



**Memorias
Jornadas Técnicas de Discusión
realizadas por el Convenio
Interinstitucional Cátedra del Agua**

Medellín - Colombia

Coordina:



**Número 01
Año 2007**

REVISTA CÁTEDRA DEL AGUA
Número 01 - Año 2007

Memorias de las Jornadas Técnicas de Discusión realizadas por el Convenio Interinstitucional Cátedra del Agua, coordinado por el Centro de Ciencia y Tecnología de Antioquia - CTA.

Elaborado por
Claudia Patricia Campuzano
Coordinadora Técnica
Convenio Interinstitucional Cátedra del Agua

Colaboradores
Juliana Ossa
Alejandro Toro
Isabel Cristina Gómez

Coordinación general
Santiago Echavarría Escobar
Director
Centro de Ciencia y Tecnología de Antioquia - CTA.

Coordinación editorial
Área de Comunicaciones
Centro de Ciencia y Tecnología de Antioquia - CTA

Primera edición
ISSN 1909 - 9363
Medellín, febrero de 2007.
Impreso en Colombia

Todos los derechos reservados. Queda prohibida la reproducción total de esta publicación, sin la autorización expresa del Centro de Ciencia y Tecnología de Antioquia - CTA. Para la reproducción parcial debe citarse la fuente.

CONTENIDO

PRESENTACIÓN	7
CUENCAS HIDROGRÁFICAS: PLANEACIÓN Y ORDENAMIENTO	10
RESUMEN	10
INTRODUCCIÓN	10
LA PLANIFICACIÓN DE CUENCAS A PARTIR DEL DECRETO 1729	11
PLANIFICACIÓN DE CUENCAS URBANAS	13
CONCLUSIONES	14
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	14
TASAS POR USO DEL AGUA: DECRETO 155 DE 2004	15
RESUMEN	15
ANTECEDENTES	15
CÁLCULO DE LA TARIFA DE LA TASA POR UTILIZACIÓN DE AGUA (TUA)	16
TARIFA MÍNIMA PARA EL COBRO DE TASAS POR UTILIZACIÓN DE AGUAS (TM)	16
FACTOR REGIONAL (FR)	16
COEFICIENTE DE CONDICIONES SOCIOECONÓMICAS	16
COEFICIENTE DE INVERSIÓN	16
COEFICIENTE DE ESCASEZ	17
FACTOR DE COSTO DE OPORTUNIDAD (FOP)	17
CÁLCULO DEL MONTO A PAGAR	17
EXPERIENCIA DE CASO	17
ÍNDICE DE ESCASEZ	18
DEMANDA HÍDRICA TOTAL	18
ESTADO DEL RECAUDO	19
DEBILIDADES DEL DECRETO	20
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	20
LINEAMIENTOS DE LA POLÍTICA DEPARTAMENTAL DEL AGUA PARA ANTIOQUIA	21
RESUMEN	21
INTRODUCCIÓN	22



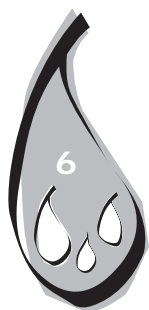
DESCRIPCIÓN GEOGRÁFICA	22
LINEAMIENTOS DE POLÍTICA	23
APLICACIONES	24
EJES TRANSVERSALES	28
PERSPECTIVAS	30
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	30
ACERCA DE LA OFERTA Y DEMANDA DEL RECURSO HÍDRICO SUBTERRÁNEO EN ANTIOQUIA	31
RESUMEN	31
CONCLUSIONES	35
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	35
PLAN DE ORDENAMIENTO Y MANEJO DE LA CUENCA DEL RÍO ABURRÁ. CONSIDERACIONES Y AVANCES	37
RESUMEN	37
ANTECEDENTES PARA LA CUENCA DEL RÍO ABURRÁ	38
PROBLEMÁTICA AMBIENTAL DE LA CUENCA	40
NECESIDAD DE UN PLAN DE ORDENAMIENTO DE LA CUENCA	41
AVANCES	42
OBJETIVOS DEL POMCA	42
FASES DEL POMCA	43
OBSERVATORIO DEL AGUA: FORTALECIMIENTO AMBIENTAL, ADMINISTRATIVO Y OPERATIVO DE LAS ORGANIZACIONES DEL AGUA COMUNITARIAS DE LOS MUNICIPIOS DE LOS VALLES DE SAN NICOLÁS, ORIENTE ANTIOQUEÑO	45
RESUMEN	45
METODOLOGÍA	46
PRINCIPIOS	47
OBSERVATORIO SUBREGIONAL	49
CEAM	49
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	50
LA GESTIÓN AMBIENTAL	51
RESUMEN	51
LAS HERRAMIENTAS	52



EL MODELO DE LA GESTIÓN AMBIENTAL REGIONAL Y LOCAL	53
EL MODELO Y SUS CARACTERÍSTICAS	54
¿DÓNDE SE UBICA LA GESTIÓN AMBIENTAL?	56
LOS RESULTADOS	57
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	57
RÍO MAGDALENA: FACTORES NATURALES Y DE ORIGEN HUMANO EN EL CONTROL DE LA EROSIÓN	58
RESUMEN	58
MARCO GENERAL	58
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	60
ISO/TC 224: "ACTIVIDADES DE SERVICIO RELACIONADAS AL ABASTECIMIENTO DE AGUA Y DESAGÜES CLOACALES – CRITERIO DE CALIDAD DEL SERVICIO E INDICADORES DE DESEMPEÑO"	61
RESUMEN	61
MEJORANDO LA GOBERNABILIDAD EN LOS SERVICIOS DE AGUA: UN RETO MUNDIAL	61
ESQUEMA DE TRABAJO	62
LA NORMA 24500 EN SU ESTRUCTURA	63
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	63
ESTUDIO EXPERIMENTAL: TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS.	64
RESUMEN	64
RESPECTO AL SISTEMA ALTERNATIVO DE TRATAMIENTO (HUMEDALES ARTIFICIALES O CONSTRUIDOS)	65
DESARROLLO DEL PROYECTO	67
RESULTADOS	68
CONCLUSIONES	70
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	71
PROCESO DE ELECTROCUAGULACIÓN PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS, UTILIZANDO ENERGÍA SOLAR COMO FUENTE DE SUMINISTRO	72
RESUMEN	72
INTRODUCCIÓN	72
TECNOLOGÍA	73
DISEÑO EXPERIMENTAL	73
METODOLOGÍA DE EXPERIMENTACIÓN	74



RESULTADOS Y DISCUSIONES	75
CONCLUSIONES	76
AGRADECIMIENTOS	77
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	77
LA CUENTA FÍSICA DEL AGUA COMO HERRAMIENTA BÁSICA PARA LA PLANIFICACIÓN Y ORDENACIÓN DE CUENCAS - QUEBRADAS LA PEÑA Y LA MUÑOZ DE LOS MUNICIPIOS DE SANTA FÉ DE ANTIOQUIA Y SAN JERÓNIMO	78
RESUMEN	78
UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL PROYECTO	78
IDENTIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA O NECESIDAD	79
OBJETIVOS	80
METODOLOGÍA	80
MARCO TEÓRICO	81
EVOLUCIÓN DE LOS MODELOS DE CUENTAS AMBIENTALES	82
CUENTA FÍSICA DEL AGUA EN COLOMBIA	84
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	85



PRESENTACIÓN

Desde 1996 el Convenio Interinstitucional Cátedra del Agua, es un mecanismo de articulación promovido y coordinado por la línea de Plataformas Competitivas del Centro de Ciencia y Tecnología de Antioquia - CTA, con el objetivo de convocar a los profesionales y a las instituciones más capacitadas de Antioquia para interactuar en la construcción de pensamiento estratégico sobre política, investigación y desarrollo tecnológico del recurso hídrico en el departamento, creando condiciones propicias para que los grupos que trabajan en el área del agua y del medio ambiente, interactúen de manera creativa, cooperativa, colectiva y aporten sus conocimientos en pro de la región.

La Cátedra del Agua está conformada por un dinámico grupo de instituciones signatarias, generadoras y usuarias de conocimiento sobre el agua: la Universidad Nacional de Colombia, la Universidad de Antioquia, la Universidad Pontificia Bolivariana, la Universidad de Medellín, la Escuela de Ingeniería de Antioquia, la Universidad Católica de Oriente, la Corporación Universitaria Lasallista, Soluciones Ambientales (SOAM), la Corporación Ambiental URAI, el Centro de Estudios, Educación e Investigación Ambiental (CEAM), el Área Metropolitana del Valle de Aburrá, la Corporación Autónoma Regional del Río Negro-Nare (Cornare), el Departamento Administrativo del Medio Ambiente de Antioquia (DAMA), Isagen S.A. E.S.P., la Secretaría del Medio Ambiente y la Secretaría de Desarrollo Social de Medellín. La participación de estas instituciones se ha formalizado con la firma del convenio interinstitucional que le da vida a la Cátedra del Agua.

En su afán de transferir y socializar el conocimiento en torno al recurso hídrico y generar el intercambio de ideas sobre semillas puntuales de discusión, la Cátedra estableció las Jornadas Técnicas de Discusión, un espacio académico anual que se desarrolla por medio de conferencias y charlas sobre experiencias, para divulgar y transferir conocimientos generados sobre el agua. Además, las Jornadas dan cabida al análisis y reflexión de temas de interés, la retroalimentación de ideas y la generación de proyectos o programas en pro del recurso hídrico en el departamento de Antioquia.

Durante el año 2004 la Coordinación general de la Cátedra del Agua hizo posible que se dieran ocho espacios académicos de carácter abierto y gratuito; en el año 2005, un Primer Ciclo de Jornadas Técnicas de Discusión con el nombre "Gestión Sostenible del Agua", logró reunir a personas interesadas en el tema del recurso hídrico y del medio ambiente para ensanchar las bases de una opinión pública bien informada y de una conducta de los individuos, de las empresas y de las colectividades, inspirada en el sentido de su responsabilidad en cuanto a la protección y mejoramiento del medio en toda su dimensión humana. Finalmente, en noviembre del 2005 se realizó el V Encuentro Regional del Agua, titulado "Múltiples escenarios Múltiples perspectivas", certamen masivo que se viene realizando cada dos años, con el fin de expandir el intercambio de conocimiento a nivel nacional e internacional. De esta forma, la Cátedra logra mantener una comunidad de conocimiento, para que a través de la transferencia ambiental y la socialización, se generen nuevos aprendizajes.



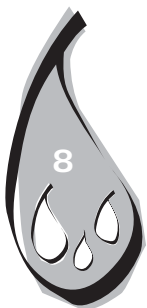
Las memorias de lo que los conferencistas invitados relataron al público en las Jornadas Técnicas de Discusión y el Encuentro Regional del Agua en 2005, se presentan en esta publicación que ha sido creada esencialmente para apoyar el compromiso de la Cátedra de difundir el conocimiento como uno de los pasos para transferirlo y socializarlo cada vez en más espacios.

En este sentido, la Cátedra de Agua seguirá publicando cada año esta Revista, con información de las últimas experiencias de interés general, sobre el manejo y conservación del recurso hídrico, de utilidad para Antioquia, con el firme propósito de hacerla llegar, por lo menos, a las bibliotecas a las que acuden instituciones, investigadores y estudiantes en busca de información de primera mano sobre el tema.

Sea este, de paso, el espacio para que quede guardado en el tiempo y liberado en el mundo, no sólo el conocimiento, sino el agradecimiento a todas las personas que compartieron generosamente parte de su intelecto en esta publicación.

Esperamos que esta revista cumpla el fin para el que se ha elaborado con tanto cuidado, en sus manos.

SANTIAGO ECHAVARRÍA ESCOBAR
Director
Centro de Ciencia y Tecnología de Antioquia - CTA





CUENCAS HIDROGRÁFICAS: PLANEACIÓN Y ORDENAMIENTO

Autor: Doctor Ricardo Smith Quintero.
Director Área Metropolitana del Valle de Aburrá.
Correo electrónico: ricardo.smith@metropol.gov.co
Fecha: 9 de junio de 2005
Lugar: Auditorio Himerio Pérez, Empresas Públicas de Medellín

RESUMEN

Esta ponencia y artículo hace un análisis sobre los puntos relevantes y novedosos del Decreto 1729 para la formulación de los Planes Integrales de Ordenamiento y Manejo (PIOM) de Cuencas Hidrográficas. Se muestran las consideraciones no tenidas en cuenta en este Decreto, y se examinan las consideraciones especiales de su aplicación en cuencas urbanas o altamente intervenidas. Finalmente, se presentan algunas conclusiones sobre la aplicación de esta metodología para el caso de cuencas urbanas.

INTRODUCCIÓN

Con la expedición del Decreto 1729 de 2002 se genera una gran actividad en el campo de la planificación y ordenamiento de cuencas. Este Decreto no solo establece los procedimientos generales para el ordenamiento de todas las cuencas del país, sino que además establece plazos e indica posibles fuentes de financiación para la elaboración de los planes de ordenamiento y manejo de cuencas. De acuerdo con lo establecido en este Decreto, en enero de 2004, el IDEAM publicó las «Guías Técnico - Científicas para la Ordenación y Manejo de Cuencas», en donde se establecieron, de manera bastante general, las metodologías para realizar los planes de manejo y ordenamiento de cuencas de acuerdo con el Decreto 1729. Antes de esto, en el año 2002, el desaparecido Instituto Mi Río en conjunto con la Universidad Nacional de Colombia, desarrolló una metodología de Planificación Integral para el Ordenamiento y Manejo de Cuencas Hidrográficas y la aplicaron en la parte baja de la microcuenca de la quebrada La Iguañá. Esta metodología fue propuesta para cuencas urbanas, sobre lo cual las guías del IDEAM hablan muy poco.

En paralelo, en la región se viene desarrollando una gran actividad sobre el manejo de cuencas. Después de muchos años, se reali-

zó en junio de 2003, con el auspicio de la FAO, el Tercer Congreso Latinoamericano de Manejo de Cuencas Hidrográficas, en Arequipa, Perú. Luego se creó la Red Virtual Latinoamericana sobre cuencas hidrográficas (Redlach) que ha venido adelantando interesantes debates sobre temas relacionados con la planificación y el manejo de cuencas hidrográficas, como el Foro Regional sobre Sistemas de Pago por Servicios Ambientales. Igualmente la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), ha venido produciendo una serie de documentos relacionados con la planificación y gestión de cuencas, en donde se destaca «Gestión de Cuencas y Ríos Vinculados con Centros Urbanos» (1999), muy orientado al manejo de las cuencas abastecedoras de agua de los centros urbanos. Además, en Centroamérica se realizan cada año, los Foros Centroamericanos sobre Manejo de Cuencas; en el año 2004 se realizó en La Habana, Cuba, y en 2005, en San José, Costa Rica.

Como se puede apreciar, la actividad en manejo de cuencas en Colombia y Antioquia, ha sido bastante importante generando propuestas metodológicas y amplias discusiones sobre las mismas. Sin embargo, estas propuestas y discusiones se concentran en las cuencas con bajos índices de intervención, muy característicos de las cuencas



rurales. Muy poco esfuerzo se ha hecho sobre metodologías y aplicaciones en cuencas urbanas. En este sentido, se destaca el trabajo del Instituto Mi Río con la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín. Es necesario entonces, impulsar el debate y la discusión sobre la planificación y manejo de las cuencas urbanas, mucho más complejas en muchos sentidos, que las cuencas rurales o poco intervenidas. Este artículo se centra en una breve discusión sobre algunos aspectos que se deben tener en cuenta en la planificación y manejo de las cuencas urbanas, normalmente no considerados en las cuencas rurales.

LA PLANIFICACIÓN DE CUENCAS A PARTIR DEL DECRETO 1729

Las actividades y alcances propuestos en la «Guía Técnico – Científica para la Ordenación de Cuencas», elaborada por el IDEAM con base en el Decreto 1729 de 2002, son similares a los definidos en el «Diseño de la Metodología para la Formulación de Planes Integrales de Ordenamiento y Manejo de Microcuencas (PIOM)», publicación elaborada por la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín, para el antiguo Instituto Mi Río. En estos trabajos se establece que todo plan de ordenación y manejo de una cuenca hidrográfica deberá comprender las siguientes fases:

1. Aprestamiento
2. Diagnóstico
3. Prospectiva
4. Formulación
5. Ejecución
6. Seguimiento y Evaluación

Este proceso de planificación está precedido por el ejercicio de clasificación y priorización de cuencas en el área de jurisdicción de las respectivas corporaciones autónomas regionales o las autoridades ambientales, con base en criterios y parámetros establecidos por el IDEAM en su Resolución No. 104.

Esta propuesta de trabajo intenta hacer que los planes de ordenamiento y manejo de cuencas, cubran todas las fases anteriores, e

introduce aspectos bastante novedosos e importantes en el manejo de cuencas, sobre los cuales se pueden resaltar:

- Se introduce la fase 1, de Aprestamiento, que representa un primer acercamiento con la cuenca y sus actores para tratar de identificar su estado y sus problemas. Se trata de identificar las expectativas de la comunidad.
- Un aspecto muy interesante de esta metodología es la introducción de la fase 3, de Prospectiva con la cual se intenta analizar las posibles evoluciones futuras de la cuenca de tal manera de que sean incluidas en los respectivos planes, buscando así que estos planes no sean desbordados por las dinámicas propias de las cuencas y no se vuelvan obsoletos en el corto plazo.
- En la fase 5, de Ejecución, se deben definir aspectos tan concretos como cronogramas, metas, entidades involucradas, responsables y financiamiento, buscando de esta manera que los planes no se vayan a quedar en el papel.
- Con la fase 6, de Seguimiento y Evaluación, se trata de generar mecanismos que permitan definir oportunamente, entre otras cosas, si las acciones establecidas en los planes de cuencas se están implementando, si la cuenca ha sufrido cambios importantes no considerados en el plan, o si la cuenca está tomando un rumbo no considerado en la fase de prospectiva, de tal manera que se puedan hacer los respectivos ajustes al plan.
- Es importante resaltar que la fase 2, de Diagnóstico, representa uno de los mayores esfuerzos en el proceso de definir los planes de ordenamiento y manejo de cuencas. Esta fase incluye, además de la caracterización de la cuenca y la definición de la línea base, la definición de aspectos como: retiros, análisis de amenazas y vulnerabilidades asociadas a esas amenazas, mapas de riesgo y la zonificación de la cuenca. En la caracterización de las cuencas, en el caso de las urbanas, se deben incluir aspectos sociales, culturales, económicos y físico-



espaciales. De acuerdo con la problemática encontrada en la cuenca, esta fase puede representar entre el 50% y el 80% del trabajo total que se debe hacer para definir el plan de ordenamiento y manejo. En el caso de cuencas urbanas, este porcentaje puede exceder el 80% anterior.

