



Revista Ingenierías Universidad de Medellín

ISSN: 1692-3324

revistaingenierias@udem.edu.co

Universidad de Medellín

Colombia

Posada Arrubla, Adriana; Saldarriaga Molina, Julio César; Rebolledo, Francisco
Aportes de la ingeniería a la regulación y sostenibilidad del recurso hídrico
Revista Ingenierías Universidad de Medellín, vol. 4, núm. 6, enero-junio, 2005, pp. 79-97
Universidad de Medellín
Medellín, Colombia

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=75040606>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica
Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto



Aportes de la ingeniería a la regulación y sostenibilidad del recurso hídrico

ADRIANA POSADA ARRUBLA

Directora de posgrados de la Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales, Bogotá. E-mail: adriaposada@yahoo.es

JULIO CÉSAR SALDARRIAGA MOLINA

Profesor Grupo de Ingeniería y Gestión ambiental –GIGA-, Universidad de Antioquia.

FRANCISCO REBOLLEDO

Profesor Grupo Hidrociencias. Pontificia Universidad Javeriana

RESUMEN

En este artículo se examina la función de la ingeniería en la solución de los problemas relacionados con las posibilidades de regulación y sostenibilidad del recurso hídrico en el mediano y largo plazo y, a la par, se reflexiona sobre las necesidades curriculares para que la academia genere ingenieros más competentes.

Precisamente en la era de la competitividad, las preguntas que surgen para la academia son: ¿Cuáles son las competencias en los pregrados que hacen idóneos los ingenieros para aportar en el tema de recurso hídrico?; ¿qué tanto los pregrados o los posgrados en ingeniería tienen elementos para efectuar procesos de regulación y sostenibilidad del recurso hídrico?

Para responder a estas preguntas, inicialmente se presentarán temas básicos sobre las generalidades del recurso hídrico en Colombia como contexto de los problemas propios del país; posteriormente, se establecerán los encuentros entre ingenierías afines para aportar a la regulación y sostenibilidad del recurso hídrico y, finalmente, se abordan los nuevos conceptos que en el mundo orientan actualmente el estudio de los recursos hídricos.

Para aportar desde la academia al tema de regulación y sostenibilidad del recurso hídrico, la educación universitaria debe ser vista como parte de los fundamentos culturales del país, de manera que contribuya al patrimonio de su población y permee la política, el desarrollo empresarial y la sociedad íntegra.

Palabras clave: recursos acuáticos, ingeniería, regulación del recurso hídrico.

ABSTRACT

This paper examines the role of engineering in the solution of problems related with the regulation and sustenance possibilities of water resources in the medium and long term. It also talks about the curricular needs in order to generate more qualified engineers by the academy.

Indeed, in the era of the competitiveness, the questions that arise for the academy are: What are the competences in the undergraduate programs that make suitable engineers to contribute in the water resources theme?, how many elements do the engineering undergraduate and post grades programs have for carrying out water resources regulation and sustenance processes?.

In order to answer these questions, basic subjects about the water resources in Colombia are shown at the beginning of this paper; right after that encounters among similar engineering programs are established to contribute to the regulation and sustenance of the water resources. And finally the new world-wide concepts that are applied in water resources studies are approached.

To contribute to the regulation and sustenance of water resources from the academy, higher education must be seen as a part of the cultural bases of a country, so it will contribute to the patrimony of its population as well as in politics, development management and the social integrity.

Key words: Water resources, engineering, regulation of water resources

INTRODUCCIÓN

El desarrollo legislativo es un activo del país, pero el conocimiento aplicado de sus profesionales es un capital humano que cada vez cobra más fuerza. En la época de la globalización, se debe pensar en la manera de dinamizar este conocimiento con la sinergia generada entre Colombia y otros países; pero, antes, se debe analizar el aporte de la ingeniería para resolver de manera práctica, eficiente y sostenible los problemas propios del país y, como uno de los más importantes, el relacionado con la regulación y sostenibilidad del recurso hídrico.

Se requiere indagar por la proyección que deberán tomar las universidades en la formación de profesionales en competencias propias de la ingeniería, con el propósito de participar en un mundo globalizado y para responder con gran pertinencia y responsabilidad en la solución de los problemas del país. Este enfoque no es mercantilista, ni legalista, es de responsabilidad educativa. Para ello, es ne-

cesario partir de conceptos simples con el fin de avanzar en la reflexión. Principalmente se trabaja sobre los conceptos de:

- Regulación: entendida como “la dosificación en el uso de los recursos y, para este caso, en el recurso hídrico”
- Sostenibilidad: definido este término en el informe Brundtland como “aquel que satisface las necesidades del presente sin poner en peligro la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades”
- Ingeniero: definido como un profesional con capacidades y conocimientos para diseñar, ejecutar, controlar, proponer y crear soluciones a los problemas reales que se presentan en el devenir de las sociedades.

Por su parte, el Consejo de Acreditación para la Ingeniería y la Tecnología (Accreditation Board for Engineering and Technology, ABET) define la ingeniería como:

“La profesión en la cual el conocimiento de las matemáticas y las ciencias naturales, adquirido mediante el estudio, la experiencia y la práctica, se aplica con buen juicio al desarrollo de maneras de utilizar económicamente los materiales y las fuerzas de la naturaleza en beneficio de la humanidad”.

Entonces, si el ingeniero está en capacidad permanente de aplicar cambios, es necesario establecer los escenarios probables que se mantienen o transforman en cuanto al recurso hídrico en el país, y será necesario también determinar las variables más relevantes que necesitan una intervención rápida y eficiente para mejorar las condiciones de vida de la población actual y futura.

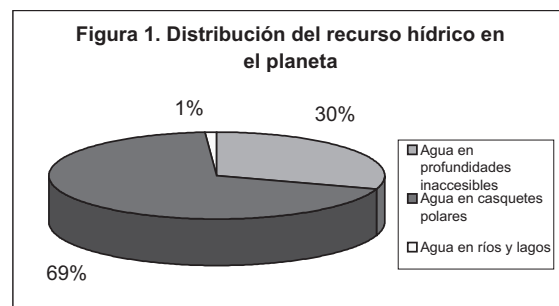
En relación con el recurso hídrico, las variables sobre las cuales debe aportar el ingeniero son: calidad, cantidad, cobertura, costo y cultura.

I. GENERALIDADES SOBRE EL RECURSO HÍDRICO EN COLOMBIA

Si nos pudiéramos remontar a las edades prehistóricas (4.500 millones de años atrás), observaríamos cómo el agua es mucho más antigua que cualquier ser viviente y más aún que la tierra misma. Por lo tanto se parte de la importancia del agua como recurso natural y como fuente de vida para el sostenimiento de la especie humana.

Desde la perspectiva del agua como recurso natural, se puede decir que ésta hace posible la permanencia de las especies en la tierra y que el ciclo hidrológico y su estabilidad son responsables de la vida en el globo. Igualmente, la aceptación del agua como un recurso renovable pero limitado debe servir para fortalecer nuestra preocupación por el ahorro; en este sentido actualmente se aboga por un uso racional del recurso hídrico, apoyado en una revisión de los hábitos de consumo, tanto en el ámbito de familia como en el de empresa.

