDIAT (2013).

125 Aun cuando todavía subsisten centros de investigación en el país, algunos de los cuales se han mencionado previamente y que continúan con cierta dedicación a los recursos hídricos, es urgente su reforzamiento. Además, deben crearse otros que se dediquen a los diversos temas previamente señalados. Algunos de ellos deben tener un carácter regional para atacar los problemas específicos de su región; las universidades son entidades ideales para ello, dada su naturaleza. Se plantea crear una red de investigación en recursos hídricos, dotada de un sistema de integración y difusión de resultados donde se sumen las capacidades de las varias instituciones que aún existen en el país. Adoptar un enfoque creativo e innovador en el diseño de una institución como esta, que oriente los procesos de investigación y señale prioridades. La red pudiera o no, realizar por sí misma investigaciones con su cuerpo profesional, trabajar en conjunto con otros centros de investigación que existan o se creen con fines específicos y que por su naturaleza se involucren en la gestión integrada del recurso agua. Se habla de centros de investigación económicos, sociales, legales, etc.

**TABLA 24.7** Principales centros de investigación en temas vinculados a los recursos hídricos en Venezuela

<i>Centro de investigación</i>	<i>áreas de investigación</i>
Instituto de Mecánica de Fluidos (IMF) Universidad Central de Venezuela (UCV)	Hidráulica fluvial. Ingeniería de costas. Modelaje matemático y físico del flujo de agua y sedimentos en ríos y canales. Procesos de lluvia-escorrentía en cuencas. Procesos de erosión y sedimentación. Gestión y mitigación de riesgos por inundaciones
Departamento de Ingeniería Hidrometeorológica (DIH),UCV	Hidrología, instrumentación y equipos de mediciones hidrológicas en ríos y cuencas hidrográficas. Sistemas de monitoreo y alerta temprana
Facultad de Agronomía,UCV. Instituto de Ingeniería Agrícola. Laboratorio de Hidráulica Fernando Key Sánchez	Riego con aguas residuales. Distribución espacial y temporal del agua de riego en el perfil de suelos. Estabilidad de agregados y conductividad hidráulica en suelos regados
Facultad de Agronomía,UCV. Instituto de Agronomía. Cátedra de Conservación de Suelos y Aguas. Laboratorio de Agricultura. Conservacionista y Conservación de Recursos Naturales Renovables	Diseño y establecimiento de prácticas de conservación de suelos y agua en tierras agrícolas y no atendidas. Evaluación y control de la erosión y la escorrentía en sistemas agrícolas y no atendidos. Evaluación agroambiental de tierras y cuencas hidrográficas. Evaluación de modelos de simulación agroambiental
Facultad de Agronomía,UCV. Instituto de Edafología. Laboratorio de Agrología	Evaluación de riesgos de movimiento en masa. Evaluación de tierras. Evaluación de la capacidad de producción de agua en cuencas hidrográficas
Facultad de Agronomía,UCV. Instituto de Ingeniería Agrícola. Climatología Agrícola	Consecuencias agrícolas del cambio climático. Estudios de sequía. Simulación de lluvias para períodos de erosión. Estudios de radiación global. Período húmedo y fechas de siembra y de cultivo
Facultad de Humanidades y Educación, UCV. Escuela de Geografía. Geografía Física. Cátedra de Climatología	Climatología Básica. Climatología Aplicada. Erosividad de la lluvia. Agroclimatología
Postgrado de la Facultad de Humanidades y Educación,UCV: Área de Geografía	Manejo integrado de cuencas. Cambio climático: Ciencia vs. Política. Cuantificación del Cambio Climático

cont...