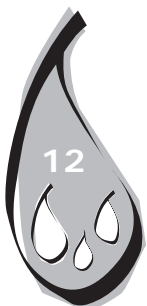
- En las anteriores propuestas metodológicas hay una aceptación explícita de que el ejercicio de planificación es un proceso continuo y dinámico. Los planes de ordenamiento y manejo de cuencas deben ser revisados continuamente y ajustados a las nuevas realidades. Es en este sentido, que se introducen las fases de Aprestamiento, Prospectiva y Seguimiento y Control.
- La planificación de cuencas es un proceso complejo, multidisciplinario y de trabajo en equipo, en donde debe participar personal especializado con conocimientos en cada tema. La concepción de la cuenca como un sistema, ayuda de manera importante a conceptualizar toda la problemática que va a ser analizada en la fase de Planificación.
- Uno de los grandes problemas asociado con la planificación de cuencas, es el de las limitaciones en la información. En general, mucha de la información sobre las características físicas, bióticas, sociales, económicas y físico – espaciales, no se encuentra disponible, y la que está disponible, es de regular calidad. Mucho esfuerzo se debe hacer en la búsqueda y recolección de información. En algunos casos se deben usar metodologías de estimación que no son las más convenientes, debido a que son las únicas que se pueden usar en condiciones de escasez o falta de información. Los valores estimados en estas circunstancias estarán revestidos de grandes incertidumbres, y las decisiones que con ellos se tomen, con seguridad serán más costosas que si se tuviera información adecuada.

Finalmente es importante resaltar la importancia a la participación ciudadana en las metodologías propuestas, demostrada con que en la fase 1, de Aprestamiento, no sólo

es el punto de partida de los planes de ordenamiento y manejo de cuencas, sino que atraviesa transversalmente todas las fases de la planificación de cuencas, buscando que la comunidad sea escuchada en su percepción sobre el estado y los problemas de la cuenca, y de esta manera se apropie de los resultados del proceso de planificación.

Hay varios aspectos bastante importantes que las guías del IDEAM para planificación de cuencas, no tuvieron en cuenta:

- En muchos casos los problemas trascienden las fronteras físicas de la cuenca.
- Las acciones en otras cuencas pueden tener impactos importantes sobre la cuenca en análisis.
- Se presentan en algunos casos, altas dinámicas, especialmente generadas por condiciones sociales, que pueden hacer que el plan sea obsoleto antes de que se termine.
- Las cuencas en zonas urbanas con altos niveles de intervención y problemas ambientales y sociales muy complejos.
- Existe una reglamentación reciente en Colombia directamente relacionada con el uso de las aguas en las cuencas (tasas por uso y tasas retributivas) sobre la cual hay mucha discusión sobre como debe ser implementada y como se deben usar sus recaudos.
- El manejo de las aguas subterráneas, su interacción con las aguas superficiales, su capacidad de abastecimiento, el manejo de las zonas de recarga y otros aspectos.
- No se consideran los costos de la elaboración de los planes de manejo y ordenamiento de cuencas. Estos planes exigen mucho laboriosidad y debido a todas las personas que involucran, los niveles de detalle exigidos, los temas, las metodologías a aplicar, la información requerida (disponible y a levantar) y otros aspectos, son trabajos bastante costosos que requieren de las apropiaciones presupuestarias requeridas.



- Toda la información levantada en la elaboración de los planes de ordenamiento y manejo de cuencas debe alimentar un Sistema de Información Ambiental (SIA) regional que pueda ser accedido por las diferentes instituciones y autoridades ambientales, evitando de esta manera la repetición de esfuerzos y costos en la recopilación y análisis de información. Para poder desarrollar este SIA, las diferentes instituciones y autoridades ambientales deben hacer esfuerzos por homogeneizar sus sistemas de información y las características y calidades de la información y de las metodologías a ser utilizadas.
- No se consideraron cuencas ubicadas en el litoral colombiano con grandes complejidades en el manejo de su interacción con el mar en diferentes sentidos.
- Tampoco se consideraron cuencas en zonas de manejo especial como son las cuencas que incluyen ciénagas, pantanos o humedales. Estos cuerpos de agua de primera importancia para el sustento de muchos ecosistemas en peligro de acabarse, y están perdiendo terreno ante la intensa actividad antrópica que considera la penetración de estos cuerpos de agua como recuperación de terrenos baldíos.
- Igualmente tampoco considera las cuencas ubicadas en parques naturales o en zonas de reserva y los manejos especiales que se deben considerar e implementar.

PLANIFICACIÓN DE CUENCAS URBANAS

Algunos de las características típicas más importantes de las cuencas urbanas son:

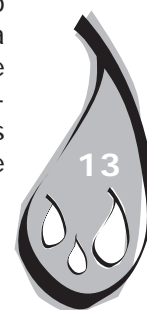
- Hacinamiento
- Desempleo
- Altos índices de violencia
- Ocupación de zonas de retiro y de alto riesgo
- Espacio público inadecuado
- Deficiente cobertura vial
- Servicios de transporte público limitado
- Bajos índices de escolaridad
- Vertimientos directos a las quebradas
- Manejo inadecuado de los residuos sólidos
- Cobertura de servicios públicos básicos incompleta

En las cuencas urbanas sus problemas más críticos son los sociales, los cuales generalmente desbordan con creces los problemas físicos y todos los demás asociados con las cuencas. En nuestras cuencas urbanas hay una predominancia de asentamientos en estratos medios a bajos, con altos índices de desempleo y violencia. Debido a esta situación, hay grandes dificultades para hacer concertaciones, visitar sitios importantes y realizar verificaciones, especialmente en los barrios más expuestos a altos índices de violencia.

Algunas de las cuencas de nuestras ciudades son receptoras de gran cantidad de población desplazada, generando procesos de invasión de muchas de sus laderas en zonas de alto riesgo y de los retiros de las quebradas. En estas cuencas se presenta alta conflictividad social, asociada a los factores de pobreza y a la ausencia del Estado. Como se expuso anteriormente, los problemas sociales desbordan de manera importante todos los otros problemas.

En el ejercicio de planificación de cuencas urbanas se debe entonces hacer énfasis en el análisis y manejo de las condiciones sociales. La participación ciudadana en estos casos, es determinante, no sólo para la formulación de la fase de Aprestamiento y definición de muchos aspectos de las otras fases, sino que en ocasiones también se requiere para poder entrar en la cuenca y hacer los levantamientos de información que permitirán el diagnóstico y la formulación del plan.

La complejidad del ejercicio de planificación en cuencas urbanas es realmente dispendioso y requiere en muchos casos, de ingenio para su adecuado desarrollo. Por ejemplo, la definición de retiros en las cuencas, requiere de información hidrológica que no está disponible para definir los hidrogramas de las crecientes, asociados a ciertos periodos de



retorno, que luego se transitarán en las cuencas y subcuencas para definir las manchas de inundación que determinan los retiros.

Existen al respecto, varios problemas sobre la información: primero, no hay información de caudales que permita definir los hidrogramas de crecientes de manera adecuada y hay que usar métodos aproximados con altos niveles de incertidumbre; y segundo, las características de los canales de las quebradas en zonas urbanas son altamente variables, pasando de manera continua de canales naturales a canales artificiales, a conducciones cerradas, a encajonamientos y a otras formas, en unos pocos metros, haciendo prácticamente imposible la aplicación de metodologías hidráulicas tradicionales. Como se evidencia, no es solo falta de información a lo que nos enfrentamos en la planificación de cuencas urbanas, sino a condiciones muy complejas que requieren del desarrollo y adaptación de metodologías apropiadas a estos medios.

CONCLUSIONES

- Es necesario e importante que se produzca un acoplamiento interinstitucional en el área ambiental que permita compartir información y herramientas (SIG, modelos, indicadores y otros), para disminuir los costos y tiempos en la elaboración de los planes de manejo y ordenamiento de cuencas de manera importante.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CEPAL, Comisión Económica para América Latina y el Caribe, 1999. Gestión de cuencas y ríos vinculados con centros urbanos, Chile.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). *Guía Técnico Científica para la Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas* en Colombia, Bogotá. 2004.

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, República de Colombia. Decreto 1729 de 2002.

Universidad Nacional de Colombia e Instituto Mi Río en Liquidación, 2002. Metodología para la Formulación de Planes Integrales de Ordenamiento y Manejo de Microcuencas (PIOM) y su aplicación en la parte baja de la Microcuenca de la Quebrada La Igua. Medellín.

- Se debe definir un plan de responsabilidades para la ejecución de los planes de ordenamiento y manejo de cuencas que debe ser realmente asumido por las instituciones involucradas en todos sus aspectos.
- Se deben instrumentar las cuencas y obtener información primaria de manera continua en muchos y muy variados aspectos. Los recursos que se ahorraran en los procesos de toma de decisiones y en los diseños y construcción de las obras involucradas en los planes de ordenamiento y manejo de cuencas con información adecuada, pagará con creces este plan de instrumentación y monitoreo de las diferentes variables requeridas.
- En ningún nivel de los estudios se puede decir que se ha formulado el Plan de Manejo Integral de la Cuenca, dado que siempre se tiene una aproximación, faltan aspectos por hacer y definir. Este es un proceso continuo y de retroalimentación de la metodología y la aplicación.
- La elaboración de un PIOM en los niveles de detalle que se requieren, tal como está establecido en las guías del IDEAM y en la metodología de la Universidad Nacional, es bastante costosa. Se necesita la apropiación adecuada de los recursos para garantizar que todos los PIOM de una región puedan ser elaborados.



TASAS POR USO DEL AGUA: DECRETO 155 DE 2004

Autora: Ingeniera Luz Stella Vélez. Sistemas de Información.
Corporación Autónoma Regional de las cuencas de los ríos
Negro y Nare (Cornare).
Correo electrónico: svelez@cornare.gov.co
Fecha: Jueves 9 de junio de 2005
Lugar: Auditorio Himerio Pérez López, Empresas Públicas de Medellín

RESUMEN

Con el objetivo de generar recursos que se destinarán al pago de los gastos de protección y renovación de los recursos hídricos, el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial reglamentó Las Tasas Por Utilización de las Aguas, mediante el Decreto 155 del 22 de Enero de 2004, para los fines establecidos en el artículo 159 del Código Nacional de los recursos naturales renovables y de protección al medio ambiente, Decreto 2811 de 1974.

Cornare implementó dicho decreto mediante el Acuerdo Corporativo No 158 del 18 de Diciembre de 2004 para todas las cuencas de la jurisdicción.

ANTECEDENTES

Con el objetivo de generar recursos que se destinarán al pago de los gastos de protección y renovación de los recursos hídricos, el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, reglamentó el artículo 43 de la Ley 99 de 1993, mediante el Decreto 155 del 22 de Enero de 2004, para los fines establecidos en el artículo 159 del Código Nacional de los Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente, Decreto 2811 de 1974.

El Decreto 155 de 2004, establece un valor a pagar por utilización de las aguas mediante una tasa compuesta por una tarifa mínima y un factor regional.

La Tarifa mínima es fijada anualmente por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial y el factor regional, que integra los elementos de disponibilidad, necesidades de inversión en recuperación de la cuenca hidrográfica y condiciones socioeconómicas de la población, lo calcula anualmente la autoridad ambiental competente.

Uno de los elementos fiscales que hace parte constitutiva de los ingresos de Cornare, los conforma el cobro de las tasas por la utilización del agua, dispuesto por el artículo 159 del Decreto Ley 2811 de 1974: «(...) La utilización de las aguas con fines lucrativos por personas naturales o jurídicas, públicas o privadas, dará lugar al cobro de tasas fijadas por el Gobierno Nacional que se destinarán al pago de los gastos de protección y renovación de los recursos acuíferos (...)».

Basados en esta norma, la Corporación venía facturando el respectivo cobro a los usuarios incluidos en ella, hasta la promulgación de la sentencia de la Corte Constitucional C-1063/03 del 11 de noviembre de 2003, mediante la cual se declaran inexequibles los artículos 159 y 160 del Decreto Ley 2811 de 1974.

Posterior a ello, el Gobierno Nacional sanciona el Decreto 155 de enero 22 de 2004, mediante el cual se reglamenta el artículo 43 de la Ley 99 de 1993 sobre las tasas por utilización de aguas.



Este Decreto se fundamenta en un algoritmo donde intervienen una serie de coeficientes que representan distintos aspectos para la valoración de la tasa, aspectos económicos, sociales, de disponibilidad del recurso y de demanda, los cuales ameritan implementar una serie de procedimientos y acciones técnicas y administrativas para su aplicación.

CÁLCULO DE LA TARIFA DE LA TASA POR UTILIZACIÓN DE AGUA (TUA)

Esta Tasa está constituida por el producto de dos componentes: Tarifa Mínima (TM) y Factor Regional (FR), expresada en pesos por metro cúbico (\$/m³). Se calcula así:

$$TUA = TM * FR$$

TARIFA MÍNIMA PARA EL COBRO DE TASAS POR UTILIZACIÓN DE AGUAS (TM)

El Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial estableció la tarifa mínima mediante la Resolución 240 del 8 de Marzo de 2004, en función de las inversiones en que incurrieron las autoridades ambientales competentes en los últimos tres años para efectos de prevenir o controlar la depreciación del recurso, asumiéndose el valor para el año 2004 de cincuenta centavos por metro cúbico (\$0.50/m³).

FACTOR REGIONAL (FR)

El factor regional se construye para cada cuenca hidrológica, unidad hidrológica o acuífero, según las características propias de cada una de ellas. Es adimensional, y se calcula así:

$$FR = 1 - [C_K + C_E] * C_S$$

El rango del Factor Regional será

1 >= FR <= 7 para Aguas Superficiales y
1 >= FR <= 12 para Aguas Subterráneas.

COEFICIENTE DE CONDICIONES SOCIOECONÓMICAS

Este coeficiente es función del Índice de Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI) determinado por el Departamento Nacional de Planeación (DANE). Se calcula tomando el NBI de cada municipio donde se ubica el usuario que utiliza el agua mediante acto administrativo, de acuerdo con las siguientes fórmulas:

- Para consumos de agua asociados al abastecimiento doméstico:

$$C_s = (100 - NBI) / 100$$

- Para los demás casos:

$$C_s = 1$$

El valor del Coeficiente de Condiciones Socioeconómicas está entre $0 < C_s \leq 1$.

COEFICIENTE DE INVERSIÓN

En función de los costos totales anuales del Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica, según el Decreto 1729 de 2002, no cubiertos por la tarifa mínima, de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$C_k = (C_{PMC} - C_{TM}) / C_{PMC}$$

El valor del Coeficiente de Inversión está entre $0 \geq C_k \leq 1$

Donde:

C_k : Coeficiente de inversión de la cuenca hidrográfica.

C_{PMC} : Costos totales anuales del plan de ordenación y manejo de la cuenca del año inmediatamente anterior.

C_{TM} : Facturación anual estimada de la tasa por utilización de aguas, aplicando la Tarifa Mínima a los usuarios de la cuenca.

En ausencia del plan de ordenación y manejo de la cuenca formulado según el Decreto 1729 de 2002, el valor del coeficiente de inversión será igual a cero (0).



COEFICIENTE DE ESCASEZ

Este coeficiente es función del Índice de Escasez del recurso hídrico. Se calcula así:

- Si la captación se realiza en aguas superficiales:

$$C_E = 0 \quad : \quad \text{Si } I_{ES} < 0.1$$

$$C_E = (5/6) / (1 - (5/3) * I_{ES}) \quad : \quad \text{Si } 0.1 \geq I_{ES} <= 0.5$$

$$C_E = 5 \quad : \quad \text{Si } I_{ES} > 0.5$$

Donde:

C_E : Coeficiente de Escasez para aguas superficiales

I_{ES} : Índice de escasez para aguas superficiales estimado para la cuenca, tramo o unidad hidrológica de análisis.

- Si la captación se realiza en aguas subterráneas:

$$C_E = 0 \quad : \quad \text{Si } I_{EG} < 0.1$$

$$C_E = (40) / (49 - 90 * I_{EG}) \quad : \quad \text{Si } 0.1 \geq I_{EG} <= 0.5$$

$$C_E = 10 \quad : \quad \text{Si } I_{EG} > 0.5$$

Donde:

C_E : Coeficiente de Escasez para aguas subterráneas

I_{EG} : Índice de escasez para aguas subterráneas estimado para el acuífero o unidad hidrológica de análisis.

El Coeficiente de Escasez varía entre $0 < C_e < 5$ para aguas superficiales y $0 < C_e < 10$ para aguas subterráneas.

FACTOR DE COSTO DE OPORTUNIDAD (FOP)

Tiene en cuenta si el usuario del agua se encuentra haciendo uso consuntivo o no consuntivo. Se calcula así:

- Para usuarios que retornen el recurso hídrico a la misma cuenca o unidad hidrológica de análisis:

$$F_{OP} = (V_c - V_v) / V_c$$

- Para los demás casos:

$$F_{OP} = 1$$

Donde:

F_{OP} : Factor de costo de oportunidad

V_c : Volumen de agua concesionada o captada durante el periodo de cobro.

V_v : Volumen de agua vertido a la misma cuenca o unidad hidrológica de análisis durante el periodo de cobro.

El valor de costo de oportunidad no podrá tomar un valor inferior a 0.1, ni mayor de 1, es decir:

$$0.1 = F_{OP} <= 1$$

CÁLCULO DEL MONTO A PAGAR

El valor a pagar por cada usuario es:

$$VP = TUA * (V * F_{OP})$$

Donde:

VP: Valor a pagar por el usuario sujeto pasivo de la tasa, en el año, expresado en pesos.

TUA: Tarifa de la tasa por utilización del agua, expresada en pesos por metro cúbico (\$/m³).

V: Volumen de agua base para el cobro, y será el caudal concedido mediante acto administrativo, expresado en metros cúbicos (m³).

Fop: Factor de costo de oportunidad.

EXPERIENCIA DE CASO

Para la construcción del Índice de Escasez, se adoptó la codificación de cuencas propuesta al interior de la Corporación y acogida por el Sistema de Gestión de la Calidad, donde la región Cornare se divide en nueve grandes cuencas, las cuales a su vez, están divididas en subcuencas, y solamente la cuenca del río Negro está desagregada.

Para el cálculo del Coeficiente socioeconómico, se acogen los Índices de Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI) municipales ela-



borados para el año 1993 por el Departamento Administrativo de Planeación Nacional (DANE).

Para la facturación del año 2004, se trabajó con los caudales otorgados mediante resolución a cada usuario, los cuales constituyen la demanda efectivamente legalizada ante la corporación.

ÍNDICE DE ESCASEZ

Para el cálculo de Índice de Escasez para aguas superficiales, se acoge la metodología adoptada por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial mediante Resolución 0865 del 22 de Julio de 2004 y desarrollada por el IDEAM:

$$I_{ES} = \frac{\text{Demanda Hídrica Total} \times 100}{\text{Oferta Hídrica Neta Disponible}}$$

Donde:

- Oferta Hídrica Neta Disponible: Es descontar de la oferta hídrica un porcentaje por calidad del agua y por caudal mínimo ecológico.
- Reducción por calidad del agua: 25% de la oferta hídrica.
- Reducción por caudal ecológico: El IDEAM ha adoptado como caudal mínimo ecológico un valor aproximado al 25% del caudal medio mensual multianual.
- Oferta Hídrica Neta Disponible = 50% OFERTA HIDRICA
- Oferta hídrica: Se estima la oferta hídrica de cada una de las cuencas seleccionadas como el caudal medio anual de los ríos principales de cada cuenca hidrográfica seleccionada, en los sitios de cierre de cada una de ellas. Se da en metros cúbicos de volumen disponible (m³).