Al identificar que del 100% del agua del planeta, el 97% está en los mares y sólo el 3% restante, es agua dulce, repartida ésta última, según lo muestra la figura 1 hace pensar al igual que como lo describe Naredo (2003) en su artículo “El agua en el mundo: disponibilidades y problemas” que no es la cantidad, sino la calidad y accesibilidad del agua lo que plantea un problema de escasez económica, pues sólo el 1% del agua es agua dulce disponible, y de ella depende la existencia de las especies y la existencia de la humanidad. Podemos también recordar que tanto el hombre como sus actividades, están íntimamente relacionadas con este precioso recurso



I.1 diagnóstico colombiano sobre el abordaje del recurso hídrico

Antes de la Constitución de 1991, la gestión del recurso hídrico estaba contemplada en el Código de los Recursos Naturales Renovables – decreto ley 2811 de 1974-, el Código Sanitario y sus decretos reglamentarios. Con la nueva Carta Política y la reorganización del Sistema Nacional Ambiental – ley 99 de 1993- se abren posibilidades para un promisorio modelo en gestión de este vital recurso.

Por otra parte, los lineamientos de política contenidos en la ley 99/93 y en el Plan de Desarrollo y su componente ambiental el “Salto Social hacia el Desarrollo Humano Sostenible”, obligan a la caracterización de la problemática hídrica y a la actualización del diagnóstico, a fin de garantizar el logro de las metas de desarrollo propuestas.

Posteriormente, en los antecedentes del documento CONPES “Lineamientos de política para el sector de acueducto y alcantarillado”, se advierte también que con anterioridad a la expedición de la Ley 142 de 1994 o Régimen de los Servicios Públicos Domiciliarios, se evidencia un desorden institucional dada, la dispersión de competencias de las entidades que conformaban cada uno de los sectores. Cada municipio era responsable de la planificación, regulación, control y vigilancia y, a la vez, de la prestación de los servicios.

Sobre este tema en particular, recurrimos a las memorias del Taller Regional sobre agua, Pobreza y Gobernabilidad, en el cual Restrepo (miembro del CINARA) (2003), encargada de la ponencia “Gobernabilidad del agua en Colombia”, expresa que: *“en el encuentro de La Haya, 2000, la gobernabilidad eficaz del agua fue definida como el factor más importante en el mejoramiento del manejo de los recursos hídricos y será tema central en el tercer Foro Mundial del agua (Japón, 2003)”*. Restrepo (2003), expresó también que *“...el manejo del agua en Colombia ha estado disperso en diversas entidades, algunas de las cuales aún no reconocen la relación con el manejo del recurso hídrico”* y finalmente concluye que:

- “La gobernabilidad del agua es poco conocida en Colombia y que además está afectada por múltiples factores: falta de legitimidad, falta de credibilidad en las instituciones públicas y privadas, falta de transparencia y la corrupción que afecta a Colombia.
- La fragmentación sectorial en el manejo del agua, sin espacios de encuentro y concertación genera contradicciones en los marcos normativos y regulatorios y en la propia estructura organizacional, e impide las soluciones integrales
- El concepto de manejo integrado de recursos hídricos es apenas una buena intención manifestada en algunos documentos gubernamentales

- El sector de agua y saneamiento es uno de los más afectados por la ineficaz gobernabilidad del agua (expresado en el deterioro de la situación de agua y saneamiento, principalmente en las poblaciones menores y áreas rurales)”.

Paralelo al tema anterior, es necesario considerar cómo en el ámbito mundial las actividades que demandan los mayores consumos de agua son la agricultura, la industria y las actividades domésticas; con base en ello, se estima que para cada sector en el mundo se consumen un 65% del agua en el riego agrícola, un 25% en actividades industriales y un 10% para consumo doméstico, comercial y otros servicios urbanos y municipales. La distribución anterior encaja perfectamente con la reportada para Colombia, en donde se invierte el 70% del agua en actividades agrícolas, el 20% para actividades industriales y el 10% para usos domésticos.

De los consumos domésticos en el mundo, se conoce que para el año 1990 el 81% de la población urbana de los países en vía de desarrollo contaba con servicios de agua potable y el 71% servicio de alcantarillado, mientras que en el ámbito rural el 63% disponía de agua potable y el 48% de alcantarillado, lo que significa que más de 1.200 millones de personas carecen de agua potable y cerca de 1.800 millones no poseen servicio de alcantarillado.

En el caso colombiano, un informe preparado por el Alto Comisionado para la CRA (Sánchez, 2001), (Jornada Regulatoria Regional realizada en Medellín – Barranquilla, diciembre 4 – 5), muestra que la cobertura Nacional de acueducto es del 79% y de alcantarillado del 63%. Igualmente, se ilustra que la cobertura regional para los mismos servicios públicos en la zona urbana es del 95% y del 88%, respectivamente. El mismo estudio muestra que de los 1091 municipios del país, solo cuenta con plantas de tratamiento de agua potable un total de 778 municipios, pero de las cuales sólo

514 funcionan para ese año. Vale la pena preguntarnos: ¿qué clase de agua llega a los usuarios y qué calidad de tratamiento reportan las plantas que hoy funcionan?

Para dar respuesta de manera rápida a las preguntas anteriores, es importante revisar el discurso de instalación de las sesiones ordinarias del Congreso de la República (20 de julio de 2004), por parte del presidente Uribe, en el que se informa que se invertirá un total de 365.000 millones de pesos comprometidos en audiencias públicas, con lo que se desea mejorar el cubrimiento logrado en el 2003 de sólo un 2%. También se debe observar la limitante que tienen millones de colombianos de acceder a agua potable de buena calidad, condición que se hace más crítica en las poblaciones de bajos recursos. Por lo tanto, se hace necesario que el ajuste y la optimización del marco regulatorio vigente se orienten, de manera clara, hacia la solución de los problemas de inequidad que el marco actual no corrige.

El diario El País, de Cali, en su edición del jueves 22 de julio del 2004 dio a conocer información gubernamental en la que se requiere de una inversión en Colombia de 32 billones de pesos para ampliar la cobertura de los servicios públicos. De este total, se requiere invertir 14 billones en acueducto y alcantarillado, con lo que el aporte que se destinará al país, según lo expresado por el presidente Uribe, se convierte en un 2.61% de los recursos necesarios.

Y no se debe olvidar que, desde 1993, la ley 60, de competencias y recursos, ha destinado a los municipios el 20% de los ingresos corrientes de la nación para invertir en el sector "Recurso agua y saneamiento básico", pero la realidad en la eficiencia de esta inversión muestra un panorama desolador, puesto que en los municipios la cobertura es aún insuficiente, especialmente en las zonas rurales; el que se hayan destinado recursos año tras año y no se hayan hecho efectivos deja muchos interrogantes tales como: ¿Hacia donde fluyen los recursos que se le conceden

al ente territorial?, ¿cuál es la asesoría técnica que reciben los municipios?, ¿cómo es la planeación de prioridades en cada alcaldía?

Para finalizar esta sección, se pueden resaltar los trabajos realizados por el Ministerio de Ambiente, Vivienda Desarrollo Territorial, (antes Ministerio del Medio Ambiente), donde se han realizado desde 1995, estudios especializados sobre políticas y regulación para el manejo del agua, dentro de los que se destacan: estudios para la formulación de la Estrategia Nacional del agua; estudios para la formulación del Estatuto Nacional del agua, reglamentación de las tasas retributivas por vertimientos líquidos y de las tasas de uso por recurso hídrico, modificación de los decretos 1541 y 1594/84 relacionados con la formulación del Plan Decenal de aguas Residuales, el Diagnóstico de inventario de sistemas de tratamiento de recurso hídricos residuales en Colombia y Formulación de un Modelo de Gestión para el manejo del recurso hídrico.