<i>Centro de investigación</i>	<i>áreas de investigación</i>
Centro Interamericano de Desarrollo e Investigación Ambiental y Territorial (CIDIAT). Universidad de Los Andes.	Manejo y ordenamiento de cuencas hidrográficas. Estudios de impacto ambiental y sociocultural de obras hidráulicas. Modelos hidrológicos. Riego y drenaje
Facultad de Ingeniería. Universidad Católica Andrés Bello (UCAB) Departamento de Ingeniería Hidráulica.	Tratamiento de aguas servidas. Ingeniería hidráulica
Laboratorio de Hidráulica. Universidad del Zulia (LUZ) Maracaibo	Simulación de flujo compresible mediante el método de volumen finito con mallas no desplazadas. Simulación numérica de fluido bifásico mediante el método de volumen finito. Desarrollo de programas de computación para el análisis de flujo compresible, tanto para flujo en ductos como para el flujo sobre cuerpos sólidos. Desarrollo de programas de computación para la simulación de flujo multifásico vertical y horizontal en tuberías. Desarrollo de un simulador de yacimientos basados en líneas de corriente. Estudio hidrodinámico y de transporte de sedimentos y contaminantes en el lago de Maracaibo
Planta Experimental de Tratamiento de Agua. Facultad de Ingeniería, UCV.	Calidad de las aguas, tratamiento de líquidos residuales, potabilización del agua y desechos sólidos
Instituto Oceanográfico (IOV), Universidad de Oriente, Cumaná	Calidad de las aguas y sedimentos en el delta del Orinoco. Diagnóstico ambiental en zonas costeras Hidrobiología del golfo de Cariaco
Departamento de Hidráulica y Sanitaria. Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado (UCLA). Decanato de Ingeniería Civil	Modelación hidrológica distribuida de cuencas Simulación de redes de abastecimiento de agua potable, drenaje urbano y sistemas de evacuación de aguas residuales. Optimización multiobjetivo en recursos hidráulicos
Universidad de Carabobo (UC). Centro de Investigaciones Hidrológicas y Ambientales de la Universidad de Carabobo	Modelación de procesos hidrológicos extremos. Transporte y transformación de contaminantes y evaluación de impactos ambientales. Manejo integrado de cuencas: monitoreo y gestión ambiental. Modelación de variables hidrológicas y ambientales. Evaluación de riesgos ambientales: vulnerabilidad y adaptabilidad. Cambio climático

#### **24. 7. LAS NECESIDADES DE FORMACIÓN DE CAPITAL HUMANO EN RECURSOS HÍDRICOS**

126 Una agenda de investigación como la planteada requiere un programa acelerado de formación de investigadores y docentes al más alto nivel académico (maestría y doctorado) en las diversas áreas de los recursos hídricos (UCV, 2000; YAJURE, 2010):

- Hidrometeorología
- Ecohidrología
- Cuencas hidrográficas
- Modelos matemáticos de simulación hidrológica
- Contaminación de aguas
- Planificación de recursos hídricos
- Hidráulica
- Ingeniería sanitaria
- Riego y drenaje
- Economía del agua
- Cambio climático
- Legislación en agua

- 127 Un número importante de estos profesionales estaría destinado a reemplazar a los profesores e investigadores que se han jubilado de las universidades y algunos que se han ido al exterior. Otros cubrirán las áreas que no tienen investigadores en el país. Este es un programa complejo, costoso y toma su tiempo para obtener logros tangibles. La experiencia altamente positiva que ocurrió en los años sesenta y setenta, con el envío de profesionales a posgrados en el exterior, que luego trabajaron en sectores clave de la gestión de aguas, puede ser un modelo a seguir, o al menos analizar para su adecuación a la situación actual.
- 128 Adicionalmente a los investigadores se necesita formar un plantel de profesionales como especialistas en recursos hídricos que puedan abordar los problemas prácticos en esta materia, en el sector público y privado, como lo son:
- Conducción y distribución de agua potable
  - Contaminación de aguas
  - Cuencas hidrográficas
  - Gestión de aguas servidas y pluviales
  - Gestión de redes hidrometeorológicas
  - Obras hidráulicas
  - Operación de embalses
  - Riego y drenaje
  - Sistemas de información geográfica en recursos hídricos
- 129 Se trata de los funcionarios públicos o privados involucrados en el día a día del estudio, diseño, manejo, operación y mantenimiento de los distintos sistemas de acueductos, cloacas, drenajes, embalses, riego y drenaje, etc.
- 130 Los centros de investigación regionales tendrían dentro de sus funciones ofrecer cursos cortos para personal no ligado a la ingeniería que labore en la administración del recurso, o que de alguna forma tengan que ver con él. Este sería el caso, por ejemplo, de gerentes de acueductos no ingenieros, comunicadores sociales que reportan sobre el sector, alcaldes, comunidades interesadas, etc.