Se utilizó la herramienta HIDROSIG para generar los caudales medios anuales de las cuencas y subcuencas de la región, cuyas áreas sean superiores a 20 km². Para las más pequeñas se utilizó el método de áreas aferentes.

Se anexa base de datos de cálculo de oferta de las cuencas de la jurisdicción de Cornare.

DEMANDA HÍDRICA TOTAL

Se calcula de la siguiente manera:

$$DT = DUD + DUI + DUP + DUA + DUH$$

Donde:

DT: Demanda Total de Agua
 DUD: Demanda de agua para uso doméstico
 DUI: Demanda de agua para uso industrial
 DUP: Demanda de agua para uso pecuario
 DUA: Demanda de agua para uso agrícola
 DUH: Demanda de agua para uso hidroeléctrico (generación inferior a 10.000 Kilovatios).

Se realiza la sumatoria de cada una de las demandas por sectores, expresada en litros por segundo (L/seg).

Dicho cálculo se hizo con base en la información consignada en la base de datos de las concesiones otorgadas por la corporación, formato F-GI-05, del Sistema de Gestión de la Calidad.

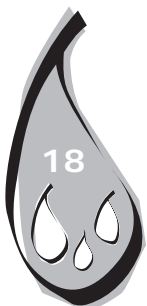
Se asumieron los siguientes Fop dependiendo del sector a facturar:

- Sector Doméstico: Fop = 0.15, soportado en el porcentaje de caudal de retorno a las fuentes de agua para el sector doméstico de un 85% del caudal tratado.
- Sector Piscícola e Hidroenergético: Fop = 0.10, asumiendo que hace un uso no consuntivo del recurso en cuanto a cantidad del recurso usado, ya que Volumen captado es igual a volumen vertido, y el decreto asume un mínimo Fop = 0.1

Nota:

El sector Hidroenergético al que se le cobrará la tasa por utilización de aguas, será a aquellos usuarios cuya potencia nominal instalada no supere los 10.000 kilovatios de generación de energía hidroeléctrica.

En el caso de que el usuario tome el agua de una cuenca y la trasvase, el factor de oportunidad independiente del uso que se le esté dando al agua asumirá un valor de Fop = 1



ESTADO DEL RECAUDO

En los municipios de la jurisdicción de Cornare se tienen 8.172 usuarios con un recaudo propuesto de \$1391.724.000 por concepto de la tasa por utilización del agua durante la vigencia 2004.

Los usuarios mayores de 1 L/seg de caudal concedido, son 616 (7.5 % del total de usuarios a cobrar) y un recaudo propuesto de \$1.385.490.816 (representa el 99% del recaudo total propuesto).

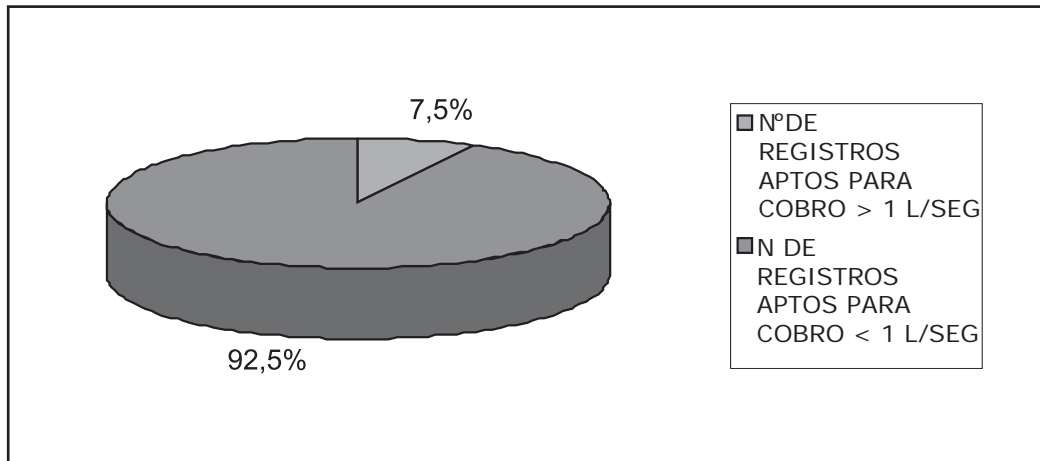


Figura 1. Número de registros a facturar en el año 2004.

Los usuarios menores de 1 L/seg son 7.556, que representan el 92.5% del total de usuarios a facturar y con un valor a pagar pro-

puesto de \$17.853.305, el 4.5 % del valor propuesto a recaudar.

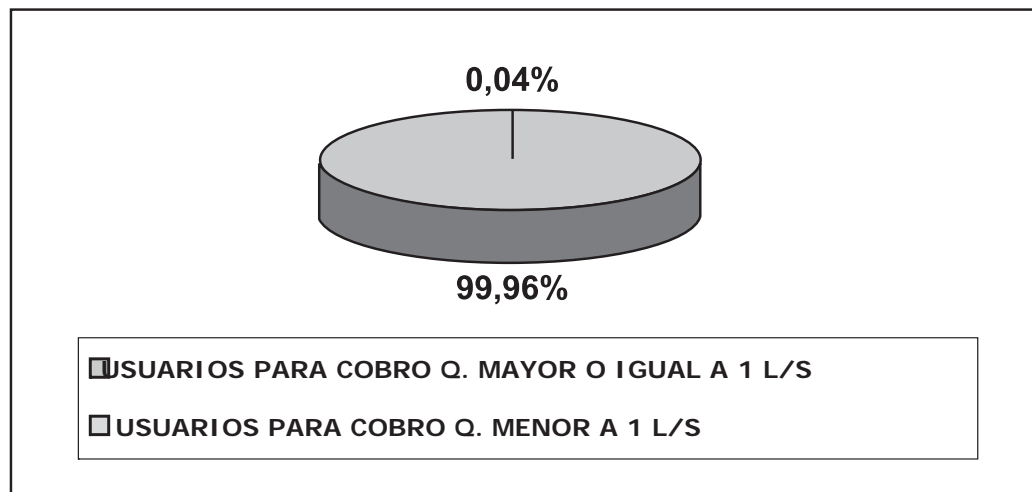


Figura 2. Caudal concedido para usuarios mayores o iguales a 1L/seg frente a caudal concedido para usuarios menores de 1L/seg.

El caudal otorgado a los usuarios mayores o iguales a 1L/seg es 1.641 m³/seg, que representa el 99,96%, siendo el 0,04 % res-

tante el caudal otorgado a los usuarios menores de 1 L/seg y es 0,603 m³/seg.

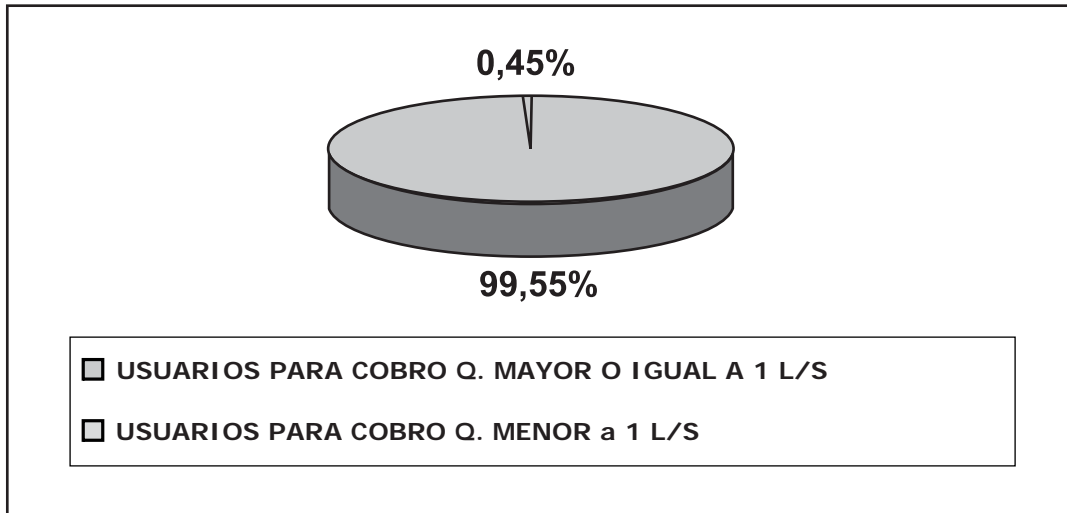


Figura 3. Valor a pagar de usuarios con caudal mayor o igual a 1L/seg frente a valor a pagar de usuarios con caudal menor de 1L/seg.

El valor representativo para el cobro de tasas por uso está en los 616 usuarios con

caudales mayores a 1 L/seg, que es el 99,55 %.

DEBILIDADES DEL DECRETO

- El cálculo del Coeficiente de Condiciones Socioeconómicas en función del NBI municipal no tiene en cuenta los usuarios rurales y urbanos, y además, dentro de una misma cuenca o unidad hidrológica no diferencia los tipos de usuarios asentados en ella.
- No considera la calidad del recurso hídrico, entre los coeficientes que forman el factor regional.
- El cálculo de la demanda no tiene en cuenta donde es considerable el número de usuarios del recurso hídrico no contabilizados, por uso ilegal de éste.
- La información de población existente en la región, en el mejor de los casos es a nivel veredal, por lo que implica hacer una aproximación a la población asentada en la cuenca o unidad hidrológica a trabajar. Sólo en algunas zonas se dispone de información predial, que nos permite una mejor aproximación a la población por cuenca.
- Se tiene poco conocimiento de las aguas subterráneas en la Jurisdicción, especialmente de los usuarios de este recurso.
- Asume como sujeto pasivo de la tasa por utilización de aguas, solamente a quienes tengan legalizado el recurso mediante concesión de aguas, lo que hace es que aquellos usuarios que no tienen legalizado el uso, se beneficien del no cobro de dicha tasa. Una motivación más para no legalizar el recurso.
- No contempla inversiones hechas en cuencas hidrológicas por fuera del alcance del Decreto 1729 de 2002.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Decreto 1729 de 2002. Por el cual se reglamenta la Parte XIII, Título 2, Capítulo III del Decreto - ley 2811 de 1974 sobre cuencas hidrográficas.

LINEAMIENTOS DE LA POLÍTICA DEPARTAMENTAL DEL AGUA PARA ANTIOQUIA

Autores:

Ingeniero ambiental Alejandro Toro Chalarca.
Integrante del equipo coordinador del Convenio Interinstitucional
Cátedra del Agua desde el Centro de Ciencia y Tecnología de Antioquia.

Correo electrónico: alejandrotoro@gmail.com

Bióloga María Fanny Castiblanco Monsalve.
Departamento Administrativo del Medio Ambiente de la Gobernación
de Antioquia (DAMA).

Correo electrónico: fcastiblanco@gobant.gov.co

Fecha:

Jueves 9 de junio de 2005

Lugar:

Auditorio Himerio Pérez López, Empresas Públicas de Medellín

RESUMEN

Partiendo de los resultados de los “Talleres Regionales del Agua” realizados por el Centro de Ciencia y Tecnología de Antioquia, y la necesidad de un eje orientador y articulador para las acciones encaminadas a la planificación, gestión, manejo y control del recurso hídrico en Antioquia, se evidenció la necesidad de contar con unos lineamientos efectivos que consideren las particularidades regionales, para lograr un manejo integral del recurso hídrico en el Departamento.

Se elaboraron entonces los “Lineamientos de la política departamental en Antioquia para el agua”, publicados en el año 2005, con la participación del Departamento Administrativo del Medio Ambiente de la Gobernación de Antioquia y el Centro de ciencia y Tecnología de Antioquia, en el marco del convenio interinstitucional Cátedra del Agua.

Dichos Lineamientos fueron producto de un proceso abierto y participativo, que tuvo como actividades principales:

- 1. La realización de ocho talleres subregionales, donde los actores que representan las organizaciones influyentes en el tema agua diagnosticaron la situación actual general del Departamento en torno al recurso hídrico.*
- 2. El análisis de los resultados por parte de las instituciones signatarias y no signatarias al convenio Cátedra del Agua.*

Las instituciones que hicieron parte de las sesiones de trabajo fueron: Cornare, el Área Metropolitana del Valle de Aburrá, Isagen S.A E.S.P, la Secretaría del Medio Ambiente de Medellín, la Corporación URAI, Soluciones Ambientales SOAM, la Universidad Nacional de Colombia, sede medellín, la Universidad de Antioquia, la Universidad de Medellín, la Universidad Pontificia Bolivariana, la Escuela de Ingeniería de Antioquia, Empresas Públicas de Medellín, la Dirección Seccional de Salud de Antioquia, Corantioquia, Acodal, Sena regional Antioquia, el Departamento de Planeación Departamental, la Asociación de Acueductos Veredales, Corpourabá, y la Veeduría Ambiental del Municipio de Envigado.



INTRODUCCIÓN

Desde la Cumbre de Estocolmo en 1972, el informe Brutland señaló aspectos relevantes y definitivos para el desarrollo sostenible, con un imperativo ético de conservación. Luego, en la Cumbre de Río, se reafirmaron unos principios únicos de manejo de los recursos naturales, bajo unos parámetros de gestión y acción conjunta global, desde las diferentes áreas del desarrollo: social, económica y política.

Retomando las disposiciones surgidas de estas cumbres mundiales, Colombia entró en la etapa de generación de entes para liderar el tema ambiental, con la creación de entidades como el Ministerio de Salud y el Inderena, los cuales delegaron sus funciones ambientales en el Ministerio del Medio Ambiente a través de la Ley 99 de 1993. Se convierten entonces en acciones de este Ministerio, la definición de Lineamientos de Políticas para los diversos aspectos que involucran el medio ambiente. Entre ellos se encuentran:

- Lineamientos de Política para el Manejo Integral del Agua, 1995.
- Bases para una Política Nacional de Población y Medio Ambiente, 1998.
- Estrategias para un Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas.
- Lineamientos para la Política Nacional de Ordenamiento Ambiental del Territorio, 1998.
- Política Nacional Ambiental para el Desarrollo Sostenible de los Espacios Oceánicos y las Zonas Costeras e Insulares de Colombia, 2000.
- Política Nacional para Humedales Interiores de Colombia, 1994.
- Política Nacional de Educación Ambiental, 2002.

En esta perspectiva, el Departamento Administrativo del Medio Ambiente de la Gobernación de Antioquia (DAMA), y el Centro de Ciencia y Tecnología de Antioquia (CTA) en el marco del Convenio Interinstitucional Cá-

tedra del Agua, firmaron un contrato para la construcción de los Lineamientos de la Política Departamental del Agua, para Antioquia. Estos ejes orientadores contribuirán a definir los objetivos de conservación, protección y mejoramiento de la cantidad y calidad del recurso hídrico en el departamento.

Para el proceso de definición de los lineamientos se incluyeron las siguientes cinco fuentes de información:

1. Análisis de los resultados de los Talleres Regionales del Agua desarrollados en el marco del Convenio Interinstitucional Cátedra del Agua entre marzo de 2001 y febrero de 2003.
2. Revisión bibliográfica sobre el estado del arte del recurso hídrico en el departamento de Antioquia.
3. Análisis conjunto de los diagnósticos realizados por las corporaciones autónomas regionales del departamento, que entregaron información.
4. Análisis de los resultados obtenidos en los ocho Talleres Subregionales del Agua realizados para las nueve subregiones de Antioquia, entre el 26 de marzo y el 23 de abril de 2004.
5. Análisis de resultados de cuatro sesiones de trabajo con diferentes actores, principalmente las instituciones signatarias del Convenio Interinstitucional Cátedra del Agua.

DESCRIPCIÓN GEOGRÁFICA

El Departamento de Antioquia tiene un territorio aproximado de 62.879 Km² con 125 municipios. Su capital es la ciudad de Medellín, ubicada en el Valle del Aburrá. El territorio limita al norte con el mar Caribe y los departamentos de Córdoba, Sucre y Bolívar; al sur, con los departamentos de Caldas y Risaralda; al este, con los departamentos de Santander y Boyacá; y al oeste, con el departamento del Chocó. Antioquia ha sido dividida en nueve subregiones: Valle de Aburrá, Bajo Cauca, Magdalena Medio, Nordeste, Norte, Occidente, Oriente, Suroeste y Urabá.

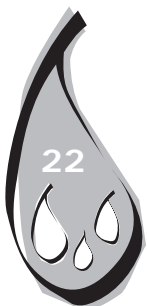




Figura 1. Subregiones del departamento de Antioquia.

Fuente: Plan de Desarrollo de Antioquia 2004-2007

El Departamento es rico en recursos mineros como carbón, petróleo, hierro, cobre, plomo, asbesto, zinc y mármol. Como principales productos agrícolas se encuentra banano, maíz, plátano, café, yuca, caña de azúcar, frijol y arroz. En el sector industrial, la región ha prosperado más en las áreas textil y mecánica. Se destaca también, la producción hidroenergética, ya que se cuenta con algunos de los principales embalses del país, según el informe de operación de Interconexión Eléctrica S.A (ISA) en el 2003: Miel I, Miraflores, Peñol, Playas, Porce II, Punchiná, Riogrande II, San Lorenzo y Troneras. La capacidad efectiva neta hidráulica de Empresas Públicas de Medellín e Isagen, asciende a 2061,43 y 1806 MW, respectivamente, y entre las dos logran un 35,05% de participación en el mercado de energía mayorista.

LINEAMIENTOS DE POLÍTICA

Para la elaboración de los Lineamientos de Política Departamental se presentaron las características y problemáticas teniendo en cuenta las siguientes cuatro aplicaciones:

1. Aguas superficiales: agua potable y saneamiento básico, y cuencas hidrográficas.
2. Aguas costeras.
3. Aguas subterráneas.
4. Áreas de manejo especial.

Adicionalmente, se incluyeron algunas problemáticas definidas para los siguientes ejes transversales:

- Educación, Sensibilización y Participación comunitaria.
- Información.
- Planificación, Administración, Control, Seguimiento y otros.
- Investigación.

En cada uno de los temas se abordan las problemáticas a nivel general departamental y posteriormente se presentan algunos problemas particulares de algunas subregiones, seguidamente se definen las estrategias las cuales cada una tiene acciones de planeación, ejecución y verificación³.

³ Para conocer los detalles de las acciones, consultar: Lineamientos de la Política Departamental en Antioquia para el Agua. Departamento Administrativo del Medio Ambiente y Centro de Ciencia y Tecnología de Antioquia. 2005.