Para complementar, vale la pena dejar como reflexión, lo que el documento ANTECEDENTES – ELEMENTOS PARA CONSTRUCCIÓN DE UNA PROPUESTA DE LEY SOBRE RECURSO HÍDRICO 2004, expresa: *sobre la revisión de la legislación relevante para el manejo de los recursos hídricos en Colombia, evidencia que el país cuenta con un cuerpo jurídico abundante. Sin embargo, las partes que lo componen son generalmente inconexas, no complementarias y en algunos casos contradictorias. Con muy pocas excepciones la formulación de esas leyes y regulaciones no estuvieron enmarcadas dentro de principios tales como la equidad social, la eficiencia económica, las transparencias, la participación ciudadana, entre otras. De ahí que se trate de una legislación dispersa y generalmente incoherente.*

2. ENCUENTROS ENTRE INGENIERÍAS Y APORTES EN LA REGULACIÓN Y SOSTENIBILIDAD DEL RECURSO HÍDRICO

Para cuestionar sobre el papel que desempeñan los ingenieros en el tema de la

regulación y sostenibilidad del recurso hídrico, se establece cómo están vinculados al tema cada uno de los profesionales en ingeniería, de acuerdo con las competencias o conocimientos adquiridos durante su formación, para aplicarlos como herramientas en la solución de problemas específicos según su actividad propia.

Para empezar, se requiere discutir sobre algunos asuntos tales como:

- ¿Están las universidades formando sus profesionales de ingeniería en competencias?
- ¿Están los programas académicos estructurados de forma tal que todos los profesionales de un mismo saber específico tengan en gran porcentaje una formación con un perfil parecido?
- ¿Hacen uso los programas de ingeniería del país, de un trabajo integrador entre todos los campos del conocimiento, con el fin de lograr en los futuros egresados un ser capaz de trabajar en equipos interdisciplinarios y solucionadores de problemas reales en una sociedad en vía de desarrollo y en un mundo globalizado?
- ¿Estudian los programas académicos de ingeniería, los problemas reales del país y los llevan a las aulas de clase para obtener desde el interior de las universidades respuestas eficaces, económicas, viables y oportunas de dichos problemas?

Como una muestra para precisar esta reflexión se seleccionaron cinco ingenierías afines al tema ambiental que desarrollan competencias en el tratamiento del recurso hídrico; son ellas: la Ingeniería Forestal, la Agrícola, la Sanitaria, la Civil y la Ambiental.

Se analizan, en el documento, las competencias en los planes de formación de las ingenierías mencionadas, tanto en el pregrado como en el posgrado, y las tendencias de

renovación curricular en pregrado. Por otra parte, se tienen en cuenta las especializaciones, maestrías y doctorados aplicados a las ingenierías y en relación con la regulación y sostenibilidad del recurso hídrico.

En la era de la competitividad, la pregunta que surge para la academia es: ¿Cuáles son las competencias en los pregrados que hacen a los ingenieros idóneos para aportar en el tema de recurso hídrico?

Para empezar se aclara que, en los planes de formación de las ingenierías existen cuatro (4) bloques de asignaturas por áreas a saber:

- CIENCIAS BÁSICAS: asignaturas operativas (matemática, física, química, biología).
- ASIGNATURAS DE FORMACIÓN COMPLEMENTARIA: Humanidades y económicas.
- ASIGNATURAS BÁSICAS DE INGENIERÍA: las que anteceden a los temas específicos y aplicados y, como factor común a todas las ingenierías, las asignaturas hidráulica¹¹ e hidrología.
- ASIGNATURAS APLICADAS: Las que particularizan a cada ingeniería de acuerdo con el perfil profesional que se establezca desde cada universidad, que deberá estar de acuerdo con las necesidades del país en cada campo específico.

Actualmente la fortaleza de los planes de formación varía entre las diversas disciplinas, pero se concentra en las asignaturas de las ciencias básicas y en las asignaturas básicas de ingenierías, y la debilidad de los planes de formación está en las asignaturas de formación complementaria (humanidades y económicas) y en las asignaturas **aplicadas**, especialmente en la desarticulación entre campos del conocimiento que hacen del aprendizaje una tarea individual de disciplinas o saberes y no la interacción con otras

En las nuevas tendencias curriculares, la fortaleza de los planes de formación se da en la flexibilidad curricular para hacer de la investigación un pilar del proceso (o la facilidad para detectar los problemas e indagar por sus soluciones) y la formación humanística por un lado; y por otro, en la ampliación de la variedad de asignaturas **aplicadas** a través de líneas de énfasis.

Con el fin de recrear mejor la homogeneidad entre las ingenierías afines al estudio del recurso hídrico, se presenta a continuación la tabla 1, que hace la comparación entre cinco ingenierías seleccionadas; allí, se puede observar cómo se forma al ingeniero con las siguientes competencias en asignaturas básicas de ingeniería y en asignaturas aplicadas relacionadas con el tema del recurso hídrico:

Tabla 1. Síntesis de asignaturas básicas y aplicadas en los planes de formación de Ingeniería, afines al tema “recurso hídrico”

INGENIERÍAS AFINES	ASIGNATURAS BÁSICAS	ASIGNATURAS APLICADAS
I. Forestal	Hidráulica, hidrología, economía de recursos, protección forestal	Diagnóstico de cuencas, planificación de cuencas, gerencia de proyectos
I. Agrícola	Hidráulica, hidrología y climatología	Ingeniería de riegos, drenajes.
I. Civil	Hidráulica, Acueducto y alcantarillado, Hidrología	Ingeniería Ambiental, Ingeniería Sanitaria, Ingeniería de recursos hidráulicos
I. Sanitaria	Hidráulica, hidrología, hidrobiología sanitaria, microbiología sanitaria, sociedad y medio ambiente, procesos biológicos	Sistema de acueductos, sistemas de alcantarillado, estructuras hidráulicas, diseño de plantas para agua potable, saneamiento ambiental, diseño de plantas para aguas residuales.
I. Ambiental	Hidráulica, hidrología, microbiología ambiental, procesos biológicos	Contaminación de recursos hídricos, problemas ambientales, modelamiento de sistemas ambientales, evaluación y auditoria ambiental

FUENTE: Extractado de los Planes de formación de la Universidad del Norte, U. Nacional, U. de los Andes, Pontificia U. Javeriana, U. del Valle, U. de Antioquia, Escuela de Ingeniería de Antioquia, U. de Medellín, Fundación Universitaria de Boyacá, U. del Tolima, U. de La Salle. 2004.

Como puede deducirse de la tabla anterior, la ingeniería que más aporta al tema de regulación y sostenibilidad del recurso hídrico es la ingeniería sanitaria, no obstante, las demás ingenierías también aportan al tema pero con enfoques diferentes. Se establece el aporte concreto de cada ingeniería al tema de regulación y sostenibilidad del recurso hídrico.