Hidroven tiene un Centro de Estudio del Agua, cuya misión expresa textualmente ser «(...) un espacio para la producción y socialización de los conocimientos y saberes del sector hidrológico venezolano, que con el apoyo de los colectivos que constituyen y hacen vida en torno a las empresas hidrológicas promueven el abordaje de variados ámbitos de comprensión en lo socio-vivencial, ideológico, cultural, histórico, político, económico y tecnológico desde una postura transdisciplinaria (...)»

- 131 Como un paso indispensable se hace necesario inventariar las instituciones en el país que tienen capacidad de formación de profesionales de pregrado, especialización, maestría y doctorado en recursos hídricos y áreas relacionadas. Se requiere un programa de fortalecimiento institucional para:
- Superar las limitaciones actuales: carencia de profesores, laboratorios, áreas experimentales de campo, bibliotecas, centros de documentación y de informática
  - Promover la formación de recursos humanos en recursos hídricos a distancia en aquellas instituciones que tengan las mejores capacidades de implementarla

- Actualizar la base bibliográfica en recursos hídricos en las principales bibliotecas del país, con acceso por internet
- Así mismo, conectarse mediante acuerdos con otros centros internacionales que trabajen en la gestión integrada de recursos hídricos

- <sup>132</sup> En los párrafos anteriores se han presentado los lineamientos para una agenda de investigación sobre recursos hídricos. Estos lineamientos apuntan a satisfacer la necesidad de conocimientos para poder abastecer los diversos usos del agua, atendiendo a su cantidad y calidad, que demanda la población, sin descuidar la sustentabilidad de los suministros.
- <sup>133</sup> No puede dejar de señalarse que los lineamientos no agotan los temas a investigar. Esta propuesta se ha centrado en lo que se considera indispensable y urgente.
- <sup>134</sup> Al iniciar el camino trazado su propio tránsito irá indicando las nuevas incógnitas y necesidades que deberán atacarse en su oportunidad.