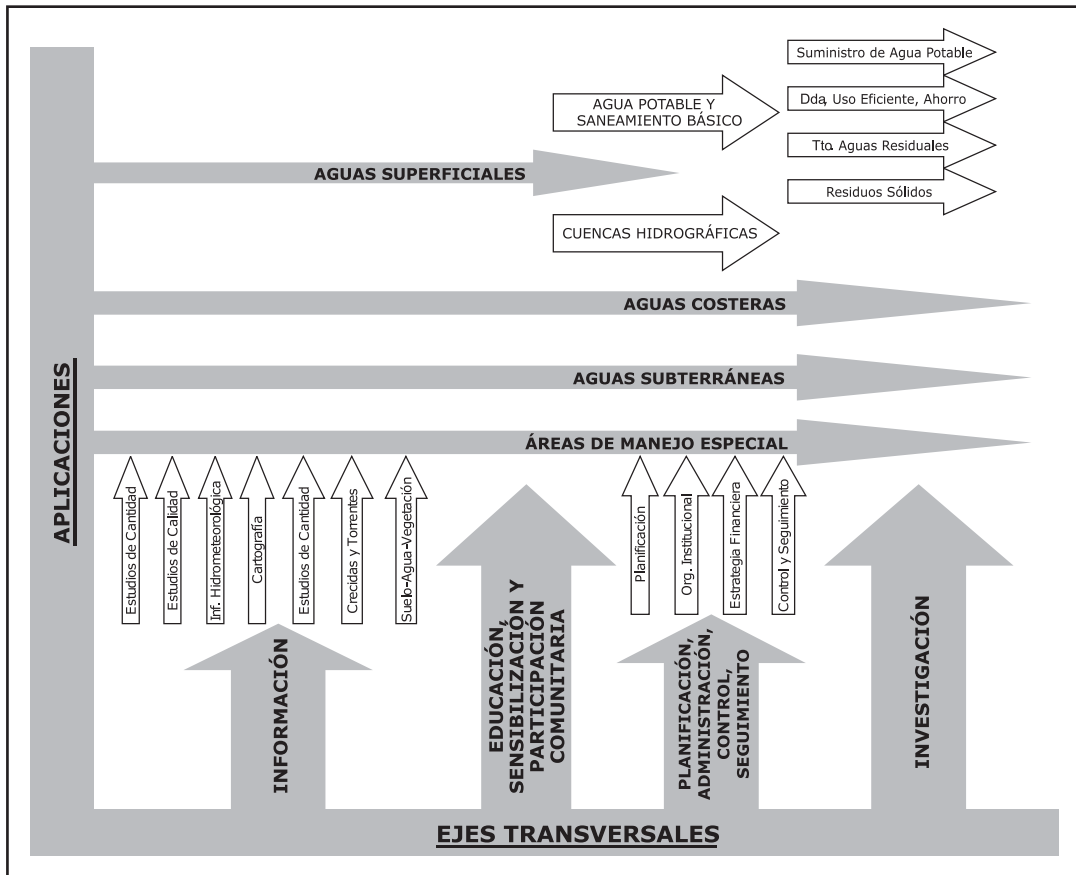


Figura 2. Aplicaciones y ejes transversales definidos para los Lineamientos de la Política Departamental del Agua.

APLICACIONES

1. Aguas superficiales

• Agua potable y saneamiento básico

Suministro de agua potable. La severa reducción en la disponibilidad de presupuesto de inversión pública como consecuencia de la ineficiente aplicación de recursos financieros, magnificada por el crecimiento demográfico, el agravamiento de la desigualdad y un alarmante aumento de la pobreza, han generado grandes deficiencias en términos de acceso al servicio de agua potable. De acuerdo con el informe de gestión presentado por la Dirección Seccional de Salud de Antioquia en 2003, sobre lo concerniente al agua potable, sólo 24 de los 125 municipios del Departamento suministran a sus habitantes, agua apta para el consumo humano.

Urabá es la subregión antioqueña con menor cobertura de acueducto, tanto en la cabecera municipal como en el área rural.

Las estrategias definidas para dar solución a esta carencia en Antioquia, son:

- Estrategia 1: Consolidación de un programa de suministro de agua potable a nivel subregional para garantizar la continuidad, eficiencia y buena calidad en el servicio.
- Estrategia 2: Diseño y aplicación de los Planes Maestros de Acueducto y Alcantarillado en el departamento.
- Estrategia 3: Herramientas para la administración del recurso hídrico en torno al suministro de agua, orientadas a la determinación de las ofertas superficial y subterránea y a la caracterización y legalización del uso del recurso.

Demanda, uso eficiente y ahorro. La demanda aproximada de agua para el departamento de Antioquia en el año 2000 ascendió a 12.730 millones de metros cúbicos anuales aproximadamente⁴. En la región, el agua se utiliza así: el 85% para la generación de energía eléctrica, el 12% en el sector Agropecuario, el 2% en el sector domiciliario y sólo el 1% es utilizado por el sector industrial. La región muestra una tendencia descendente gradual en el consumo por usuario, alcanzando una disminución del 19,5% entre los años 1997 y 2000. El precio del agua, por el contrario, ha ascendido progresivamente alcanzando en el año 2000, un valor superior en 200% aproximadamente, respecto al observado en 1997 (incluye acueducto y alcantarillado).

La tendencia a la baja de los índices de consumo también se presenta en el sector industrial de Antioquia, donde la política del precio es el mayor factor influyente en la disminución de consumos. La demanda presenta una disminución del 11,71% en un período de cuatro años, mientras que los precios presentan un considerable aumento, alcanzando cerca del 64% de incremento.

Para apoyar la demanda, el uso eficiente y el ahorro del agua, se plantearon las siguientes estrategias:

- Estrategia 1: Conocimiento de la demanda hídrica en el territorio, que contribuya a la toma de decisiones en la planificación del recurso.
- Estrategia 2: Generación de una cultura del agua en torno al uso eficiente y el ahorro, para contribuir con la calidad y cantidad del recurso hídrico.

Tratamiento de aguas residuales. Al año 2000, tan sólo 13 de los 125 municipios de Antioquia poseían algún tipo de tratamiento de aguas residuales domésticas. De 44 sistemas de tratamiento de aguas residuales inventariados en todo el departamento a la fecha mencionada, 27 sistemas (61%) trataban aguas residuales domésticas y 17 (39%) aguas residuales industriales.

Para promover el tratamiento de las aguas residuales, se propusieron tres estrategias:

- Estrategia 1: Consolidación de un plan de saneamiento de aguas residuales con programas para prevenir la contaminación de las aguas superficiales y subterráneas.
- Estrategia 2: Reducción de los niveles de contaminación por el uso inadecuado de agroquímicos, pesticidas y mercurio.
- Estrategia 3: Desarrollo e implementación de instrumentos económicos para el uso adecuado del recurso hídrico y de las áreas de manejo especial.

Residuos sólidos. Según datos obtenidos por la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios y en el Anuario Estadístico de Antioquia, el 93,7% de los municipios del departamento de Antioquia presentan el servicio de recolección de residuos en la zona urbana. Estos datos, sin embargo, no evidencian ni la forma de recolección de los residuos y ni las características de disposición final.

Con el fin de solventar lo anterior, se describió la siguiente estrategia:

Estrategia 1: Formulación y ejecución de Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS) para prevenir la contaminación del recurso hídrico.

• Cuencas hidrográficas

Antioquia cuenta con cinco grandes cuencas hidrográficas: Magdalena, Cauca, Atrato, Porce – Nechí y San Jorge. Las principales problemáticas presentadas en el departamento, se relacionan directamente con la actividad antrópica. La gran mayoría de problemas reportados a la fecha están asociados a la contaminación del recurso hídrico por las actividades domésticas, agropecuarias (uso indiscriminado de agroquímicos) e industriales, posible consecuencia del desconocimiento existente sobre tecnologías limpias. Esta contaminación

1 Valor estimado a partir de fuentes secundarias y primarias.



responde a las deficientes condiciones para la disposición de los desechos sólidos y líquidos, en los ámbitos urbano y rural. Otros problemas están relacionados con la deforestación de las zonas de nacimiento de agua, la desecación de humedales, la ocupación no planificada de cauces y zonas de retiro, los conflictos por uso del suelo, y la explotación indebida de recursos bióticos y abióticos.

Para la protección de las cuencas hidrográficas se establecieron las siguientes estrategias:

- Estrategia 1: Puesta en marcha de los Planes Integrales de Ordenamiento y Manejo de Cuencas para la planificación, administración, conservación, control y seguimiento de la calidad y cantidad del recurso hídrico.
- Estrategia 2: Gestión integral del recurso hídrico para la determinación y mejoramiento de su calidad y cantidad.
- Estrategia 3: Conocimiento de la oferta hídrica superficial en el territorio.
- Estrategia 4: Manejo de llanuras de inundación y consolidación de espacios públicos para la protección y conservación del recurso hídrico.

2. Aguas costeras

Según proyecciones del Ideam, se espera una disminución significativa de la precipitación por calentamiento atmosférico en los próximos 50 años en las regiones eco-climáticas del Medio Cauca y Alto Nechí (-6%), y Alto Magdalena (-7%), aspecto que definitivamente incidirá sobre la disponibilidad del recurso hídrico. Igualmente se proyecta que el nivel de los océanos continuará su tendencia a aumentar con un valor entre 50 y 110 cm para el año 2.100, lo que tendría efectos severos sobre todos los terrenos litorales marítimos e incrementaría la intrusión salina en muchos acuíferos costeros.

El continuo aporte de excedentes de insumos agropecuarios de los ríos afluentes a la zona costera, al igual que los sedimentos prove-

nientes de las cuencas, contribuyen a la degradación de los ecosistemas acuáticos, al acelerar los procesos de colmatación y eutrofización agravados por la contaminación con agroquímicos, detergentes y químicos entre otros.

Buscando la protección de las aguas costeras, se definieron las estrategias que se describen a continuación:

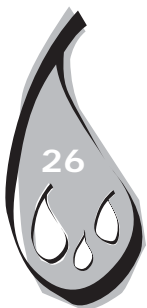
- Estrategia 1: Determinación de la calidad de las aguas costeras para su recuperación, mitigación y conservación.
- Estrategia 2: Gestión Ambiental Integral para la determinación y mejoramiento de las aguas costeras, su calidad y cantidad, su manejo y conservación.

3. Aguas subterráneas

En la actualidad, la Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia (Corantioquia) posee el siguiente diagnóstico del potencial hidrogeológico en sus diferentes zonas de influencia:

- En la territorial hevéxicos se cuenta con un área potencial de 270 Km² (en evaluación 270 Km²).
- En la territorial Panzenú, el área potencial asciende a 3.929 Km² (área evaluada 800 Km² y en evaluación 500 Km²).
- En la territorial Zenufaná, el área potencial es de 2.390 Km² (área evaluada 1.200 Km²).
- En el Aburrá Sur y Norte, el área potencial alcanza los 204 Km² (área evaluada 204 Km²).
- En el Magdalena Medio se dispone de estudios hidrogeológicos entre Puerto Berrío y Puerto Nare.

Sin embargo, aunque existen estudios algunas veces puntuales en todas las regiones del departamento, ellos no reposan en los bancos nacionales, y ante Ingeominas Antioquia sigue apareciendo como una región que no necesita inversión en aguas subterráneas. Tan sólo la región de Urabá cuenta con un modelo numérico de predicción y simulación del recurso, ya que la Corporación para el Desarrollo Sostenible del Urabá



(Corpourabá) ha tenido como política durante varias administraciones, la investigación sobre esta temática.

En términos de problemáticas planteadas, el desconocimiento alcanza niveles tales que los planteamientos generales incluyen un total desconocimiento de la oferta en aguas subterráneas, e inadecuados manejos de almacenamientos de agua, pozos y aljibes.

Para el mejor aprovechamiento de las aguas subterráneas se definieron las siguientes estrategias:

- Estrategia 1: Conocimiento de la oferta hídrica subterránea en el territorio.
- Estrategia 2: Gestión Ambiental Integral de las aguas subterráneas para la determinación y mejoramiento de su calidad y cantidad, su manejo y conservación.

4. Áreas de manejo especial

En Antioquia se tienen registradas cien áreas de manejo especial, distribuidas de la siguiente manera:

- 15 en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá.
- 4 en el Bajo cauca.
- 23 en el Magdalena medio.
- 7 en el Norte.
- 5 en el Occidente.
- 9 en el Suroeste.
- 17 en Urabá.
- 20 en el Oriente.

Aunque Colombia y Antioquia son ricas en áreas de manejo especial, el Ideam lanzó una voz de alerta por los recursos naturales, afirmando que «si no se frenan a tiempo los motores que activan el deterioro ambiental, en el 2029, si el año resulta seco, el 70% de la población del país estará en riesgo de no contar con suficiente agua para su abastecimiento».

Según lo establecido en el Artículo 111 de la Ley 99 de 1993, las administraciones municipales deben destinar el 1% del presupuesto municipal para la adquisición de predios en cuencas abastecedoras de acueductos.

Aunque las subregiones han apropiado inversiones para la adquisición de terrenos en áreas de manejo especial, cerca del 92% de los municipios antioqueños no han dado cabal cumplimiento a lo establecido en dicho Artículo. Tan sólo 11 municipios cumplen con los criterios de cumplimiento, así:

- Efectúan anualmente asignación de recursos propios para la adquisición de predios de cuencas abastecedoras de acueductos.
- Han comprado terrenos en áreas de importancia estratégica para la conservación del recurso hídrico.
- Tienen acuerdo municipal que establece la apropiación presupuestal, autoriza la compra de tierras, fija criterios para determinar las áreas a proteger y regula su destinación.

Con criterios de cumplimiento parcial, se encuentran 45 municipios, dado que: poseen un acuerdo municipal que establece la apropiación presupuestal anual o un acuerdo de creación del Fondo de Protección Ambiental, han comprado tierras en microcuencas pero sin hacer apropiaciones anuales, han cumplido la norma sólo durante algunos años, han adquirido tierras con diferentes fuentes de recursos, han asignado recursos propios durante algunos años, pero no tienen acuerdo municipal, hacen apropiaciones presupuestales y tienen acuerdo de creación y operación del Fondo de Protección Ambiental en las tres o cuatro últimas vigencias fiscales, pero no han comprado tierras.

Finalmente, 53 municipios no cumplen con la norma, y 16 municipios no entregaron información.

Para promover el cuidado de las áreas de manejo especial, fueron definidas las estrategias que:

- Estrategia 1: Fortalecimiento de la vocación forestal en el Departamento para el manejo sostenible del recurso hídrico.
- Estrategia 2: Manejo Integral de las áreas de manejo especial para garantizar el uso sostenible del recurso hídrico, haciendo



énfasis en la implementación de un programa de adquisición de predios en cuencas abastecedoras de acueductos y áreas de importancia estratégica como humedales, ciénagas, entre otras.

EJES TRANVERSALES

1. Educación, Sensibilización y Participación comunitaria

En el Departamento no existe una verdadera cultura ambiental, lo cual puede ser producto de la falta de recursos para programas de educación y sensibilización (la carencia de la Cátedra Ambiental alcanza todos los niveles). En torno a esta temática, y a pesar de observarse algunos esfuerzos significativos, se detecta aún una falta de compromiso de las autoridades ambientales y de las administraciones municipales.

Se señala además, la falta de socialización de la normatividad, la cual conduce a un profundo desconocimiento de la misma por parte de la comunidad y no permite por lo tanto, una clara interacción con ella.

Al respecto, se propusieron estas estrategias:

- Estrategia 1: Generar una cultura del agua en los actores que intervienen e impactan el recurso hídrico, a través de la sensibilización y educación en los niveles formal, no formal e informal.
- Estrategia 2: Promocionar, divulgar y socializar la normatividad ambiental en torno al recurso hídrico, para su entendimiento, aplicación e incidencia.

2. Información

• Estudios de cantidad y calidad del agua

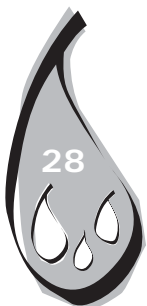
Para el año 2002, el departamento de Antioquia contaba con más de 1.650 proyectos y estudios de cuantificación, diagnóstico y aprovechamiento del recurso hídrico en la región, los cuales poseen refe-

rencias acerca de temas relacionados con: ecología de las plantas, climatología, geología, geohidrología, geomorfología, tectónica, hidrología, erosión, aguas subterráneas, hidrografía, aguas de superficie, hidráulica fluvial, meteorología, hidrometeorología, ingeniería del suelo, ingeniería estructural, protección de cultivos, topografía, ingeniería ambiental, ingeniería sanitaria y generación de energía. La mayoría de ellos se concentran en la capital (Medellín) y sus alrededores, mientras que en los municipios más alejados la información es bastante reducida.

• Información hidrometeorológica

En el Departamento y las regiones cercanas se han instalado 991 estaciones hidroclimatológicas (pluviográficas, pluviométricas, limnigráficas, limnimétricas, agrometeorológicas, sinópticas, climatológicas y meteorológicas), que permiten el registro de las siguientes variables climáticas: precipitación, caudal, temperatura (máxima, mínima y media), evaporación, punto de rocío, tensión de vapor, humedad relativa, radiación solar, velocidad y dirección del viento, para diferentes escalas temporales (horaria, diaria, mensual y anual). Las estaciones se encuentran agrupadas fundamentalmente en torno a los grandes centros urbanos (Medellín, Oriente antioqueño y Urabá) y zonas de influencia de proyectos hidroeléctricos, mientras que en otras regiones como el Atrato medio, la dispersión de las estaciones es demasiado alta en comparación con el resto del departamento.

En torno al registro de caudal, la cuenca del río Atrato cuenta con 32 estaciones de medición de caudales, la cuenca del río Nare con 63, la región de Urabá posee 21, la cuenca del río Nechí (la región mejor instrumentada del departamento) cuenta con 82 estaciones, la cuenca del Magdalena (sin considerar la cuenca del Nare) tiene 200 estaciones en todo el país y 7 de las cuales están en Antioquia (áreas de drenaje superiores a 100.000 km², todas ellas ubicadas en el Bajo Magdalena, cerca de la confluencia con el río Cauca), y en la cuenca del río Cauca (sin tener en cuenta el Nechí), existen 72 estaciones.



- **Información cartográfica**

La información de cartografía análoga y digital está disponible en las autoridades ambientales y los entes planificadores para escalas 1:500.000, 1:100.000, 1:25.000, 1:10.000, 1:2.500 y 1:500. Debido a los sistemas requeridos para el manejo de esta información y los altos costos de su actualización, la cartografía no está disponible para uso público. En el 2002, la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín, en el marco del Convenio Interinstitucional Cátedra del Agua, desarrolló la herramienta «Atlas Hidrológico del Departamento de Antioquia», que permite analizar las cuencas hidrográficas a partir de los siguientes modelos digitales de terreno:

- Para todo el departamento, se dispone de una topografía digital de resolución espacial 30" de arco, la cual proporciona herramientas de ayuda en la planificación y el manejo de cuencas hidrográficas mayores a 2.000 km².
- Las subregiones Valle de San Nicolás, Valle del Río San Juan (Suroeste antioqueño) y Valle de Aburrá están disponibles para una resolución de 100 m x 100 m.
- A nivel de microcuencas y como ejercicio académico, la Quebrada Chachafruto en el Oriente antioqueño, está disponible para una resolución espacial de 10 m x 10 m.
- **Estudios de crecidas, torrentes y asentamientos humanos**

A la fecha, en el departamento de Antioquia están disponibles 138 trabajos relacionados con inventario de desastres, bibliografía sobre control de avenidas y crecidas, educación ambiental, prevención y atención de desastres, estudio de cuencas, análisis hidrológicos, estudios geológicos y geotécnicos, caracterización de quebradas, estudios hidráulicos, identificación de zonas de riesgo y amenaza, informes técnicos de emergencias, planificación de cuencas hidrográficas y políticas de ordenamiento. Están disponibles además, 97 artículos de prensa donde se reportan amenazas, ocurrencias y atención de desastres naturales.