2.1. Aporte particular al tema de regulación y sostenibilidad del recurso hídrico

- En Ingeniería Agrícola: **Cobertura** en zonas rurales, con estructuras micro y con locaciones agropecuarias.
- En Ingeniería Ambiental: En **calidad** del recurso hídrico, manejo integral del recurso y prevención de la contaminación.
- En Ingeniería Civil: **Cobertura** con estructuras hidráulicas en proyectos macro y en zonas urbanas
- En Ingeniería Forestal: Mejoramiento de la **Cantidad** del recurso hídrico a través de la protección de coberturas boscosas.
- En Ingeniería Sanitaria: Establecimiento de **cobertura** urbana y rural, evaluación y mejoramiento de la **calidad** del recurso hídrico.

Estos aportes apuntan a mejorar la calidad del recurso hídrico (en tanto disminuyen la contaminación y agilizan la potabilización), a incrementar la cantidad del recurso (en tanto mejoran la cobertura vegetal y los sistemas mecánicos de bombeo); amplían la cobertura (por desarrollar sistemas más compatibles con las características de los terrenos) e impulsan la gestión (por la comprensión del papel de los responsables), pero aún queda faltando enfatizar más en la gestión del recurso hídrico y, sobre todo, en el logro de una cultura de la sostenibilidad.

En general, para cada una de estas ingenierías afines con el tema ambiental, se presenta una

breve anotación sobre su enfoque actual y su tendencia, como sigue:

2.2. Enfoque actual de cada ingeniería

- En ingeniería Agrícola: Mejoramiento de procesos en el campo, y en los sistemas de producción. Incide además en las áreas de biotecnología y tratamiento de residuos contaminantes.
- En ingeniería Ambiental: Diseño, construcción y operación integral de sistemas de mejoramiento del recurso hídrico, aire y suelos y aportes a la gestión ambiental. Busca la estabilidad en la interrelación de factores ambientales para lograr un desarrollo sostenible.
- En ingeniería Civil: Planeación, diseño, dirección y ejecución de obras y macroproyectos en estructuras
- En ingeniería Forestal: Manejo de plantaciones y bosques naturales, para un mejor aprovisionamiento maderable, de oxígeno y de recursos conexos a la forestal.
- En ingeniería Sanitaria: Diseño, construcción y operación de sistemas de tratamiento para satisfacer las demandas desde el punto de vista del Saneamiento básico (acueducto, alcantarillado y desechos sólidos), en zonas rurales. Adicionalmente, participa en el diseño construcción y operación de obras relacionadas con el tratamiento de residuos (líquidos y sólidos) y el diagnóstico de la calidad del aire en zonas urbanas.

2.3. Tendencias de cada ingeniería

- En ingeniería Agrícola: Sistemas biológicos (con fuerte componente ambiental), desarrollos tecnológicos para la producción agrícola (reconversión de energía, manejo eficiente y sostenible).

- En ingeniería Ambiental: Estrategias de mejoramiento y cuidado del ambiente (regulación, nuevas tecnologías), optimización de los recursos propios del país (ecosistemas estratégicos, recurso hídrico) y mejoramiento de ciudades (residuos, contaminación atmosférica).
- En ingeniería Civil: Construcciones sin impactos ambientales, con alta seguridad y a bajo costo.
- En ingeniería Forestal: Manejo integral de microcuencas, protección y control del recurso forestal de manera holística y participativa.
- En ingeniería Sanitaria: Eficiencia en los sistemas de saneamiento con tecnologías y reconversión de desechos, diagnóstico de calidad de los recursos agua (potable y residual), aire y suelo (desechos sólidos) y planteamiento de soluciones ingenieriles.

Como puede observarse, la constante en el aporte tendencial de las ingenierías afines al tema ambiental, es la producción limpia en todos los procesos y la búsqueda de la sostenibilidad.

Por su parte, frente a los usos del agua (Agropecuaria, consumo humano, industrial, hidroeléctrico), la ingeniería está aportándole al mejoramiento de los procesos en el sector agropecuario, industrial e hidroeléctrico, pero aún es muy débil en el aporte al mejoramiento de las condiciones de consumo humano (diferente a la calidad), como es el caso de los costos. En otras palabras, para el saneamiento básico y ambiental, la ingeniería busca mejorar condiciones de abastecimiento de recurso hídrico, recolección y tratamiento de aguas servidas y contaminación del recurso con miras a optimizar el uso de los recursos económicos escasos.

Sin embargo, estas competencias no se forman ni se alcanzan exclusivamente ni a profundidad

en un pregrado, por más completo que sea su plan de formación. Para profundizar en los diferentes temas y complementar las competencias en las temáticas más débiles, se requiere la formación académica en los posgrados, el intercambio interdisciplinario, el diálogo de saberes con las comunidades y la investigación aplicada de grupos o fusiones entre entes privados, mixtos y académicos. Vale la pena resaltar que es importante lograr un vínculo efectivo con la industria, pues ésta podría aportar muchos recursos para la solución de sus problemas y articularse en el proceso formativo requerido por el actual profesional, sin descuidar la forma de vinculación del estudiante o profesional y su valoración económica.

Para contar con más elementos en la discusión, se listan a continuación las temáticas ofrecidas en posgrados que incluyen el tema “recurso hídrico”:

- **ESPECIALIZACIONES:** Ambiente y desarrollo local, ingeniería ambiental, ingeniería sanitaria y ambiental, planeación ambiental y manejo integral de los recursos naturales, gestión ambiental, gestión ambiental y prevención de desastres
- **MAESTRÍAS:** ingeniería ambiental, planificación y manejo ambiental de cuencas hidrográficas, ingeniería sanitaria y ambiental, medio ambiente y desarrollo.
- **DOCTORADOS:** la profundización está dada por las líneas de investigación propias de cada universidad.

Surge entonces un nuevo cuestionamiento: ¿Qué tanto los pregrados o los posgrados en ingeniería tienen elementos para efectuar procesos de regulación y sostenibilidad del recurso hídrico?

- Los pregrados desarrollan competencias parciales y sectoriales, además, no profundizan en los temas socioeconómicos.



- Las especializaciones profundizan un poco más en las aplicaciones y en el establecimiento de estados del arte de los diferentes temas de trabajo. Tal es el caso de las especializaciones en ingeniería ambiental.
- Las maestrías profundizan a través de la investigación conducente a orientar políticas generales. Tal es el caso de la maestría en Manejo de Cuencas Hidrográficas.
- Los doctorados profundizan a través de la investigación conducente a orientar

políticas particulares. Tal es el caso del doctorado en Recursos Hidráulicos de la Universidad Nacional.

Hasta aquí se concluye que los pregrados en ingenierías aportan más elementos a la calidad, la cantidad y la cobertura del recurso hídrico, pero pocos elementos al establecimiento de costos apropiados y al proceso cultural. Para apoyar esta conclusión, véase la tabla 2, *Síntesis de aportes por variables en pregrados y posgrados*.

Tabla 2. Síntesis de aportes por variables en pregrados y posgrados

	CALIDAD	CANTIDAD	COBERTURA	COSTOS	CULTURA
I. Forestal	X				
I. Agrícola		X	X		
I. Civil			X		
I. Sanitaria	X	X	X		X
I. Ambiental	X	X	X		
Especialistas			X	X	X
Magíster y doctores	X				

Pero independiente del nivel de formación en pregrado o posgrado, hace falta un enfoque más integrador y menos sectorial porque el tema del recurso hídrico hace parte de un ciclo hidrológico que no sólo se refiere a corredores hídricos o espejos de agua, sino al clima, a páramos, bosques y a condiciones antrópicas que permiten su sostenibilidad en el tiempo.