## REFERENCIAS

- ACADEMIA NACIONAL DE LA INGENIERÍA Y EL HÁBITAT. (2012)  
Pronunciamiento de la ANIH con motivo de la situación planteada en el lago de Valencia. Disponible en: [http://www.acading.org.ve/info/comunicacion/pubdocs/pronunciamiento-35\\_SITUACION\\_PLANTEADA\\_EN\\_EL\\_LAGO\\_DE\\_VALENCIA.pdf](http://www.acading.org.ve/info/comunicacion/pubdocs/pronunciamiento-35_SITUACION_PLANTEADA_EN_EL_LAGO_DE_VALENCIA.pdf). Consulta: enero 2013.
- AGUIRRE, J. (1975)  
Algunas experiencias de investigación hidráulica. Ponencia. Sociedad Venezolana de Ingeniería Hidráulica, II Seminario sobre Enseñanza de la Ingeniería Hidráulica. Mérida, Venezuela.
- BEVERIDGE, W. I. B. (1966)  
*El arte de la investigación científica*. Traducido por Oswaldo Grillo. Universidad Central de Venezuela, Ediciones de la Biblioteca (Colección Avance 10), Caracas.
- BUROZ, E. (1998)  
*La gestión ambiental*. Fundación Polar, Caracas.
- CONFERENCIA MUNDIAL SOBRE EL AGUA Y EL MEDIO AMBIENTE (CIAMA). (1992)  
Disponible en: <http://www.wmo.int/pages/prog/hwrrp/documents/espanol/icwedec.html>. Dublín. Consulta: diciembre 2012.
- CONSTITUCIÓN DE LA REPUBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA. (1999)  
Gaceta Oficial núm.36.860 del 30.12.1999, Caracas.
- COPLANARH. (1972)  
Plan Nacional de Aprovechamiento de los Recursos Hidráulicos. (2 tomos). Decreto núm. 3.240, Gaceta Oficial núm.35.240 del 16.12.1993, Caracas.
- GIL BEROES, R. A. (2001)  
Investigación y desarrollo de un nuevo sistema hidrológico-hidráulico denominado: módulos agroecológicos de Apure, estado Apure, Venezuela. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. Agua, Vida y Desarrollo. Santiago de Chile
- GLOBAL WATER PARTNERSHIP (GWP). (2000)  
Manejo integrado de recursos hídricos. (TAC Background Papers núm.4). Estocolmo.
- GODOY GÓMEZ, S. (2010)  
Ideas para un desarrollo sostenible en Miranda (3/5). 3.0-Una Agenda Local Sustentable para las ciudades que conforman el Sistema de Ciudades de la Gran Caracas. Disponible en: <http://www.circuloambiental.net/noticias/mirandasostenible.htm>. Consulta: enero 2013.
- HIDROVEN. (2011)  
Propuesta de implementación centro de estudios del agua. Caracas.
- LABORATORIO NACIONAL DE HIDRÁULICA. (2013)  
Estudio de Tendencia de la Calidad del Agua en el Río Tuy (estados Aragua y Miranda). Disponible en: <http://www.lnh.gob.ve/LNH/proyectos.php>. Consulta: enero 2013.
- LEY DE AGUAS. (2007)  
Caracas, Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela, núm.38.595 Extraordinario del 2.1.2007.
- LEY DEL INSTITUTO PARA EL CONTROL Y LA CONSERVACIÓN DE LA CUENCA DEL LAGO DE MARACAIBO. (1981)  
Gaceta Oficial de la República de Venezuela, núm.2.890 Extraordinario del 28.12.1981. Caracas.
- LEY ORGÁNICA PARA LA PRESTACIÓN DE LOS SERVICIOS DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO. (2001)  
Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela, núm.568 Extraordinario del 31.12.2001. Caracas.
- LÓPEZ, J. L.—L. J. MATA. (1981)  
Enseñanza e investigación de la ingeniería hidráulica en Venezuela. *El Agua*, núm.20, Colegio de Ingenieros, marzo, 1981, Caracas.
- LÓPEZ, J. L.—D. PÉREZ HERNÁNDEZ. (2003)  
«La investigación y desarrollo de la ingeniería hidráulica en Venezuela en los albores del siglo XXI», *Revista de la Facultad de Ingeniería*, UCV, vol. 18, núm.1, octubre. Caracas.
- MINISTERIO DEL PODER POPULAR PARA EL AMBIENTE. (2012)  
Proyecto Guaire. Obras de Ingeniería Hidráulica en la recolección de las Aguas Servidas. Disponible en: [http://www.minamb.gob.ve/index.php?option=com\\_content&task=view&id=27](http://www.minamb.gob.ve/index.php?option=com_content&task=view&id=27). Consulta: enero 2013.

- PEÑA, G. (2002)  
Informe Nacional sobre la situación de manejo de cuencas en Venezuela. Disponible en: <http://desastres.usac.edu.gt/documentos/pdf/spa/doc14390/doc14390.pdf>. Consulta: enero 2013.
- GASSMAN P. W.—M. R. REYES—C. H. GREEN—J. G. ARNOLD. (2007)  
The Soil and Water Assessment Tool: Historical Development, Applications, and Future Research Directions Center for Agricultural and Rural Development. Iowa State University. Working Paper 07-WP 443.
- UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA. (2000)  
Seminaro sobre Formación de Personal para el Manejo de los Recursos Hídricos, Ciclo de Charlas sobre Recursos Hídricos en Venezuela, Comisión de Estudios Interdisciplinarios, Publicación núm.10, año 3, julio, Caracas.
- VENEZUELA, MISIÓN PERMANENTE ANTE LAS NACIONES UNIDAS. (1998)  
Administración Integrada de los Recursos Hidráulicos en Venezuela. Sexto Período de Sesiones de la Comisión de Desarrollo Sostenible de la Organización de las Naciones Unidas. 20.4-1.5.1998. Nueva York.
- WORLD BANK. (2004)  
Water Resources Sector Strategy. Strategic Directions for World Bank Engagement. Washington.
- YAJURE, E. (2010)  
«La formación y desarrollo de personal para el pronóstico meteorológico e hidrológico en Venezuela: la experiencia de diseño del sistema Prometeo para el programa VENEHMET». En: *Lecciones aprendidas del desastre de Vargas*. J.L. LÓPEZ (ed.), Edición Fundación Polar-UCV, Caracas, págs.641-668.