- **Estudios de interacciones suelo – agua – vegetación**

En la actualidad, el Departamento de Antioquia cuenta con una totalidad de 41 estudios que incluyen proyectos de investigación, monografías y programas de gestión y ordenamiento desarrollados por las Autoridades Ambientales en torno al tema de Interacciones suelo – agua - vegetación. Se encuentran 23 estudios del tema suelos - vegetación, 15 estudios de agua - vegetación y 3 trabajos de suelo – agua - vegetación. Como se puede observar, la mayoría de estudios no abordan el tema integrando las tres componentes, sino que lo hacen de manera parcial, es decir, tratan el efecto de distintas coberturas vegetales sobre uno o varios parámetros del ciclo hidrológico o sobre algunas propiedades físicas, químicas o biológicas del suelo.

Para mejorar lo expuesto anteriormente, se definirán estas estrategias:

- Estrategia 1: Diseño, desarrollo y fortalecimiento de un sistema de información de la red hídrica para el ordenamiento, administración, conservación y recuperación del recurso hídrico.
- Estrategia 2: Monitoreo, control y seguimiento al uso y aprovechamiento de los recursos naturales para garantizar su protección y conservación.
- Estrategia 3: Generación de mecanismos de comunicación y divulgación de la información en torno al recurso hídrico, que apoye el proceso de toma de decisiones de las instituciones y brinde un mejor conocimiento del recurso a la comunidad en general.

3. Planificación, Administración, Control, Seguimiento y otros

En torno a esta temática, en Antioquia se hace referencia a problemáticas generales como la desarticulación interinstitucional, la planificación cortoplacista, la falta de voluntad política y la poca definición de competencias.



Para subsanar estas problemáticas, se plantearon tres estrategias:

- Estrategia 1: Fortalecimiento de la gestión subregional para el manejo integral del recurso hídrico en torno a su planificación, administración, control y seguimiento, que garanticen la calidad y cantidad del recurso hídrico en el Departamento.
- Estrategia 2: Fortalecimiento institucional para la gerencia de los servicios públicos de orden local y subregional, que garantice la planeación y administración de la cobertura y calidad en el servicio a la comunidad urbana y rural.
- Estrategia 3: Fortalecimiento de las empresas prestadoras de servicios públicos domiciliarios.

4. Investigación

Como problemática general se discute que la región posee escasa información e investigación en el ámbito ambiental, debido a la falta de iniciativa por parte de las instituciones académicas para desarrollar investigación aplicada y socializar los resultados de la misma.

- Estrategia 1: Fomento de la investigación aplicada al medio ambiente que per-

mita conocer el estado del arte del recurso hídrico en el Departamento y permita sobre información, actualizada periódicamente, la toma de decisiones.

PERSPECTIVAS

Se debe tener claro que las políticas no garantizan productos, pero las acciones provenientes de una Política de Agua con una planificación adecuada pueden llegar a garantizar una buena calidad y cantidad del agua, así como la planeación, administración, control, seguimiento, educación y sensibilización en torno al recurso hídrico.

Es por esto que las instituciones involucradas con este tema han decidido desarrollar el proceso de Consolidación y Priorización de las estrategias y acciones para la construcción de la Política Departamental del Agua. Para darle legitimidad al proceso y siguiendo el principio de que la construcción de una Política requiere de un proceso de consulta y participación pública y privada, dicha priorización se realizó con todos los actores que tienen injerencia en el tema del agua en Antioquia.

El proceso de priorización ha finalizado, pero es tema de otro artículo la presentación de los nuevos resultados, los cuales serán socializados a todos los entes territoriales del departamento de Antioquia.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Departamento Administrativo del Medio Ambiente y Centro de Ciencia y Tecnología de Antioquia. 2005. Lineamientos de la Política departamental en Antioquia para el agua.



ACERCA DE LA OFERTA Y DEMANDA DEL RECURSO HÍDRICO SUBTERRÁNEO EN ANTIOQUIA

Autora: Teresita Betancur. Universidad de Antioquia.
Correo electrónico: pteby787@udea.edu.co
Fecha: Jueves 9 de junio de 2005
Lugar: Auditorio Himerio Pérez López, Empresas Públicas de Medellín

*"En principio, un recurso que no se ve, es un recurso que no existe.
No obstante, es una necesidad imperiosa
reconocer la existencia de las aguas subterráneas
y llevarlas al mismo nivel de reconocimiento que tienen
los mares, los ríos, las quebradas, los lagos,
las ciénagas, los embalses, las nubes y la lluvia."
O.M.*

RESUMEN

El conocimiento que a la fecha se tiene de los sistemas de agua subterránea del departamento de Antioquia se ha logrado a partir de la ejecución de una serie de proyectos de evaluación hidrogeológica básica a escala 1:25.000 realizados por las corporaciones autónomas regionales y las Universidades de Antioquia y Nacional, sede Medellín. Las áreas estudiadas, casi todas con déficit de abastecimiento en el servicio de agua potable, se ubican en las subregiones de Urabá, Oriente, Valle de Aburrá, Magdalena Medio, Occidente y Bajo Cauca. Si bien no se han evaluado concretamente las condiciones la oferta y demanda del recurso hídrico subterráneo en el departamento, los proyectos ejecutados permiten reconocer la importancia estratégica que este recurso natural tiene en esta región de Colombia.

La necesidad de agua en Antioquia, fundamentalmente de agua potable, ha llevado a la explotación no planificada del recurso hídrico subterráneo en varias regiones del departamento: Urabá, Bajo Cauca, Magdalena medio, Occidente cercano, Oriente cercano y Valle de Aburrá. A la fecha, no se han realizado estudios específicos con el objetivo de evaluar la oferta y demanda del recurso hídrico subterráneo en el departamento; sin embargo, una revisión acerca del estado del arte en relación con la ejecución de proyectos de evaluación hidrogeológica, permite reconocer la importancia estratégica que este recurso natural tiene en esta región de Colombia.

En relación con la distribución total de agua en la tierra, el agua dulce no predomina;

representa apenas el 2,6% del agua del mundo. Además, su distribución no es uniforme: las dos terceras partes se encuentran en estado sólido, en el hielo de los glaciares y casquetes polares, otra parte está en los ríos, lagos, nubes y en la estructura de los seres vivos, y finalmente, en acuíferos subterráneos yace una buena cantidad.

Las Naciones Unidas calcula que una cuarta parte de la humanidad no tiene asegurado el abastecimiento de agua dulce. Si la población mundial es de aproximadamente 6.100 millones de personas, considerando un índice de consumo de 200 litros por día por persona, diariamente se demandan 1.220 millones de metros cúbicos (m³) de agua.



Antioquia es un departamento con 125 municipios y una extensión de 63.612 Km², con una topografía quebrada configurada por las cordilleras Central y Occidental de los Andes colombianos, y una aparente riqueza hídrica superficial canalizada finalmente a lo largo de los cauces de los ríos Magdalena, Cauca y Atrato. La actividad económica del departamento es intensa en los sectores industrial, comercial, minero, agropecuario, turístico y de servicios. Para la realización de estas actividades y para satisfacer las necesidades de consumo por parte de la población, se requieren diariamente 41,5 millones de metros cúbicos de agua. De esta cantidad, el 85% es requerido para la generación de energía, el 12% para el sector agropecuario, el 2% para consumo doméstico y el 1% para la industria (Corantioquia – GIA – U.P.B, 2002).

La Gobernación de Antioquia en su publicación «Lineamientos de Política Departamen-

tal en Antioquia para el Agua» (2005), revela datos acerca de la cobertura en el servicio de acueducto y acceso a agua potable en cada una de las nueve subregiones del departamento (ver Tabla 20). Estas cifras reflejan una situación crítica por fuera del Valle de Aburrá, donde se tienen datos de 98,76% y 81,43% para las zonas urbana y rural respectivamente. En las demás regiones, más del 50%, y en algunos casos mucho más del 50% de la población no cuenta con agua en una cantidad adecuada para el consumo humano.

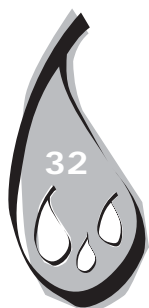
Para entrar en materia, es el momento de señalar que en algunas de estas subregiones las aguas subterráneas pueden representar, o de hecho, constituyen una fuente de abastecimiento del recurso hídrico para satisfacer las necesidades de la población, llegando a convertirse en un recurso estratégico.

Tabla 1. Cobertura de acueducto y acceso a agua potable en el departamento de Antioquia.

CABECERAS MUNICIPALES			
Subregión	Total habitantes	Cobertura	Acceso agua potable
Valle de Aburrá	2.974.415	98.76	98.76
Bajo cauca	135.535	82.41	35.51
Magdalena medio	54.605	92.05	54.15
Nordeste	94.179	85.48	0.00
Norte	64.848	96.83	13.47
Occidente	69.640	96.44	16.74
Oriente	271.277	98.17	30.31
Suroeste	165.020	97.30	23.41
Urabá	244.403	74.89	24.07

ZONA RURAL			
Subregión	Total habitantes	Cobertura	Acceso agua potable
Valle de Aburrá	186.320	151.716	81.43
Bajo cauca	89.304	18.453	20.66
Magdalena medio	38.869	15.143	38.96
Nordeste	85.760	26.160	29.86
Norte	156.382	51.119	32.56
Occidente	158.594	70.103	44.20
Oriente	325.639	145.667	44.73
Suroeste	233.836	94.264	40.31
Urabá	229.603	28.560	12.44

Fuente: Lineamientos de Política Departamental en Antioquia para el Agua.



En Antioquia no se han realizado estudios específicos con el objetivo de evaluar la oferta y demanda del recurso hídrico subterráneo en el departamento, sin embargo una revisión acerca del estado del arte en relación con la ejecución de proyectos de evaluación hidrogeológica permiten reconocer la importancia estratégica que este recurso natural tiene en esta región de Colombia. Es importante señalar que la mayoría de los estudios de exploración hidrogeológica han sido realizados por las corporaciones autónomas regionales y demás autoridades ambientales del departamento, mediante convenios con las Universidades de Antioquia y Nacional, sede Medellín, casi todos ejecutados conforme a la idea de que para administrar un recurso es necesario conocerlo. Por esta razón, los proyectos técnicos y de investigación son fundamentales para dar adecuado cumplimiento a las normas que en materia de manejo del recurso hídrico se han consagrado en la Ley 99 de 1993, la Ley 373 de 1997, el Decreto 3102 de 1997 y la Resolución 769 de 2002.

Una rápida mirada al mapa geológico de Antioquia, permite identificar las regiones en las que se da la presencia de rocas volcánicas sedimentarias, de edad terciaria o posterior, y los depósitos aluviales recientes, en las cuales podría existir algún potencial de aguas subterráneas a evaluar:

- Las principales formaciones de roca volcánica sedimentaria afloran en el centro y sur del departamento, asociadas a las formaciones Amagá y Combia, en el norte y Bajo Cauca.
- La formación Cerritos (informalmente designadas como formaciones Caucasia y Tarazá).
- En el Magdalena medio, la formación Mesa.
- Los principales depósitos aluviales se asocian a la llanura de inundación Mutatá - Turbo en la región de Urabá y a los valles de los ríos Magdalena, Cauca, Atrato, Nechí, Medellín y Rionegro.

Dentro de estas áreas, a la fecha se han realizado estudios de exploración hidrogeológica a escala 1:25.000 en las subregiones de Urabá (Ingeominas - Corpourabá 1995),

Oriente (Cornare - Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín, 1997 y 2000), Valle de Aburrá (Área Metropolitana del Valle de Aburrá - Hidrogema, 2000. Área Metropolitana del Valle de Aburrá - Universidad de Antioquia 2002), Magdalena Medio (Corantioquia - Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín, 2000 y 2002), Occidente (Corantioquia - Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín, 2004), Bajo Cauca (Corantioquia - Universidad de Antioquia, 2003, 2004 y 2005). (Ver Figura 1).

En términos generales, el objetivo de todos los estudios ha sido el de evaluar el potencial hídrico subterráneo en cada zona y para ello con mayor o menor grado de detalle, se ha empleado la metodología básica de exploración hidrogeológica. Ello comprende la exploración geológica, la realización de un inventario de captaciones de agua subterránea, la determinación de la geometría (extensión superficial y espesores) de las formaciones litológicas que almacenan el agua subterránea, la determinación de sus propiedades hidráulicas, la estimación de la recarga, y la estimación aproximada de reservas o en su defecto de la capacidad de almacenamiento de las formaciones acuíferas.

En la Tabla 181 se presenta una síntesis de lo que se conoce, a partir de los estudios citados, acerca del uso y disponibilidad de agua subterránea en Antioquia.

En el Oriente antioqueño (Cornare - Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín, 1997 y 2000), se han explorado las regiones del Valle de San Nicolás y el Altiplano de la Unión. Las zonas de aluviones y terrazas, con una extensión aproximada de 70 Km², se consideran áreas con un potencial hidrogeológico alto y tendrían una capacidad de almacenamiento de 210 Mm³ de agua, las terrazas altas y las colinas saprolíticas con 610 Km² de extensión almacenarían 2.600 Mm³, la recarga anual se estimó en 545. En el oriente el agua subterránea se utiliza para consumo doméstico, en la industria y el comercio, no se tiene identificado el número de usuarios, ni los volúmenes consumidos, sin embargo de acuerdo con el inventario de captaciones existentes se sabe que como mínimo el agua subterránea se estaría tomando desde 111 aljibes, 13 manantiales y 5 pozos.



En Urabá (Corpourabá – Ingeominas, 1995) se cuenta con un modelo conceptual del sistema acuífero y dentro de él se identifican en una extensión de 1.714 Km² un acuífero libre y un acuífero confinado, hasta una profundidad de exploración de 250 m, se estima que el agua subterránea almacenada en el sistema sería de unos 3.944 Mm³. anualmente la recarga alcanzaría las cifras de 187 y 31,3 Mm³ para los acuíferos libre y aluvial respectivamente. En Urabá el agua subterránea es intensamente utilizada por el sector agropecuario y para abastecimiento público y doméstico. Para el año 1995, de acuerdo con el inventario realizado por Ingeominas se explotaban 362 aljibes, 368 pozos y 47 manantiales desde los cuales anualmente se extraería mínimo 21 Mm³ de agua subterránea.

En el Área Metropolitana del Valle de Aburrá (Área Metropolitana del Valle de Aburrá – Universidad de Antioquia, 2002), asociados principalmente a los depósitos aluviales del río Medellín y sus afluentes, y a algunos flujos de vertiente, se identifican un acuífero libre a lo largo del valle y uno semiconfinado en el centro y sur del mismo. La capacidad de almacenamiento de agua subterránea en estas unidades se calculó en 143 Mm³ para

el acuífero libre y 69 Mm³ para el semiconfinado. La explotación de agua subterránea en el valle de Aburrá se da principalmente por parte de las industrias asentadas cerca al río Medellín y sus afluentes y de las empresas que prestan el servicio de lavado de autos. De acuerdo con el inventario realizado en 2000 (Área Metropolitana del Valle de Aburrá – Hidrogema) se registraron 331 aljibes, 47 pozos y 12 manantiales. No se conoce el número de usuarios ni los volúmenes de agua explotados.

En el Magdalena medio (Corantioquia – Universidad Nacional, 2000 y 2002) se identificaron dentro de algunas subcuencas zonas de interés acuífero, existirían así 7 zonas con acuíferos libres y 9 con acuíferos confinados. No se cuenta con un estimativo de la cantidad de agua que estaría almacenada en este sistema, y de acuerdo con los cálculos, la recarga potencial sería de unos 289 mm³ al año. En esta región, el agua se utiliza para el abastecimiento doméstico y para la industria petrolera. Aunque no se reportan datos acerca del número de usuarios y volúmenes explotados, de acuerdo con el inventario de captaciones, se tienen instalados 131 aljibes y 50 pozos.

Tabla 2. Disponibilidad y usos del agua subterránea en Antioquia.

Región	Recarga Mm ³ /año	Reservas Mm ³	Usos	Captaciones	Usuarios personas	Consumo mm ³ /año
Oriente	545	2.810	Doméstico Industrial Comercial	111 aljibes 13 manantiales 5 pozos	¿?	¿?
Urabá	218.3	3.944	Ab. Público Doméstico Agricultura Industria Ganadería Riego	362 aljibes 47 manantiales 368 pozos	¿?	21
Valle de Aburrá		219	Lavado vehículos Industria Aseo Riego Doméstico	331 aljibes 47 pozos 12 manantiales	¿?	¿?
Magdalena medio	289	¿?	Doméstico Industria Petróleo	131 aljibes 50 pozos	¿?	¿?
Occidente	10	¿?	Doméstico Turismo	59 aljibes	¿?	¿?
Bajo Cauca	252	1.300 U2 2000 U3	Ab. público Doméstico Riego Ganadería	1837 aljibes 70 pozos 20 manantiales	150.000	9.9



En el Occidente (Corantioquia – Universidad Nacional, 2004) la explotación hidrogeológica ha cubierto áreas pertenecientes a las jurisdicciones de los municipios de Santa Fe de Antioquia, Sopetrán, Liborina y Olaya, y se ha centrado en el potencial de los acuíferos aluviales. En esta subregión se identifican dos zonas de especial interés en los sectores de Tonusco y La Florida. No se cuenta con estimativos de cantidad de agua almacenada siendo la recarga potencial de unos 10 mm³ al año. El agua subterránea es demandada para uso doméstico y por el sector turístico. Se inventariaron 59 aljibes.

En el Bajo cauca antioqueño (Corantioquia – Universidad de Antioquia, 2003, 2004 y 2005) la extensión de la zona con potencial hidrogeológico supera los 3000 Km². A partir de las evaluaciones realizadas, se han identificado un acuífero confinado y dos libres: uno asociado a depósitos aluviales, y el otro a rocas sedimentarias poco consolidadas. El modelo geométrico del sistema, proporciona una primera idea acerca de sus dimensiones en profundidad. De acuerdo con lo anterior y los valores mínimos de porosidad efectiva, el volumen de agua subterránea que se podría estar almacenado en los acuíferos libres, sería del orden de los 3300 nm³. Dada la baja cobertura en el servicio de agua potable en esta región, la presión sobre el recurso subterráneo crece continuamente, al

límite de que en todas las viviendas del casco urbano de Cauca y en casi todas las casas de la zona rural del Bajo Cauca, existe una captación de aguas subterráneas. Los inventarios de captaciones hechos hasta la fecha han permitido identificar 1837 aljibes, 70 pozos y 20 manantiales, desde los cuales no menos de 150000 usuarios extraen 9.9 mm³ de agua al año.