Además, es bien importante hacer énfasis en los temas de conflicto alrededor del agua, pues cada vez es más escaso y distante de las poblaciones pobres o marginadas y, según nuestra Constitución Política, deberá repartirse sin distinción para todos los usuarios. La situación anterior no es entendida por todas las poblaciones y menos aún cuando se debe pagar un precio por acceder en los hogares al agua potable.

Por otra parte, hace falta crear acciones sobre el tema de la gestión y el manejo de conflictos, ya que el recurso hídrico hace parte de un proyecto macro de vida, en el que interactúan diferentes instancias y deben establecerse acuerdos de cooperación para que exista un equilibrio no sólo en la distribución del recurso, sino en las competencias para su regulación y sostenibilidad.

Respecto de los argumentos anteriores, los pregrados no deben esperar a que el egresado de ingeniería tenga la oportunidad de hacer un posgrado; es necesario, desde la formación en pregrado, incluir temas holísticos, integradores, de conjunto; aplicar casos concretos en conflictos propios de la realidad del país y las regiones; desarrollar estrategias de gestión y, sobre todo, establecer una **cultura** de sostenibilidad en los recursos.

Los pregrados y posgrados están más capacitados para aportar a la regulación que a la sostenibilidad, por lo tanto, es necesario precisar en una regulación más armónica y coherente con la realidad del país y enfatizar en las posibilidades de sostenibilidad del recurso agua.

Es por ello que el aporte de las ingenierías no debe centrarse solamente en mejorar condiciones de calidad, ni resolver problemas parcializados por sectores de manera inmedatista, sino trabajar de manera más integral, pensando en la sostenibilidad del recurso, para las futuras generaciones.

Pero la situación de desempleo conduce en muchos casos a que los profesionales no miren la posibilidad de elaborar propuestas de largo alcance, sino de responder de manera inmedatista por el contrato de turno, lo que no permite la continuidad en las acciones y, por ende, le resta futuro a la disponibilidad del recurso.

Esto se debe básicamente a que el mercado hace ver al recurso natural como un producto con precio, que tiene como fin su venta al mejor postor, sin considerar el *stock* de capital disponible. Por ello la norma, aunque no resuelve el problema total de regulación y de sostenibilidad, juega un papel importante en el establecimiento de mecanismos de costeo y, sobre todo, la gestión de los diferentes actores permite un acercamiento más integral y coherente con nuestra realidad.

Y al cabo de todo el tiempo de vigencia de la formación en ingeniería, ¿cuáles son los nuevos aportes de la academia en el tema?

- En el plano conceptual: **Cuenca** como un todo, **gestión** como administración del recurso, **integración** como sinergias entre los recursos y **estabilidad** como distribución de cargas y beneficios, reconversión, sistemas de calidad.

- En el plano técnico: Utilización de nuevo software para modelaciones e integración de variables como en el caso de los sistemas de información geográfica, diseño de equipos y accesorios más eficientes, mejoras en sistemas de riego, agilidad en los procesos de cobertura y descontaminación, manejo integral de las fuentes y sus nacimientos, aprovechamiento de residuos que se convierten en materias primas de otros procesos industriales. Además, la formación directa en laboratorios le permite la medición de datos, lo que no implica que se esté llevando a cabo directamente una regulación de los procesos que permitan la sostenibilidad del recurso.
- En el plano normativo: La academia aporta orientaciones para la norma, y el desarrollo tecnológico genera herramientas de uso más eficiente y de reconversión del recurso en cada etapa del proceso hídrico.

A partir de lo anterior, se recomienda que, a través de mesas de trabajo, se identifiquen conjuntamente entre empresarios, instituciones públicas, académicos y organizaciones no gubernamentales, cuáles serán los escenarios probables y factibles en que actuará la ingeniería en Colombia para regular el recurso hídrico y darle sostenibilidad.

En la actualidad, desde el Gobierno Central se está incentivando a las universidades para impulsar en sus futuros egresados la formación en competencias específicas; actividad en la que pueden participar todas las universidades si quieren mantener vigencia en el medio académico.

La integración de campos del conocimiento para la solución de problemas está siendo nutrida desde la acreditación de los programas académicos, en la que, desde las presiones por parte de pares nacionales e internacionales, se da gran peso a este tipo de estrategias docentes. Igualmente, se busca la solución de

problemas reales en los programas de ingeniería, aún para las disciplinas de las ciencias básicas. En este sentido y para orientar el estudio de los recursos hídricos, hoy en el mundo existen tendencias para integrar las ciencias naturales como elemento fundamental de trabajo; la ecología y la hidrología con herramientas novedosas, proporcionadas por la informática y la computación que generan la posibilidad de planificar adecuadamente el recurso. En este sentido en el acápite siguiente se explicitan estos conceptos que en la actualidad son liderados por la UNESCO (2002), sobre el estudio del agua en el planeta.

2. NUEVAS ORIENTACIONES EN EL ESTUDIO DEL RECURSO HÍDRICO

Como se mencionaba anteriormente, el papel de la ingeniería es fundamental en el estudio del recurso natural "recurso hídrico". Las soluciones y aportes desde las diferentes ingenierías nos muestran la importancia en la regulación y sostenimiento del recurso. Pero debemos ser claros que al plantear las soluciones ingenieriles, existe una necesidad imperiosa de lograr un trabajo donde podamos conjugar otras disciplinas especialmente ciencias de la tierra, fundamentales para entender la evolución de los procesos dentro del ciclo hidrológico.

Las problemáticas del recurso hídrico en el mundo están esperando soluciones y entendimientos de carácter integral donde una visión parcializada puede sacrificar los beneficios de tan preciada riqueza. El recurso hídrico no da espera para que los enfoques, con los cuales lo estamos manejando, sigan siendo miopes y desconocedores de la realidad de la evolución del globo. El problema es mundial y tanto países ricos como pobres se ven afectados por el detrimento del recurso.

El aprovechamiento y uso del recurso es un problema mundial y Colombia, a partir de su entendimiento local, debe buscar el trabajo

aprovechando las directrices actuales globales. Por eso es importante conocer los nuevos enfoques que se presentan en el mundo. Una reciente publicación de National Geographic¹ da cuenta de un "planeta sediento" y expone casos donde afloran los conflictos generados cuando de uso y aprovechamiento del recurso hídrico se habla, ellos son:

La cuenca del río Paraná: se busca aprovechar esta cuenca para establecer un importante canal navegable que conecte y dé salida al mar a zonas de alta productividad minera y agrícola, a través de los ríos Paraná y Paraguay; países como Brasil, Bolivia, Paraguay, Uruguay y Argentina usufructuarían este proyecto y adicionalmente, el humedal más grande del mundo, Pantanal, sería objeto de drenaje y regulación que puede afectar los centenares de especies que dependen de las inundaciones en la zona; hay creado así un conflicto que debe resolverse con un enfoque sistémico e interdisciplinario.

La cuenca del lago Chad: En 1962 el lago Chad en África Central era el cuarto cuerpo acuático mas grande del continente (25.000 km); hoy está reducido a la quinta parte. El excesivo pastoreo en los pastizales que lo rodean se especula como causa importante de la sequía; su cuenca es soporte de tres ciudades grandes con tasas de crecimiento urbano del 4.7% y una densidad demográfica de 12 hab./km.

La cuenca del río Colorado: Cuenca vital de siete estados del suroeste de Estados Unidos y de México. Es un ejemplo de demanda excesiva hasta el agotamiento; cuando el río llega a la frontera mexicana es ya un riachuelo. Abastece más de 25 millones de personas de siete grandes ciudades y es utilizado para riego de granjas, llegará el momento en que se deberá optar por uno de los dos usos si se quiere preservar esta riqueza hídrica.

La cuenca del río Yanngtse: Sobre esta cuenca se levanta uno de las presas más

grandes del mundo “Las Tres Gargantas”; con 2 km de longitud, pretende regular el río para control de inundaciones, aprovechamiento agrícola y energético; su costo: 25.000 millones de dólares; los costos ambientales, según sus críticos, están centrados en el desplazamiento de dos millones de personas, la inundación de parte de la mejor tierra agrícola de China y creación de un lago de 600 km de longitud para recibir mil millones de toneladas de aguas residuales industriales y domésticas cada año provenientes, en parte, de más de 56 grandes ciudades con influjo sobre la Cuenca y cuya densidad demográfica es de 212 habitantes/km².

Las cuencas del Tigris y el Eufrates: Una cuenca milenaria, su uso se remonta a siete mil años; entre Turquía, Siria e Irak han construido más de 30 presas en los dos ríos; las disputas por el uso del recurso de la cuenca han sido permanentes: Irak ha amenazado con bombardear las presas recurso hídrico arriba, Siria y Turquía han llegado casi a la guerra por un proyecto de irrigación turco, Siria e Irak reclaman derechos de uso del recurso hídrico que datan de la prehistoria y Turquía reclama soberanía sobre la cabecera de los ríos. Se pregunta National Geographic (2002): “¿De quién es el recurso hídrico?”.

La cuenca Murray-Darling: Cuenca en Australia que cubre la séptima parte del País que produce el 41% de su ingreso agrícola y abastece de recurso hídrico potable a dos millones de personas; su uso intensivo ha elevado los niveles de salinidad en el suelo afectando más de 650 mil hectáreas que para el 2050 se espera sean 3 millones 300 mil. Y así se podrían numerar muchos otros ejemplos, entre ellos, sobre la cuenca del río Amazonas donde las amenazas sobre sus riquezas hídricas y de biodiversidad están en la mira no sólo de la economía brasilera sino también de los países en desarrollo del Hemisferio Norte. En nuestro territorio, las cuencas de los ríos orientales: Meta, Guaviare, Caquetá y Putumayo en abandono, sin ningún

uso sistemático son una riqueza expectante que ofrece un potencial invaluable para el País; lo mismo se puede decir de la cuenca del Pacífico, una de las zonas más lluviosas del mundo y puerta de comunicación de Colombia con el Lejano Oriente; la cuenca del Magdalena sobre la cual hemos recargado todo nuestro desarrollo urbano y rural constituyéndose en la receptora de los efectos negativos del uso indiscriminado del recurso hídrico en toda su área de influencia y del descuido y deforestación de las cabeceras.

Existe entonces diversidad de conflictos en el aprovechamiento del recurso hídrico de tipo económico, cultural, político, técnico y científico, rodeando la evolución del recurso hídrico actualmente en el mundo. Por esta razón fundamental el estudio del recurso y sus problemas debe abordarse de manera sistémica, más en un país como Colombia. Aparecen varios conceptos fundamentales para acometer el estudio del recurso hídrico:

3.1. El enfoque hidrosistémico:

Implica tener en cuenta las consideraciones necesarias para entender en términos generales dos cosas: el enfoque sistémico y por otro lado la palabra “Hidrosistema”. Un sistema, en general, consiste de un conjunto de elementos interactivos que ejecutan actividades independientes. Un sistema se caracteriza por poseer: (i) una frontera que permite establecer si un elemento pertenece o no al sistema considerado; (ii) unas relaciones que definen las entradas y salidas al sistema; y (iii) unas formas de interrelación entre los elementos; las entradas y las salidas del sistema se conectan externamente generando procesos de retroalimentación. Según Mays y Tung (1992),

“Hidrosistema, es un término inicialmente presentado por V.T. Chow el cual describe colectivamente las áreas técnicas de Hidrología, Hidráulica, y recursos hídricos, incluyendo la aplicación de la Economía, optimización,

probabilidad, estadística y manejo. Hidrosistema también ha sido un término usado para referenciar a los tipos de proyectos tales como sistemas de almacenamiento, tratamiento y conducción de agua, sistemas hídricos subsuperficiales, sistemas de control de inundaciones, de drenaje urbano, etc. "

Teniendo en cuenta estas definiciones, se entiende por Hidrosistema, en el marco de un sistema general, cualquier sistema de recursos hídricos de naturaleza natural o artificial. Ejemplos de los primeros son las cuencas, los corredores fluviales, los medios costeros, los lagos, los acuíferos, los estuarios, entre otros. En los segundos se incluyen aquellos que contienen en sus componentes desarrollos y elementos artificiales; entre estos se tienen: plantas de tratamiento, distritos de riego, presas de embalse, conducciones, drenaje urbano, etc. Vale la pena hacer la salvedad que estrictamente no existen los hidrosistemas puramente naturales, toda vez que de alguna manera el hombre ha incidido en el funcionamiento de la naturaleza en su intento por su desarrollo y supervivencia.

Sobre los Hidrosistemas entonces, se busca desarrollar las nuevas tendencias de estudio del recurso. Existen hoy en el mundo dos paradigmas sobre los cuales se basa la sostenibilidad hídrica del planeta: la ECOHIDROLOGÍA y la HIDROINFORMÁTICA. El primero reclama la fusión armónica de la Ecología y la Hidrología como "única" opción para garantizar la sostenibilidad hídrica. Aunque este nuevo paradigma ofrece una espléndida alternativa para los recursos hídricos, representa por sí solo una condición necesaria más no suficiente. Requiere de herramientas apropiadas que permitan su adecuada promoción y aplicación. La Hidroinformática surge, de esta forma, como el segundo paradigma de información y comunicaciones, en procura de aportar otra condición necesaria en el marco de la sostenibilidad hídrica. Dos enfoques definidos en seguida.

3.2. El enfoque ecohidrológico

A pesar de las bondades de la Ecohidrología como paradigma científico de sostenibilidad hídrica, en Colombia, el concepto y aplicación de las hipótesis de trabajo ecohidrológicas, no se encuentran generalizados, por lo que es difícil hallar estudios de esta naturaleza en universidades y entidades manejadoras del recurso. Por consiguiente es importante mirar la definición e hipótesis de trabajo de la Ecohidrología, planteadas en el mundo.

Actualmente en muchas áreas del mundo el recurso de agua (dulce) se ha convertido en un factor limitante importante, no sólo como elemento clave para el desarrollo, sino también para la subsistencia de las comunidades. De otra parte, el crecimiento exponencial de la población humana trae consigo un aumento considerable de los impactos sobre los ecosistemas de agua dulce. Por esta razón un nuevo paradigma (a manera de solución) ha sido postulado en 1992 durante la Conferencia Internacional de Dublín sobre agua y Ambiente: La ECOHIDROLOGÍA.