CONCLUSIONES

La magnitud de la demanda de agua, fundamentalmente de la potable, por parte de la población del departamento de Antioquia, y la baja cobertura en este servicio, tanto en áreas rurales como urbanas, evidencian la necesidad de que se identifique y caractericen fuentes con disponibilidad de este recurso. Dentro de estas fuentes, las aguas subterráneas constituyen una alternativa; de hecho, la gente así lo ha entendido, por lo cual existen más de 3 mil captaciones y más de 200 mil usuarios que aprovechan este recurso. Si bien se han adelantado varios estudios de exploración hidrogeológica en el Antioquia, no se tiene aún una idea clara acerca de las magnitudes de la oferta y demanda del agua subterránea, siendo fundamental conocer estas cifras para una adecuada gestión del recurso y del territorio, para una adecuada atención de las necesidades de la población.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Área Metropolitana del Valle de Aburrá y Universidad de Antioquia. Estudio de zonas de recarga y acuíferos del Valle de Aburrá. 2002

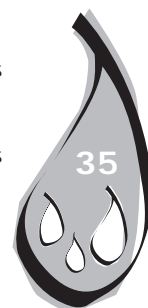
Área Metropolitana del Valle de Aburrá e Hidrogema. Inventario de acuíferos del Valle de Aburrá. 2000

Corantioquia, GIA y Universidad Pontificia Bolivariana. Demanda y usos del agua. Índices de consumo y planes de acción. 2002

Corantioquia y Universidad de Antioquia. Evaluación hidrogeológica entre Cauca y Cáceres. 2003

Corantioquia y Universidad de Antioquia. Evaluación hidrogeológica y vulnerabilidad de acuíferos al norte de Cauca. 2004

Corantioquia y Universidad de Antioquia. Evaluación hidrogeológica y vulnerabilidad de acuíferos en la cuenca del río Caserí. 2005



Corantioquia y Universidad Nacional de Colombia. Exploración del potencial acuífero del municipio de Yondó, Antioquia. 2000

Corantioquia y Universidad Nacional de Colombia. Evaluación del potencial acuífero de los municipios de Puerto Berrío y Puerto Nare. 2002

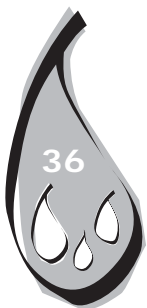
Corantioquia y Universidad Nacional de Colombia. Evaluación del potencial acuífero de los municipios de Santa Fé de Antioquia, Sopetran, San Jerónimo, Liborina y Olaya. 2004

Cornare y Universidad Nacional de Colombia. Evaluación hidrogeológica en los municipios de El Retiro, Rionegro, La Ceja, El Carmen de Viboral, Guarne y Marinilla. 1997

Cornare y Universidad Nacional de Colombia. Investigación de aguas subterráneas región Valles de San Nicolás. Fase II. 2000

Corpourabá e Ingeominas. Evaluación de aguas subterráneas en la región de Urabá, departamento de Antioquia. 1997

Departamento Administrativo del Medio Ambiente y Centro de Ciencia y Tecnología de Antioquia - CTA. Lineamientos de política departamental en Antioquia para el agua, 2005.



PLAN DE ORDENAMIENTO Y MANEJO DE LA CUENCA DEL RÍO ABURRÁ. CONSIDERACIONES Y AVANCES

Autor: Jorge Alberto Gil A.
Coordinador del Plan de Ordenamiento y Manejo de la cuenca del río Aburrá (POMCA).
Subdirección Ambiental del Área Metropolitana del Valle de Aburrá

Correo electrónico: jorge.gil@metropol.gov.co

Fecha: Viernes 10 de junio de 2005

Lugar: Auditorio Antonio Roldán Betancur, Indeportes Antioquia

RESUMEN

La cuenca Alta del Río Aburrá, conocida como Valle de Aburrá, se caracteriza por ser el área más densamente poblada y albergar la mayor parte de las actividades productivas del departamento de Antioquia. Por esta misma razón, es allí donde se concentra una elevada demanda de recursos naturales y de producción de sustancias de desecho que están agotando algunos recursos y contaminando otros de una manera que puede tornarse irreversible.

Para tratar de contrarrestar estas tendencias y para aportar elementos articuladores a los procesos de ordenamiento que se desarrollan en la actualidad, las autoridades ambientales con jurisdicción sobre la cuenca, han conformado una Comisión Conjunta que se encargue de promover y coordinar la formulación del «Plan de Ordenamiento y Manejo de la cuenca hidrográfica del río Aburrá (POMCA)», cuya primera aproximación se concentrará en seis temas considerados como prioritarios:

- 1. Evaluación del Riesgo: Especialmente el asociado al recurso hídrico.*
- 2. Entorno Urbano: Drenajes urbanos, manejo de residuos sólidos.*
- 3. Contaminación Atmosférica.*
- 4. Estructura Ecológica.*
- 5. Administración del Recurso Hídrico: Calidad.*
- 6. Oferta y Demanda Hídrica: Superficial y subterránea.*

Hasta el momento, y para cumplir las funciones encomendadas por la Ley 99 de 1993, Decretos 1729 y 1604 de 2002, las entidades han realizado la firma de los convenios interinstitucionales necesarios, han asignado los recursos pertinentes, han establecido la reglamentación que regirá el funcionamiento de la Comisión Conjunta y se encuentran en el proceso de definir los alcances que debe cumplir el POMCA en los diferentes temas.

Colombia presenta una escasez relativa de agua que se agudiza en las épocas secas. Según el IDEAM (1998), para 1996, en un año con condiciones hidroclimáticas normales, el 11% de los municipios del país (13% de la población nacional), presentaban un



Índice de escasez mayor del 20%. Este valor, según las Naciones Unidas, es el límite en el cual se hace necesario ordenar la oferta con la demanda para prevenir futuras crisis. La condición más crítica se presenta en los meses deficitarios de agua de los años secos, cuando el 14% de las cabeceras municipales, correspondientes a una población del 61%, alcanzan índices de escasez con categorías entre alto, medio alto y medio.

En el ejercicio de proyección realizado para el año 2016, en el cual se incrementan las demandas de los diferentes usos y se reducen las ofertas, suponiendo que no se intensifican ni incrementan las medidas de conservación de cuencas y tratamiento de aguas residuales, el 19% de los municipios y el 38% de la población alcanzarían en dicho año un índice de escasez superior al 20%. Tales condiciones serían más críticas al considerar las áreas que abastecen las cabeceras municipales para las cuales cerca del 70% de la población se encontraría en una situación delicada de abastecimiento de agua, es decir con índices de vulnerabilidad por disposición de agua entre alto y medio alto.

Los resultados de este estudio evidencian que el agotamiento del recurso hídrico es un problema ambiental considerable en nuestro país. Las autoridades ambientales son las encargadas de administrar el medio ambiente y los recursos naturales y velar por su conservación y uso sostenible, por lo tanto, parte de su función esencial es adoptar las medidas necesarias para garantizar la renovabilidad del recurso hídrico.

El ordenamiento jurídico ambiental consagra instrumentos regulatorios, económicos y de planificación para que las autoridades ambientales realicen la gestión sobre el recurso hídrico, entre las que encontramos: Planes de Ordenamiento y Manejo de las Cuencas, la declaración de zonas de páramo, humedales, nacimientos de agua, como áreas para la conservación, permisos y concesiones, así como las tasas por la utilización del agua y las retributivas por vertimientos puntuales.

La estrecha interrelación existente entre los diferentes instrumentos administrativos y de planificación disponibles, en particular las concesiones de agua y el Plan de Ordenamiento y Manejo de la cuenca, hace que su implementación implique un fortalecimiento de la gestión de la autoridad ambiental como administrador del recurso y constituye la base para el ordenamiento del mismo en aras de garantizar su conservación y renovabilidad.

ANTECEDENTES PARA LA CUENCA DEL RÍO ABURRÁ

La cuenca del río Aburrá hasta su desembocadura en el río Nechí (sitio Dos Bocas), tiene un área de 5227 km², y una longitud de 232 Km. Se caracteriza por altas pendientes, numerosos tributarios pequeños y un gran afluente: el Río Grande, que aporta el 30% del caudal de la cuenca drenando un área de 270 km².

El tramo alto de la cuenca, desde su nacimiento en el Alto de San Miguel, hasta Puente Gabino, sitio de confluencia con el río Grande, tiene una longitud de 100 Km. y una superficie de 1142 km², 320 de los cuales corresponden a zonas urbanas bajo jurisdicción del Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 654,5 km² de la fracción rural están asignados a Corantioquia y los restantes 167,5 km² son jurisdicción de Cornare.

La zona descrita incluye el llamado Valle de Aburrá, conformado por los municipios de:



- Caldas
- La Estrella
- Envigado
- Itagüí
- Sabaneta
- Medellín
- Bello
- Copacabana
- Girardota
- Barbosa

En las áreas urbanas de los municipios antes listados, se concentra no sólo una población de más de tres millones de habitantes (equivalente al 60% de la población de Antioquia) sino también el 95% de la industria y el 75% del producto interno bruto del Departamento. Según proyecciones del año 2000, para el 2020 la población sobrepasará los cuatro millones; por otra parte, para el año 2004 se estima en 28 mil el número de viviendas en zonas de alto riesgo no mitigable, lo que equivale a unas 140 mil personas que asentadas en condiciones inadecuadas sometidas a amenazas de diferente índole.

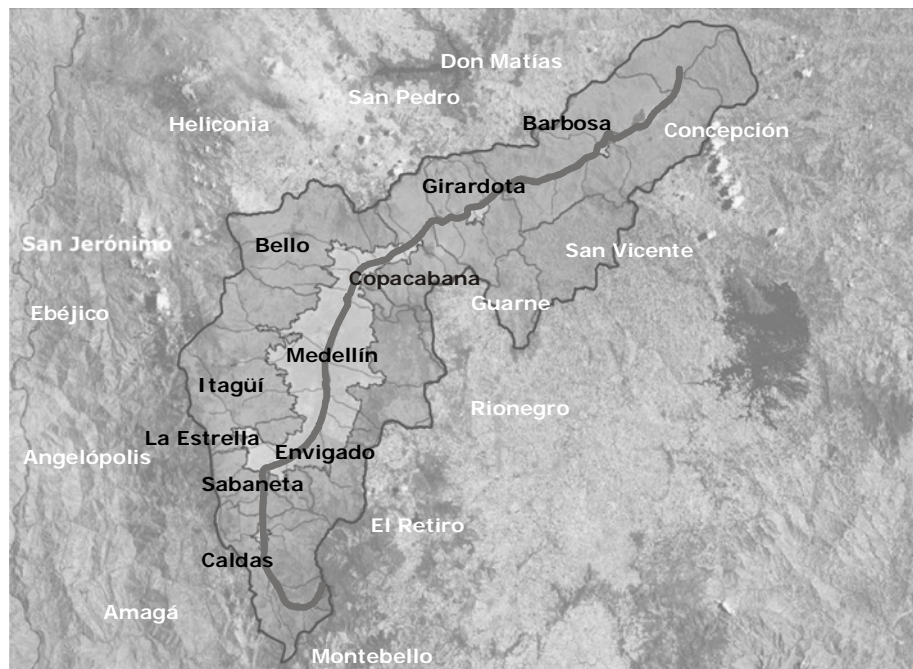


Figura 1. Localización de la Cuenca del Río Aburrá

Los esfuerzos por planificar el crecimiento ordenado de la región del Valle de Aburrá, se remontan al año 1935, cuando se emitió la primera regulación sobre construcción de nuevas edificaciones. Sin embargo, hacia mediados del siglo pasado, y atizado por los efectos de la violencia partidista, se pre-

sentó un proceso acelerado de urbanización que marcó el inicio de la conurbación lineal del Valle en torno al municipio de Medellín. Así, pueden reseñarse numerosos estudios y planes realizados por distintas instancias administrativas y académicas, como los relacionados a continuación:

Tabla 1. Estudios y planes para el área metropolitana.

Año	Documento
1950	Plan piloto para Medellín (Paul Wiener y José Luis Sert).
1973	Plan metropolitano y del Oriente cercano.
1982	Bases para el Plan de desarrollo de Antioquia.
1983	Estructura y vocación económica del Valle de Aburrá.
1985	Plan Integral de desarrollo «Para la consolidación de la Metrópoli».
1986	Plan Vial Metropolitano.
1988	Estatuto Metropolitano de Planeación, usos del suelo, urbanismo y construcción.
1988	Planes de Ordenamiento Territorial de las Zonas Norte y Sur.
1993	Estatuto Metropolitano del Medio Ambiente.
1997	Orientaciones Metropolitanas de Ordenamiento Territorial.
1998	Plan Estratégico para Medellín y el Área Metropolitana.
2002	Plan Integral de Desarrollo Metropolitano «Proyecto Metrópoli 2002-2020».

Fuente: *Plan Integral de Desarrollo Metropolitano, Proyecto Metrópoli 2002-2020.*

En la actualidad, el Valle de Aburrá demanda grandes cantidades de recursos, bienes y servicios ambientales, la mayoría de los cuales se deben obtener de regiones circundantes.

Para su funcionamiento, este sistema urbano requiere cada día:

- 6 mil toneladas de alimentos y bebidas sin empaques.
- 480 mil m³ de agua, que originan 408 mil m³ de aguas residuales y cerca de 2 mil 400 toneladas de residuos sólidos.
- 6 millones 900 mil KW de energía eléctrica.
- 210 toneladas de empaques (biodegradables y no biodegradables).

Anualmente requiere:

- 348 mil toneladas de carbón.
- 93 millones de pies cúbicos de gas natural.
- 7 millones de barriles de combustibles líquidos (gasolina, diesel, gas licuado, crudo de Castilla).

Estimativos del año 1999 señalan que el sec-

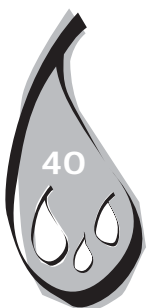
tor de transporte es el más contaminante del Valle: aporta diariamente 635 toneladas de contaminantes atmosféricos, frente al sector industrial con sólo 81,8 toneladas. Ese mismo año, se arrojaron a la atmósfera 19 mil 800 toneladas de material particulado, mil 600 toneladas de CO, 4 mil 276 Toneladas de SO₂ y 4 mil 100 toneladas de NO₂.

PROBLEMÁTICA AMBIENTAL DE LA CUENCA

El proceso de conurbación ha generado una fuerte problemática ambiental debido a:

- La demanda de mayor infraestructura de servicios públicos, equipamientos, vías y transporte.
- La ocupación de zonas de alto riesgo.
- La dispersión y mayores costos de la urbanización.
- La segregación socioeconómica de algunos sectores y la contaminación ambiental.

Adicionalmente, se presentan otros problemas, asociados al crecimiento espontáneo de las cabeceras urbanas, que retroalimentan los procesos de deterioro urbano y de los recursos.



Los altos índices de crecimiento demográfico y producción industrial, han generado fuertes presiones sobre el territorio, induciendo cambios en el uso de la tierra, reduciendo las áreas en estado natural y favoreciendo usos agropecuarios, industriales o residenciales, que a su vez inducen mayor demanda de bienes y servicios ambientales, especialmente, de agua para consumo y otras actividades.

El incremento de estos usos, particularmente cuando ocurren de manera no planificada, han provocado contaminación, y la disminución de la oferta hídrica, situación cada vez más crítica que exige una solución en corto tiempo, pues a pesar de que el Valle está atravesado por un río que alcanza un caudal de 16 m³/s a la altura de Bello, la población del Área Metropolitana depende en un 84% del agua producida en cuencas externas (Río Grande, La Fe y Piedras Blancas) consumiendo un volumen total que alcanza los 81.500.000 m³ /año.

Sin embargo, actualmente se desconocen las tendencias del consumo de recursos y producción de residuos, así como los efectos de estos contaminantes sobre la salud de sus habitantes, sobre la calidad del agua, el aire y el suelo y, lo más preocupante, es que se ignoran por completo las capacidades de asimilación de los ecosistemas de la cuenca y las implicaciones que tendrán las demandas futuras de bienes y servicios ambientales sobre los ecosistemas adyacentes a la cuenca (provisión de agua para consumo, alimentos, recreación, dilución de efluentes, dispersión de gases, entre otros).

NECESIDAD DE UN PLAN DE ORDENAMIENTO DE LA CUENCA

Por esta razón, y para propiciar la sostenibilidad de la región, se debe realizar una correcta reglamentación del uso del agua y lograr el desarrollo integrado de la cuenca mediante procesos de ordenación y manejo del territorio, a través de un Plan de Ordenamiento y Manejo.

El Plan de Ordenamiento y Manejo de la cuen-

ca del río Aburrá, (POMCA) estará orientado entonces hacia el planeamiento del uso y manejo sostenible de sus recursos naturales renovables, de manera que se consiga mantener o restablecer un adecuado equilibrio entre el aprovechamiento económico de tales recursos y la conservación de la estructura físico-biótica de la cuenca y particularmente de sus recursos hídricos. La ordenación así concebida, constituye el marco para planificar el uso sostenible de la cuenca y la ejecución de programas y proyectos específicos dirigidos a conservar, preservar, proteger o prevenir el deterioro, o restaurar la cuenca hidrográfica.

Se trata, ante todo, de construir las reglas del juego, y no solamente de formular instrumentos técnicos de planeación. Estas reglas del juego se deben referir a la aplicación de:

1. Los mecanismos de uso sostenible, tenencia y conservación del territorio y de los recursos naturales.
2. Las responsabilidades de los distintos actores públicos, comunitarios y privados.
3. Las prioridades en las acciones estatales, comunitarias y privadas.
4. Los principios para la asignación de recursos y distribución de cargas y beneficios en concordancia con las responsabilidades identificadas.

Sin embargo, la región objeto de ordenación, presenta la particularidad de que es una cuenca compartida donde tienen jurisdicción tres autoridades ambientales que tienen responsabilidades comunes e individuales en el marco de sus competencias en la gestión, conservación, y administración de los recursos naturales de la cuenca, así como del control, planificación y ordenamiento. Los 320 km² urbanos corresponden al Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 654,5 km² de la fracción rural corresponden a Corantioquia y los 167,5 km² restantes a Cornare.

Por esta razón, la Ley 99 de 1993, ordena que se constituya una Comisión Conjunta de la cuenca que estará encargada de coordinar y definir claramente cuales son las



acciones regionales y locales requeridas para lograr la ordenación de la cuenca, entendiendo que las mismas, son jerárquicamente superiores a otras y que tienen por ende, un carácter vinculante para las mismas entidades estatales y para la sociedad.