Pero ¿Por qué la integración de la Ecología y la Hidrología tiene un potencial para crear un nuevo paradigma? A la fecha, el manejo del recurso hídrico (dulce) trata principalmente con la eliminación de las amenazas como las inundaciones, las sequías y la contaminación de las fuentes. Sin embargo, es importante pensar que toda estrategia de manejo del recurso hídrico, que se conciba e implemente, debe contener dos elementos: (i) eliminación de amenazas y (ii) amplificación de oportunidades. Una de las oportunidades es el uso de la capacidad de resistencia y recuperación de los ecosistemas hídricos sujetos a esfuerzo.

Además de las suposiciones fundamentales de la nueva aproximación, ésta debe ser ambientalmente atractiva, económicamente posible y socialmente aceptable. Este fin puede

ser alcanzado mediante investigaciones orientadas hacia la integración del funcionamiento de los ecosistemas de agua junto con los procesos hidrológicos de gran escala. *“De esta forma, la integración de la dinámica de los tres componentes: la cuenca, el recurso hídrico y la biota en un “superorganismo” marca el cumplimiento del objeto último del manejo del recurso, es decir, el mantenimiento de su equilibrio homeostático medible por biodiversidad, y la cantidad y calidad del recurso hídrico. La integración de la dinámica de los ecosistemas hídricos dentro de los procesos hidrológicos deberá crear las bases para un Desarrollo sostenible de los recursos hídricos”.*

Hipótesis de trabajo de la Ecohidrología

Existen once hipótesis de trabajo de la Ecohidrología

- (i) Para lograr un entendimiento profundo del régimen hidrológico y de la distribución de la biota en corredores fluviales en el presente, los cambios históricos deben ser analizados e interpretados.
- (ii) Mejoramiento de la capacidad de resistencia, recuperación y amortiguamiento de corredores fluviales.
- (iii) La vulnerabilidad de los ríos, embalses y estuarios depende de los patrones estacionales de procesos hidrológicos y bióticos y puede ser cambiado por el impacto humano.
- (iv) Las cargas de nutrientes y sedimentos que alcanzan los sistemas acuáticos dependen fuertemente de las perturbaciones inducidas por el hombre sobre las características ecológicas e hidrológicas naturales de la cuenca.
- (v) La intensidad y la duración de las crecientes son modificadas por las características biológicas de corredores fluviales, las cuales a su vez son modificadas por el régimen hidrológico.
- (vi) El nivel de nutrientes en los ríos es influenciado por los aportes de recurso hídrico subterráneo y por la estructura biótica del valle del río.
- (vii) El transporte y transformación de los contaminantes está altamente

influenciado por el régimen hidráulico-hidrológico y por las características ecológicas de los corredores fluviales.

- (viii) La aplicación de aproximaciones ecohidrológicas basados en Sistemas de Información Geográfica (SIG) a subsistemas de cuencas consistentes de ecotonos y conjuntos elementales, hace de la información hidrológica y ecohidrológica ganada en estas microescalas agregable a sistemas en niveles altos de abstracción. El integrador de esta información dentro de conceptos hidrológicos conllevará una interpretación más profunda del régimen hidrológico de las cuencas.
- (ix) El entendimiento comprensivo de los procesos ecohidrológicos y el mejoramiento de las capacidades predictivas forman la base para un manejo eficiente del costo de los sistemas hídricos y de los paisajes.
- (x) La optimización de la estructura de las zonas de ecotonos (como las zonas de defensa ribereñas) y de los humedales de planicies de inundación es la herramienta principal para la reducción de la transferencia de nutrientes desde la cuenca hacia el río u otros cuerpos hídricos recurso hídricos abajo.
- (xi) Los índices para el planeamiento predictivo y el manejo sostenible de los recursos hídricos deben estar basados en los datos puntuales/locales y en estudios sobre procesos hidrológicos de gran escala.

3.3. Enfoque hidroinformático

La Hidroinformática comprende el desarrollo y aplicación de modelos matemáticos y de herramientas de la tecnología de información avanzada en la Hidráulica y en los problemas ambientales e hidrológicos de hidrosistemas naturales y artificiales.

Esta disciplina proporciona la base computacional a los sistemas de soporte y decisión in-

dispensables para el desarrollo de las actividades que firmas, agencias y universidades adelanten en relación con el aprovechamiento y conservación de los hidrosistemas.

La habilidad para predecir cambios en los niveles y descargas de recurso hídrico causados por cambios antropogénicos hacia el ambiente proporciona mejoras en la confiabilidad de los estudios ingenieriles. Hoy, la revolución de la información dentro de nuestra sociedad global ha modificado el planeamiento tradicional y las metodologías de diseño y decisión aplicadas a los hidrosistemas. La disponibilidad de computadores sofisticados permite incrementar la complejidad en términos de habilidad computacional, el almacenamiento, procesamiento, despliegue y comunicación de grandes cantidades de información.

«La Hidroinformática es el estudio del flujo de información relacionado con el flujo del agua y con sus ambientes naturales y artificiales.». Un importante rasgo de un sistema hidroinformático es que éste permite el uso de simulaciones numéricas que estén sujetas a restricciones expresadas en lenguajes naturales (incluyendo legislación, contratos, acuerdos, etc.).

Tal tarea es mejorada mediante la captura del conocimiento experto y su conjunción con los datos medidos; de esta manera se presenta la información disponible a «hidrocientíficos» e ingenieros como sistemas de soporte y decisión basados en computadores. Hoy por hoy existen programas de postgrado en los niveles de maestría y doctorado denominados “Hydroinformatics” los cuales comprenden para su estudio: (i) desarrollo de Sistemas de Información Geográfica; (ii) optimización global; (iii) desarrollo de software para modelación, diseño y planeación; y (iv) aplicaciones de técnicas de sistemas inteligentes tales como los algoritmos evolucionarios y redes neuronales artificiales y lógica difusa entre otros.

Éstas son las nuevas orientaciones con las cuales las escuelas de Ingeniería en Colombia

deben avanzar en la docencia y, sobre todo, en la investigación. La Sostenibilidad del Recurso Hídrico en Colombia y, por tanto, los desarrollos técnicos y manejo de políticas económicas y de regulación tendrán en estos nuevos enfoques una plataforma de trabajo para fundamentar la gestión del recurso hídrico. Los esquemas tarifarios, las tasas retributivas, la estabilidad económica de las empresas utilitarias del recurso podrán de esta manera fundamentar sus dictámenes y establecer con claridad y proyección su papel frente al recurso.

4. REFLEXIÓN FINAL

Los esfuerzos universitarios deben fortalecerse con fusiones y uniones interinstitucionales para profundizar en desarrollos científicos y tecnológicos, y el espacio de la academia debe considerarse como de un valor estratégico para lograr paz y cultura en el país a través de la “neutralidad” que permite la academia.

Ahora más que nunca, las universidades deben estar unidas entre sí y con otros gremios en los que podremos aportar con altura, para que el libre comercio no desvíe el objeto de su existencia y no las convierta en oferentes de una mercancía más.

Una gran necesidad de los ingenieros, y en especial de los programas de ingeniería, es el lograr que el egresado sea lo suficientemente hábil para tomar datos de campo y de laboratorio, correlacionarlos entre sí y con otros saberes y plantear, de manera rápida, soluciones viables y efectivas. Creemos que la universidad, hasta hoy, no logra inculcar en el profesional, un sentido crítico de participación y que la formación práctica de laboratorios debe ser ciento por ciento aprovechada para la búsqueda de soluciones o alternativas de mitigación de impactos causados durante la actividad natural o antrópica.