Se resalta el rol de las entidades territoriales que forman parte de la cuenca hidrográfica, quienes deberán incorporar en sus respectivos Planes de Ordenamiento Territorial, las determinantes ambientales y de ordenamiento del uso del suelo, y adicionalmente, ejecutar en el ámbito de sus competencias, los proyectos locales que les correspondan. Otros actores claves con funciones y obligaciones son: las empresas de servicios públicos domiciliarios, los sectores productivos que demandan bienes y servicios de la cuenca hidrográfica, así como las universidades públicas y privadas, entre otros.

AVANCES

Con base en los antecedentes citados, el 20 de octubre de 2004 se firmó un convenio entre el Área Metropolitana del Valle de Aburrá, Corantioquia y Cornare, para conformar una Comisión Conjunta, con el objetivo de acometer la formulación del Plan de Ordenamiento y Manejo de la cuenca del Río Aburrá (POMCA), y se realizó la Declaratoria en Ordenación del tramo citado, el 26 de diciembre de 2004.

A comienzos del año 2005, el Área Metropolitana del Valle de Aburrá convocó a todos los municipios del Valle de Aburrá a un taller que permitió identificar la problemática más sensible a escala territorial, con base en la cual se Formuló el proyecto, con los correspondientes estimativos de costos.

EL 21 de junio de 2005 se firmó el «Convenio de cooperación técnica, administrativa y financiera para la formulación, aprobación y adopción del Plan de Ordenamiento y Manejo de la cuenca del río Aburrá (POMCA), en el tramo comprendido entre el Alto de San Miguel y Puente Gabino, de manera

participativa y conforme con la legislación vigente, así como la promoción y ejecución de acciones de recuperación y conservación de la misma».

Este convenio, complementario del firmado el 20 de octubre de 2004 por la Comisión Conjunta, estableció claramente los compromisos de cada entidad para la formulación del POMCA en términos de aportes para 2005 y 2006, formas de desembolso, instancias de coordinación, mecanismo de administración de dichos recursos, estructura organizativa y el mecanismo de toma de decisiones de dicha Comisión, que hagan posible la ejecución de las actividades requeridas por el POMCA. Así mismo, se acordó el Reglamento de funcionamiento de la Comisión Conjunta, que estableció la estructura interna de la misma y las instancias de administración y coordinación para la toma de decisiones.

OBJETIVOS DEL POMCA

General

- «Formular y adoptar el plan de ordenamiento y manejo para el tramo de la cuenca del río Aburrá declarado en ordenación, con la participación de sus instituciones y comunidades; articulado local, regional y nacionalmente; con políticas y estrategias de desarrollo sostenible, que permita elevar la calidad de vida de la población y el uso sostenible de sus recursos naturales»⁵.

Específicos

- Adelantar los arreglos institucionales requeridos para la formulación conjunta y adopción del Plan de ordenamiento y manejo del tramo de la cuenca, entre las tres autoridades ambientales.
- Realizar la caracterización y el diagnóstico ambiental del tramo de la cuenca en ordenación en sus componentes biofísico, socioeconómico, cultural y de gobernabilidad.

⁵ Objetivo acordado conjuntamente con los diez municipios del Valle de Aburrá en el taller de enero de 2005, con asesoría del IDEAM.



- Definir las prioridades de acción y los escenarios futuros para la ordenación y manejo del tramo de la cuenca.
- Establecer los objetivos del Plan para la gestión de los problemas prioritarios que permita alcanzar el escenario (os) futuro (s) deseado (s).
- Definir las estrategias, programas y proyectos para el desarrollo de los objetivos anteriores.
- Diseñar los instrumentos institucionales, normativos, económicos/financieros y técnicos para la ejecución seguimiento y evaluación de la efectividad de las estrategias, programas y proyectos propuestos.
- Diseñar un mecanismo financiero para el manejo y articulación de recursos que permita la administración, manejo y aplicación eficiente de los recaudos, para el manejo integral de la cuenca.
- Diseñar y ejecutar un plan de medios que permita la divulgación y el reconocimiento del POMCA.

Para cumplir este mandato se tiene previsto realizar la caracterización y diagnóstico ambiental del tramo de la cuenca en ordenación, en sus componentes biofísico, socioeconómico, cultural y de gobernabilidad, particularmente en seis grandes temas que abarcan los aspectos más sensibles de la cuenca, a saber:

1. Evaluación del riesgo: Línea base de información hidrometeorológica, identificación y localización de zonas de alto riesgo (inundación y deslizamientos) y usos actuales, zonas vulnerables a incendios forestales y usos actuales, evaluación de la red de monitoreo.
2. Entorno urbano: Drenajes urbanos, manejo de residuos sólidos, evaluación del riesgo, impactos ambientales, uso del suelo.
3. Contaminación atmosférica: Inventario y localización de fuentes fijas, línea base de

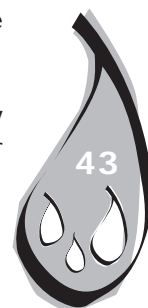
emisiones, línea base de contaminación por fuentes móviles, calidad del aire por zonas, evaluación de la red de monitoreo.

4. Estructura ecológica: Línea base biótica y usos actuales, impactos ambientales, identificación de áreas para conservación, identificación de áreas para restauración, conflictos de uso, zonificación ecológica.
5. Administración del recurso hídrico (calidad): Inventario de vertimientos, línea base de carga contaminante, evaluación de redes de monitoreo, calidad del recurso por tramos.
6. Oferta y demanda hídrica (superficial y subterránea-cantidad): Balance hídrico, índice de escasez, censo de usuarios, fuentes de abastecimiento, evaluación de redes de monitoreo.

FASES DEL POMCA

Para el desarrollo del Plan de Ordenamiento y Manejo de la Cuenca del río Aburrá, se establecieron las siete fases que se describen a continuación:

1. Aprestamiento: Acercamiento a los actores de la cuenca, recolección de los intereses y el saber previo.
2. Diagnóstico: Identificación de la situación ambiental, los conflictos, las potencialidades y las restricciones.
3. Prospectiva: Configuración de los escenarios de ordenación de la cuenca hidrográfica, sugerencia de los objetivos para el manejo y administración de la cuenca hidrográfica con criterios de sostenibilidad, propuesta de priorización y compatibilidad de uso de los recursos naturales de la cuenca especialmente del recurso hídrico.
4. Formulación, Ejecución, Seguimiento-Evaluación: El producto final de esta fase entregará una propuesta escrita para:
 - Formulación: Diseño de programas y proyectos que permitan implementar el Plan.



- Ejecución: Desarrollo de estrategias institucionales, administrativas, financieras y económicas, entre otras, para el desarrollo del Plan.
- Seguimiento y evaluación: Propuesta de mecanismos e instrumentos de seguimiento y evaluación del plan, e indicadores ambientales y de gestión.

Para completar esta cuarta fase, se tienen previstas actividades que durarán doce meses.

OBSERVATORIO DEL AGUA: FORTALECIMIENTO AMBIENTAL, ADMINISTRATIVO Y OPERATIVO DE LAS ORGANIZACIONES DEL AGUA COMUNITARIAS DE LOS MUNICIPIOS DE LOS VALLES DE SAN NICOLÁS, ORIENTE ANTIOQUEÑO

Autor: Ingeniero sanitario Rodolfo Sierra.
Especialista en Planeación urbano – regional.
Socio de la Corporación de Estudios, Educación e Investigación
Ambiental (CEAM).

Correo electrónico: rodolfosi@une.net.co

Fecha: Viernes 10 de junio de 2005

Lugar: Auditorio Himerio Pérez López, Empresas Públicas de Medellín

En memoria del maestro y amigo Luis Guillermo Duque Yepes.

RESUMEN

El Observatorio del Agua es un espacio en donde confluyen diversas organizaciones comprometidas con el manejo del recurso hídrico de un municipio o subregión. Este espacio de trabajo permite el intercambio de saberes, la capacitación y el fortalecimiento de conocimientos sobre el servicio de acueducto, el manejo de las aguas residuales, las aguas superficiales y del conocimiento de las normas legales y técnicas, entre otras. Su metodología se centra en el seguimiento y monitoreo de indicadores, los cuales una vez concertados, se miden de manera periódica, convirtiéndose en un incentivo para el mejoramiento de las condiciones del servicio que se preste. Esta experiencia se realizó en el año 2003 en los municipios de La Ceja, Rionegro y Marinilla, del Oriente antioqueño, por medio de la Corporación de estudios, educación e investigación ambiental (CEAM).

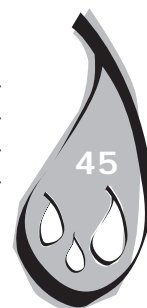
Se considera el Observatorio del Agua como un instrumento de seguimiento, control y monitoreo de las organizaciones del agua para la administración, operación, y manejo del recurso hídrico, lo cual les permite una buena prestación del servicio y un buen manejo de los ecosistemas. En este proceso estas organizaciones profundizan conocimientos y realizan transferencia entre los acueductos veredales, las instituciones de la administración municipal y la comunidad.

Los objetivos del Observatorio del Agua son:

1. Incidir en el ordenamiento de las microcuencas abastecedoras y de las áreas de servicio.

2. Capacitar para la tecnificación de los acueductos.
3. Profundizar en la sostenibilidad económica.
4. Planificacar para la racionalidad del recurso.
5. Impulsar altos niveles administrativos.
6. Fomentar la participación de la comunidad.
7. Reconocer la normatividad vigente.

El Observatorio del Agua permite hacer seguimiento y evaluación de la cantidad y calidad del agua captada, tratada y distribuida, del estado de la infraestructura del acue-



ducto, de la operación y administración del agua, del cumplimiento de las normas vigentes y del fortalecimiento de las organizaciones.

Participan en el Observatorio del Agua: los acueductos veredales, las instituciones municipales relacionadas con la protección, conservación y aprovechamiento de los recursos naturales, los representantes de organizaciones comunitarias y las corporaciones autónomas ambientales regionales.

METODOLOGÍA

La metodología del proceso de creación y funcionamiento del Observatorio del Agua se basa en:

- El intercambio de saberes entre los participantes.
- El conocimiento de la norma como referente para la construcción de los indicadores.
- El reconocimiento de los territorios donde están los usuarios.
- La revisión de la infraestructura de cada uno de los acueductos para permitir la comparación.
- La puesta en común de los problemas para obtener posibles soluciones a aplicar de manera autónoma.
- La elaboración de los diagnósticos para materializar la memoria histórica.

Esta metodología se aplica mediante cinco niveles:

- **Primer nivel**

En este primer paso, se elabora el diagnóstico integral del acueducto repasando la historia, la infraestructura, el estado de saneamiento de la micro cuenca y el área de servicio, el estado agroecológico de la micro cuenca y el área de servicio, la administra-

ción interna y la estratificación de los suscriptores, la influencia del ordenamiento territorial sobre el acueducto veredal, el futuro del acueducto, plan estratégico y el presupuesto.

Esta información se recoge en una cartilla de medio pliego que hemos nombrado «La Gota de Agua», acompañada de fotos, mapas y dibujos del acueducto. En este primer nivel, se realizan además, salidas de campo para reconocer cada uno de los acueductos participantes.

- **Segundo nivel**

En un segundo nivel se diseña el plan estratégico de los acueductos, bajo una perspectiva municipal. Este plan debe ser realizado por los acueductos participantes, funcionarios del municipio y de la corporación ambiental acompañante, y líderes de la comunidad que va a ser beneficiada.

Por medio de un gran taller de trabajo denominado «Conferencia Forjando El Futuro», se elabora entre los participantes un plan a por lo menos diez años, buscando integrar las proyecciones de cada uno de los acueductos, con las proyecciones de las organizaciones veredales, y con el plan de desarrollo municipal.

- **Tercer nivel**

Con base en el primer y Segundo nivel, se construye el tercero, en donde se conforma propiamente el Observatorio municipal del Agua, para realizar seguimiento y evaluación a cada acueducto participante, con base en los parámetros estudiados en los niveles anteriores.

- **Cuarto nivel**

En este momento, se profundizan en temas específicos que los asistentes van solicitando, a través de talleres sobre: estructura tarifaria, viabilidad empresarial, sistema de información geográfica, normatividad agua potable, entre otros.



- **Quinto nivel**

Este nivel se dedica al ordenamiento y manejo de cuencas, con base en el Decreto 1729 de 2002.

Ceaman junto a los integrantes de las juntas de los acueductos, quienes realizan monitoreo, seguimiento y evaluación a cada uno de los acueductos.

- **Cantidad**

Entregar la cantidad de agua necesaria para el consumo de la actividad con quien se pactó prestar el servicio de acuerdo, conforme a la disponibilidad y al uso racional.

PRINCIPIOS

Los principios que se presentan a continuación, han sido construidos y adaptados por

Cantidad	Parámetro
Aforo máximo de la fuente (l/s)	Mayor que la concesión
Aforo mínimo de la fuente (l/s)	Mayor que la concesión
Concesión (l/s)	120 l/hab-día 18 m ³ /Suscriptor/mes
Caudal captado (l/s)	Menor o igual a la concesión (l/s)
Consumo promedio (l/s)	14.5 m ³ /Suscriptor/mes
Pérdidas aceptadas	10% operación 15% distribución

- **Calidad**

El agua que se entregue a los usuarios no debe contener sustancias que afecten la salud de los consumidores. Debe ser agua potable, apta para el consumo humano

Cantidad	Parámetro
Análisis físico-químico	Según Decreto 475
Análisis Bacteriológico	Según Decreto 475
Análisis de Agroquímicos	Sin metales pesados según Decreto 475
Agua potable	Según Decreto 475

- **Continuidad**

El servicio se considera excelente cuando hay disponibilidad del servicio, las veinticuatro horas del día.

Continuidad	Parámetro
Horas de servicio	24 horas/día
Viviendas con servicio deficiente (falta de presión)	Ningún usuario
Corte de servicio	Ningún usuario



• **Racionalidad**

Tomar de la fuente solo el agua indispensable para la prestación del servicio. El uso es

racional cuando, la cantidad de agua que se toma de la fuente para operar el servicio es la que señala el medidor más un 15% que se pierde en la red de distribución.

Racionalidad	Parámetro
Agua producida	Igual o menor de 18 m ³ /Suscriptor/mes
Agua facturada	14.5 m ³ /Suscriptor/mes
Pérdidas	Menor o igual al 15%

• **Participación**

La participación se da cuando la mayoría de los usuarios de la organización muestran el interés y apropiación de la organización: Participan de las asambleas, Hay competen-

cia de participación en la junta y comisiones, la junta cumple con sus funciones, cuando se acude a los eventos programados, cuando se cumple oportunamente con los pagos, cuando no hay contrabandos ni mal uso del agua y de la infraestructura.

Participación	Parámetro
Contrabandos (m ³ /mes)	Ninguno
Cartera morosa	Hasta un 30% por mes.
Se cumple el acta de la junta	Sí
Porcentaje de asistencia a la junta	100%
Asistencia a la asamblea	Quórum
Eventos realizados al año	6 al año
Trabajo con otras organizaciones	Con las existentes
Fondo de promoción	Debe existir

• **Economía**

La contribución proporcional al servicio prestado y a la capacidad económica de los usuarios.

Equidad	Parámetro
El Cargo fijo no incluye m ³ libres	Adecuado
Cobro por consumo (básico, complementario y suntuario)	Adecuado
Cobro de cargo fijo para administración y reposición	Adecuado
Diferencia en el cobro. Con estratos o categorías	Adecuado
Con Fondo activo para reposición	Fondo igual a valor de reposición



• **Economía**

Manejo eficiente de los costos de prestación del servicio. Costo de producción igual al pago del servicio.

Economía	Parámetro
Valor del cargo fijo	
Valor del m ³	
Con Fondo de Reposición (m ³ /mes)	
Viabilidad económica y financiera	Costo admón. + costos operación + costos reposición = facturación
Valor del m ³ por estrato	Estr 1=2% 1smlv Estr 2=2% 2smlv Estr 3=2% 3smlv Estr 4=2% 8smlv Est r5=2%10smlv Estr 6=2%12smlv
Estado de la cartera morosa	No cartera morosa
Inversión infraestructura	Sin capacidad ociosa de las instalaciones

OBSERVATORIO SUBREGIONAL

El Observatorio Subregional del Agua es la instancia en donde confluyen los seguimientos que realizan los Observatorios Municipales para orientar los procesos municipales y construir el diagnóstico y la proyección subregional.

Sus funciones son:

- Orientar a los Observatorios municipales.
- Hacer seguimiento, evaluación y monitoreo de los Observatorios municipales.
- Profundizar en temas específicos.
- Analizar, discutir y proponer modificación de la normatividad vigente.
- Elaborar y gestionar proyectos municipales y subregionales.

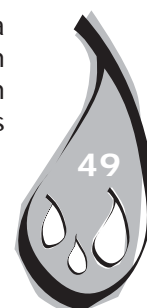
Participan en este Observatorio Subregional los representantes de los Observatorios Municipales del Agua, los representantes de los acueductos veredales, las instituciones municipales relacionadas con la protección, conservación y aprovechamiento de los recursos, las corporaciones autónomas regio-

nales, la asociación de municipios, el gobierno departamental (Departamento de Planeación, Oficina de Servicios Públicos, Superintendencia, DAMA) y el Ceam.

CEAM

La Corporación de Estudios, Educación e Investigación Ambiental (Ceam) es una organización sin ánimo de lucro, cuya misión es contribuir a generar y/o fortalecer comportamientos culturales, con énfasis en lo local y regional, promoviendo la participación de las comunidades, el desarrollo y su calidad de vida, mediante la autogestión, el aprovechamiento y manejo sostenible del ambiente.

Su aporte se centra en el desarrollo de instrumentos para el ordenamiento territorial y ambiental, en la participación y orientación a las comunidades en sus localidades, en el fortalecimiento de procesos productivos para el desarrollo sostenible, en la aplicación de la pedagogía del territorio, en las actuaciones territoriales que vinculen el mundo de la Provincia, en la capacitación y formación para el fortalecimiento de organizaciones con el desarrollo de instrumentos y mecanismos (planes, programas y proyectos).



Sus antecedentes son:

- Participación en el proyecto Pueblos de Ordenamiento Territorial del altiplano del Oriente antioqueño.
- Valoración de los acueductos veredales en la construcción del territorio.
- Capacitación a 82 acueductos de la subregión de los Valles de San Nicolás del Oriente antioqueño.

- Montaje de los observatorios municipales del agua de los municipios de Rionegro, Marinilla y La Ceja.

Su trabajo se centra especialmente en el Oriente antioqueño y su sede se encuentra en el municipio de Marinilla.

Dirección: Carrera 30 B N° 31 – 43, piso 3.

Correo electrónico: ceam@epm.net.co

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Decreto 1729 de 2002. Por el cual se reglamenta la Parte XIII, Título 2, Capítulo III del Decreto - ley 2811 de 1974 sobre cuencas hidrográficas.