Estamos seguros de que en la medida en que nuestras mentes y nuestras instituciones sigan

apuntando a que la formación de los profesionales deba dirigirse a solucionar los problemas reales del País, a hacer uso de las herramientas de comunicación, a lograr soluciones desde la fuente y en los procesos y no “al final del tubo” y a pensar interdisciplinariamente, se logrará que los egresados puedan fácilmente solucionar los problemas de las regiones y lograr la movilidad internacional como profesionales de alto nivel académico.

Es importante aprovechar los laboratorios naturales con que cuenta Colombia para desarrollar las prácticas académicas, pues no sólo permiten el acercamiento a ecosistemas menos transformados que los de otros países, sino a las comunidades propiamente dichas, lo que facilita el entendimiento de las actuaciones éticas en los profesionales y permite entender

que la prevención no es ejecutar una consultoría simplemente, sino evitar que la contaminación del recurso hídrico pase de un lado a otro y se equilibren los niveles de bienestar.

Se invita, por tanto, a las agremiaciones de empresarios, comerciantes, autoridades públicas y organizaciones no gubernamentales a aprovechar los espacios universitarios para desarrollar tecnologías apropiadas de acuerdo con las necesidades particulares de nuestro país. Se invita también al país en general, para que demos un vistazo a la problemática por la que atraviesa el recurso hídrico, para que creemos conciencia de los escasos índices de cobertura y calidad por los que atraviesan miles de colombianos y para que de una vez por todas, logremos crear conciencia de país alrededor de una cultura en el uso racional del recurso hídrico.

BIBLIOGRAFÍA

ABBOT, M. Hydroinformatics: Information technology and the aquatic environment. Avebury Technical, Aldershot 1991.

ACOFI. “Contenidos programáticos básicos para ingeniería”. Primera versión del documento marzo de 2004.

ACOFI. Programas de ingeniería en Colombia. Tercera versión, 2003.

ASCUN- Asociación colombiana de universidades-. Declaración pública del CXI encuentro nacional de rectores. 24 y 25 de junio de 2004.

BABOVIC & LARSEN EDS. Balkema, Rotterdam, 1998.

COLOMBIA. Cámara de Representantes. Documento antecedentes – Elementos para construcción de una propuesta de ley sobre el agua. 2004.

CONPES. Lineamientos de política para el sector de acueducto y alcantarillado. Bogotá, septiembre de 2003.

CONTRALORÍA GENERAL DE ANTIOQUIA. El libro del recurso hídrico. Segunda Edición, marzo de 1994.

DELGADO, A. Inteligencia Artificial y Minirobots. Ecoe Ediciones. Bogotá, 1998.

Grupo de Informática en Ingeniería Civil de TU Delft (http://www.cti.ct.tudelft.nl/Research/oz_prog.html, 2001).

ESCUELA DE INGENIERÍA DE ANTIOQUIA. Plan de formación de ingeniería Ambiental.

FUNDACIÓN UNIVERSITARIA DE BOYACÁ. Plan de formación de ingeniería Forestal.

GOBERNABILIDAD DEL AGUA EN COLOMBIA. En: Memorias del taller regional sobre recurso hídrico, pobreza y gobernabilidad. Quito, 10 y 11 de febrero de 2003.

HAYKIN, S. Neural Network –A comprehensive Foundation. Macmilian Publishing, London 1994.

KOSKO, B. Neural Networks and Fuzzy Systemas; A Dynamical System Approach to Machine Intelligence. Prentice Hall, New Jersey (USA), 1992.

MOLKENTHIN, F. WWW Based Hydroinformatics Systems. Brandenburg University of Technology at Cottbus. <http://www.bauinf.tu-cottbus.de/Structure/Staff/Frank/Books/habilitation/>, 2000).

NATIONAL GEOGRAPHIC en Español. Septiembre de 2002. Mapa Suplemento: El estado de salud del Planeta.

POSADA ARRUBLA, Adriana. Sed de recurso hídrico se escribe con C.:C de Calidad, Cantidad, Cobertura, Costo y Cultura. Revista Universidad de Medellín N° 74/2002.

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA, Plan de formación de ingeniería Civil.

PONTIFICIA UNIVERSIDAD Javeriana. Posgrado Maestría en Hidrosistemas. Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería Civil. 2003.

PRICE, R. Hydorinformatics, Society and the Market. Inugural address at IHE Delft, 1997.

ROSS, T. "Fuzzy Logic With Engineering Applications. Mc. Graw Hill, New York, 1997.

SINCAK, P. M. Bundzel, M. Sokac, D. Sztruhár & J. Marsalek. Urban Runoff Prediction by Neural Networks. Hydroinformatics'98 International Conference.

UNIVERSIDAD DEL NORTE. Plan de formación de ingeniería Civil.

UNIVERSIDAD NACIONAL. Plan de formación de ingeniería Forestal, Ingeniería Civil, Ingeniería Agrícola, Ingeniería Ambiental.

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES. Plan de formación de ingeniería Civil.

UNIVERSIDAD DEL VALLE. Plan de formación de ingeniería Sanitaria.

UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA. Plan de formación de ingeniería Sanitaria, Ingeniería Civil, Ingeniería Ambiental.



UNIVERSIDAD DE MEDELLÍN. Plan de formación de ingeniería Ambiental.

UNIVERSIDAD DEL TOLIMA. Plan de formación de ingeniería.

UNIVERSIDAD DE LA SALLE. Plan de formación de ingeniería Ambiental y sanitaria.

UNESCO. INTERNATIONAL HYDROLOGICAL PROGRAMME. Hydrology and Water Resources Development in a Vulnerable Environment. Detailed Plan of the fifth phase (1996-2001) of the IHP. Paris, 1996.

UNESCO. INTERNATIONAL HYDROLOGICAL PROGRAMME. Ecohydrology: A List of Scientific Activities of IHP-V Projects 2.3/2.4. Edited by: ZALEWSKI Maciej –McCLAIN Michael. Paris, 1998.

UNESCO. INTERNATIONAL HYDROLOGICAL PROGRAMME. Ecohydrology: A New Paradigm for the Sustainable Use of Aquatic Resources. Edited by: ZALEWSKI M., JANAUER G.A., JOLANKAI G. Paris, 1997.

ZADEH, L. "Outline of a new approach to the analysis of complex systems and decision processes". IEEE Trans. Syst. Man. Cybern., Vol. SMC-3, pp28-44. 1973.

CONSULTAS EN WEB:

<http://cibernauta.unizar.es/LECCION/medio-agua00/200.HTM>

<http://cibernauta.unizar.es/LECCION/medio-agua00/200.HTM>

<http://www-rebellion.org/ecologia/agua240501.htm>

http://www.col.ops-oms.org/DIAA/2002/MINAMB_lineamientos.htm

<http://fudena.org.ve/tema17.htm>

http://www.col.ops-oms.org/DIAA/2002/MINAMB_lineamientos.htm

http://www.dnp.gov.co/02_SEC/AGUA/AGUA.htm - 9

RECIBIDO: 15/12/2004

ACEPTADO: 20/03/2005