Decreto 475 de 1998. Por el cual se expiden normas técnicas de calidad del agua potable.



LA GESTIÓN AMBIENTAL

Autor: Ingeniero civil Ernesto Guhl Nannetti.
Director Instituto para el Desarrollo Sostenible Quinaxi.

Correo electrónico: quinaxi@quinaxi.org

Fecha: Viernes 11 de noviembre de 2005

Lugar: Auditorio Antonio Roldán Betancur, Indeportes Antioquia

RESUMEN

La Gestión Ambiental ha sido definida como el manejo participativo de los elementos y problemas ambientales de una región determinada por parte de los diversos actores sociales, mediante el uso, y la aplicación de herramientas jurídicas, de planeación, tecnológicas, económicas, financieras y administrativas, para lograr el funcionamiento adecuado de los ecosistemas y el mejoramiento de la calidad de vida de la población dentro de un marco de sostenibilidad.

La idea central de esta definición consiste en el uso selectivo y combinado de las variadas herramientas con que cuentan los diversos actores para adelantar las labores que conducen al cumplimiento de las metas de mejoramiento de la calidad ambiental, que deben ser cada vez más altas en la medida en que transcurre el tiempo, buscando una calidad de vida cada vez mejor para la población. Así pues, se entiende la Gestión Ambiental como un proceso cíclico de mejoramiento continuo en el que se va mejorando gradualmente la calidad ambiental de una región dada.

En la siguiente figura se presenta el ciclo de la Gestión Ambiental con las distintas etapas que lo componen, Planeación, Ejecución y Seguimiento y Evaluación así como las componentes de cada una de ellas.

Como puede apreciarse el corazón de este ciclo son la comunicación, la participación y la cooperación, que responden al principio ya mencionado, de que la Gestión Ambiental de acuerdo con el marco constitucional y con la naturaleza de los problemas ambientales, es una responsabilidad colectiva en la que diversos actores poseen papeles diferentes pero complementarios.

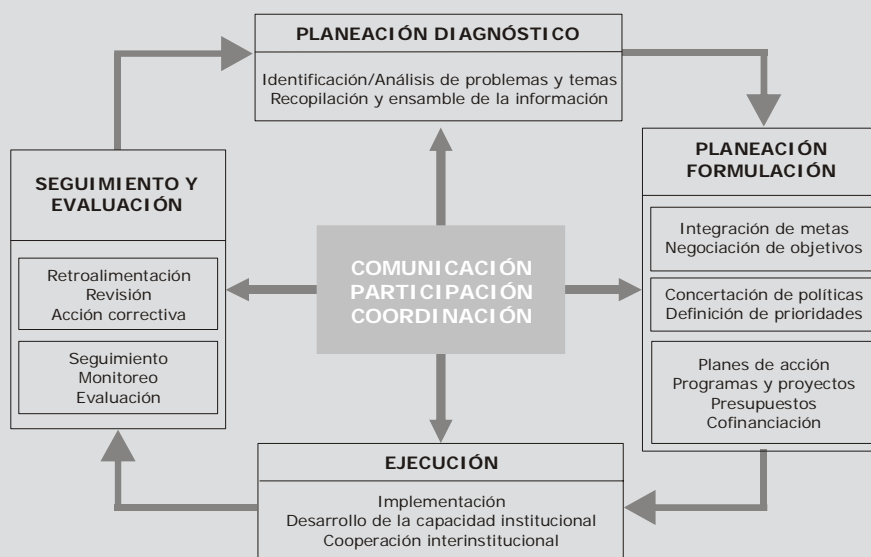


Figura 1. Ciclo de la Gestión Ambiental.

LAS HERRAMIENTAS

La siguiente tabla presenta un resumen genérico de las diversas herramientas con que cuentan los diferentes actores para llevar a cabo la Gestión Ambiental.

Tabla 1. Herramientas para la Gestión Ambiental.

Tipo de herramientas	Ejemplos
1. Jurídicas	Constitución Política de Colombia Ley 99 de 1993 Código de los Recursos Naturales Renovables (Decreto 2811 de 1974) Decreto 1753 de 1994 Ley 142 de 1994 Resoluciones del Ministerio del Medio Ambiente Ordenanzas Departamentales Acuerdos Municipales Acuerdos y resoluciones de las corporaciones autónomas regionales Convenios internacionales
2. Normativas	Estándares de calidad ambiental Estándares de emisiones Sistemas de gestión ambiental
3. De Planeación	Plan Nacional de Desarrollo Políticas nacionales ambientales Planes de Desarrollo departamentales y municipales Planes de gestión regional de las corporaciones autónomas regionales Planes de acción de la dirección de las corporaciones autónomas regionales Licencias ambientales Planes de Manejo
4. Tecnológicas	Diferentes técnicas y procesos para prevenir, mitigar o compensar los impactos ambientales negativos de las diversas actividades socioeconómicas como: Producción Más Limpia Sistemas de tratamiento de aguas servidas y emisiones de aire Manejo de residuos sólidos o peligrosos
5. Económicas	Tributos ambientales directos e indirectos Subsidios Tasas retributivas, compensatorias y de uso del agua Tasas por aprovechamiento forestal y pesquero Incentivos tributarios a la inversión ambiental
6. Financieras	Ingresos corrientes de los entes territoriales tributarios y no tributarios Transferencias del sector eléctrico Participación en regalías (Fondo de Regalías) Compensaciones por explotación de recursos naturales no renovables Contribuciones de valorización Recursos de capital Bonos Créditos de Findeter, institutos regionales, exrnos y de proveedores.

Tipo de herramientas	Ejemplos
	Transferencias Situado fiscal Participación en ingresos corrientes de la Nación Sistema Nacional de Cofinanciación: FIU, FONAM Otras fuentes: créditos internacionales del nivel central (BID, BIRF), Fonade, Fondos Territoriales Especiales, Cooperación Técnica y Financiera Internacional.
7. Administrativas	Permisos de utilización de los recursos naturales Licencias ambientales Sistemas de seguimiento y monitoreo

EL MODELO DE LA GESTIÓN AMBIENTAL REGIONAL Y LOCAL

En los numerales anteriores se han tratado los conceptos y definiciones relativos a la Gestión Ambiental y se han presentado de manera genérica las herramientas con que se cuenta para llevarla a cabo. En este apartado se presentará el modelo para realizarla teniendo en cuenta las normas e instituciones existentes en Colombia.

En este modelo se han incorporado los actores de la Gestión Ambiental en la región, liderados por la corporación autónoma regional correspondiente, y enmarcados en la Política Nacional Ambiental y el Plan de Gestión Ambiental Regional, adelantan su labor participativa, concertada y cooperativa. La Gestión Ambiental a nivel regional y local se puede dividir en dos grandes categorías: Territorial y Sectorial.

• Gestión Ambiental Territorial

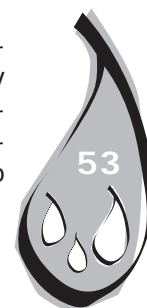
Corresponde a planes, programas y proyectos específicos de tipo preventivo, remedial o compensatorio que buscan resolver conflictos, corregir o evitar problemas e impactos ambientales que ocurren en lugares precisos y determinados.

La Gestión Ambiental Territorial se refiere a la identificación, concertación y ejecución de programas y proyectos específicos de corto, mediano y largo plazo en los diferentes municipios del departamento. Esta clase

de gestión ambiental debe ser realizada en forma concertada por las autoridades municipales y departamentales, la corporación autónoma regional correspondiente y los diversos actores sociales interesados. La existencia de espacios para el diálogo y la participación de los diferentes actores en cada municipio, se considera como una condición esencial para la realización de la gestión ambiental territorial.

Como ejemplos de estos espacios pueden mencionarse los consejos directivos de las corporaciones autónomas regionales, los consejos departamentales de planeación, los consejos ambientales municipales, las unidades de gestión ambiental municipal, las mesas de concertación, o bien otros mecanismos que permitan el trabajo conjunto de los diversos actores interesados, tanto públicos como privados, y de la sociedad civil. Será necesario que se preparen programas de trabajo con metas claras, para estos grupos, de manera que se vea su utilidad por parte de los integrantes y que se tomen decisiones y se llegue a compromisos entre los actores que involucren capacidades y recursos presupuestales de manera que las variables y proyectos ambientales se incorporen a los planes de desarrollo de los entes territoriales, a sus presupuestos anuales y a sus planes de ordenamiento territorial.

Dado que es posible que se planteen proyectos que involucren a varios municipios y actores, como puede ser por ejemplo el manejo de una cuenca compartida o la construcción y operación de un relleno sanitario



regional, es necesario que también existan espacios de concertación regionales y mecanismos de cooperación horizontal enmarcados por los planes regionales de la corporación autónoma regional correspondiente. Para esta labor, y en general para la identificación, formulación y ejecución de proyectos, los entes territoriales deben apoyarse en las capacidades técnicas y en la experiencia de las corporaciones.

- **Gestión Ambiental Sectorial**

La Gestión Ambiental Sectorial es la que corresponde a la definición de políticas ambientales y proyectos de mejoramiento de la calidad ambiental, tanto preventivos como remediales o compensatorios, de los diferentes sectores económicos y sociales. Se refiere, además, a la preparación y formalización de acuerdos y convenios entre los diferentes gremios y actores de los sectores de actividad económica y de servicios en el departamento, para la fijación de metas ambientales la formulación de políticas y la realización de proyectos que permitan efectuar una gestión ambiental clara y eficaz en la que participen todas las fuerzas sociales interesadas.

Al igual que en el caso anterior también deben existir espacios y mecanismos de participación y concertación como comités ambientales sectoriales y temáticos que cubran los diferentes campos de la actividad socioeconómica del municipio o región. Estos comités deben tratar problemas específicos de los diversos sectores y gremios como por ejemplo la agroindustria, la industria manufacturera, la explotación forestal, la minería, la pesca, entre otros, y podrán tener subcomités más específicos para tratar casos particulares como por ejemplo el de la industria química o la cementera en el caso de la manufactura. Estos comités sectoriales tendrán un carácter técnico y su misión será la de preparar convenios de producción limpia, proponer soluciones técnicas a problemas ambientales específicos y elaborar propuestas de políticas ambientales sectoriales a partir de su propio trabajo, dentro de procesos concertados.

Como se mencionó anteriormente, los dos componentes de la gestión ambiental, deben estar coordinados entre sí, ya que el uno tiene efectos sobre el otro y viceversa. Este papel de coordinación debe realizarlo la corporación autónoma regional en su condición de máxima autoridad ambiental regional. También deberá velar conjuntamente con el departamento por aplicar el principio de armonía regional, que busca mantener la coherencia y la armonía entre los programas y proyectos de los diferentes municipios y sectores, con sujeción a normas de carácter superior.

EL MODELO Y SUS CARACTERÍSTICAS

La corporación autónoma regional como máxima autoridad ambiental regional, debe liderar y coordinar la gestión y ofrecer sus capacidades técnicas y de servicios para que ésta sea lo más técnica y eficaz posible. En el nivel subregional, las oficinas de la corporación autónoma regional deben jugar un papel dinamizador y articulador y servir de enlace entre las demandas y necesidades de la región con las capacidades técnicas y los servicios que ofrece la corporación en su sede principal, para llevar a cabo la gestión ambiental territorial.

Los diversos actores deben encontrarse en espacios de diálogo y concertación como los ya mencionados en vía de ejemplo, para lo cual el liderazgo y el seguimiento de la corporación, a través de sus regionales, se considera esencial. La secretaría técnica de estos espacios participativos y la preparación de las agendas que en ellos se analizarán es una buena manera de que la corporación autónoma regional realice estas labores.

En el momento presente es de gran importancia que los trabajos de estos grupos se centren en apoyar los procesos de preparación de los planes de ordenamiento territorial y de desarrollo de los municipios, y claro en la identificación y preparación de proyectos ambientales ubicados en la región.



Con respecto a la gestión ambiental sectorial, de la misma manera que en el caso anterior, el liderazgo de la corporación autónoma regional es fundamental en la conformación de los espacios de diálogo y concertación que para esta clase de gestión ambiental. Estos pueden ser comités técnicos sectoriales con participación de los actores específicamente interesados en cada tema, que buscarían acuerdos para abordar problemáticas ambientales específicas de la producción y de los servicios que pueden plasmarse en convenios de producción limpia y otros acuerdos similares. Estos comités pueden también participar en la producción de documentos regionales de política sectorial que deben ser aprobados por la corporación autónoma regional y cumplir con el principio del rigor subsidiario.

Las principales características de la gestión ambiental de acuerdo con el modelo adoptado, son las siguientes:

- **La gestión ambiental es un plan-proceso**

Muchas veces las entidades encargadas de la gestión ambiental la confunden con el documento que contiene su planeación y diseño, y consideran que su preparación y aprobación por parte de la instancia superior pertinente, es suficiente para «cumplir» con su misión. Nada más equivocado. Si bien es cierto que la etapa de planeación es fundamental, el ciclo de la gestión ambiental está compuesto por una serie de etapas que van mucho más allá. La gestión ambiental supone tanto la planificación como la ejecución y el seguimiento de los programas y planes acordados en forma participativa y concertada entre los diversos actores sociales interesados en la remediación o la prevención de los diferentes problemas identificados por ellos con una prioridad determinada.

Además, la misma idea del ciclo, y de la participación como su eje, suponen que es posible iniciar la gestión en cualquier punto, dotándola de una gran flexibilidad para ajustar o cambiar las actividades del proceso en la medida en que se considere conveniente.

- **La gestión ambiental es un proceso político apoyado por los técnicos**

Las metas de calidad ambiental son una expresión de los deseos y posibilidades de la población para lograr una mejora en su calidad de vida. No es suficiente actuar de acuerdo con las propuestas técnicas únicamente. Las expectativas y aspiraciones de los habitantes de la región son esenciales, y seguramente las metas que se adopten, serán el resultado de procesos participativos y de negociación. Los técnicos deben apoyar la búsqueda de acuerdos sobre las metas deseadas y proponer y determinar las soluciones, por medio de programas y proyectos factibles desde el punto de vista técnico, ambiental y económico. Los técnicos juegan en este proceso un papel fundamental instrumental y de soporte, pero el papel protagónico se juega en los espacios participativos y políticos, en donde la habilidad para generar metas comunes, factibles, crear consensos y liderar procesos es esencial.

- **Los elementos esenciales del proceso de la gestión ambiental son la participación y la comunicación**

Lo anterior se basa en el principio de que la conservación y la utilización cuidadosa del medio ambiente son una responsabilidad de todos y cada uno de los habitantes del municipio o región, y asimismo, que los actores gubernamentales, en particular las corporaciones autónomas regionales y los entes territoriales, deben liderar y promover la búsqueda de la sostenibilidad, como lo ordena la Constitución Nacional.

- **La planeación y la ejecución de la gestión ambiental son procesos de planeación-acción**

No basta con preparar los planes y proyectos como resultado de procesos participativos y democráticos en los que los diferentes actores sociales tengan la posibilidad de expresar y explicar sus puntos de vista. Es necesario pasar a la acción y materializar lo que se acuerde y se planea, y todos los actores tienen la obligación de



contribuir al logro de las metas adoptadas y validadas de manera participativa. Muchos de estos acuerdos y metas serán el resultado de procesos de negociación entre los diversos actores sociales.

- **La información es esencial**

La disponibilidad y la difusión de la información para apoyar la toma de decisiones y la adopción de planes y proyectos se considera fundamental para que la participación de los diversos actores sea razonable y positiva. Con relación a este tema es fundamental contar con sistemas de información ambiental que sean compatibles entre sí y que provean los elementos para tomar decisiones acertadas en cuanto a los proyectos y procesos de mejora de la calidad ambiental.

- **La gestión ambiental es un proceso dinámico y flexible**

Para poderse adaptar a una realidad cambiante, la gestión ambiental debe ser capaz de adaptarse y ajustarse de acuerdo con los resultados que se vayan obteniendo en la medida en que se desarrolla. Por lo tanto requiere de una evaluación permanente mediante el establecimiento de indicadores y procesos de consulta que midan su avance. Como es también un ciclo compuesto por distintas etapas, se deberá poder acceder a todas ellas a lo largo del tiempo (anualmente) para evitar planes inflexibles y rígidos.

- **La gestión ambiental debe ser sistémica**

Como condición para el éxito, debe destacarse el carácter sistémico de la gestión ambiental, lo que implica que diversas entidades y grupos con diferentes competencias, responsabilidades y funciones deben interactuar para obtener los resultados buscados. Esto se logra llegando a acuerdos, a cofinanciación de proyectos con recursos nacionales o regionales y con los del sector privado, a crear espacios de coordinación y en general buscar mecanismos de coopera-

ción interinstitucional que permitan articular las diversas entidades y grupos. Ejemplos de estos espacios son los comités ambientales municipales para el caso de la gestión ambiental territorial y los comités ambientales sectoriales para la gestión ambiental sectorial.

- **La gestión ambiental debe basarse en las condiciones locales**

Por último es muy importante tener en cuenta que dada la enorme diversidad cultural y biofísica de Colombia es claro que las soluciones previstas para un determinado problema ambiental en una región o un lugar específico pueden no ser adecuadas para otros. Es aquí donde el conocimiento y la comprensión de las condiciones propias de cada caso se hace fundamental. La información científica y técnica debe actuar conjuntamente con las experiencias y conocimientos de la población para que las soluciones tengan éxito. El apoyo técnico de las corporaciones autónomas regionales a los entes territoriales, así como el apoyo científico que ofrezcan los resultados de los trabajos de los Institutos de investigación del SINA, es muy valioso para estos propósitos.

¿DÓNDE SE UBICA LA GESTIÓN AMBIENTAL?

Como se ha mencionado, la gestión ambiental abarca prácticamente todos los espacios y actividades de la gestión pública. Los planes, programas y proyectos de carácter sectorial y territorial, deben tener siempre un componente ambiental.

Dada la gran cantidad de planes específicos y sectoriales que ordena hacer la Ley a los entes territoriales como instancias de planificación, con frecuencia se encuentran dudas y confusiones sobre cómo integrarlos y articularlos, e incluso se presentan contradicciones entre lo que plantean unos y otros. Como puede apreciarse, la tarea de hacer coherentes todos estos planes y programas, es compleja, y dada la naturaleza de lo ambiental, todos ellos deben tener componentes en este campo.



La idea es que las dimensiones y variables ambientales y los programas y proyectos para resolver conflictos, y corregir o evitar problemas ambientales, impregnen los procesos de planificación territorial y sectorial de los municipios y regiones y que no se consideren como algo adicional a los instrumentos de planificación, en particular de los Planes de Desarrollo Municipal o Departamental ni de los Planes de Ordenamiento Territorial. Por lo tanto, los programas y proyectos ambientales deben estar incluidos en los presupuestos anuales de las entidades territoriales, en la proporción que corresponda, y deben formar parte integral de los planes de desarrollo.

LOS RESULTADOS

La aplicación adecuada del modelo propuesto debe ir consolidándose y adaptándose a la realidad regional, para hacerlo más realista y eficiente.

En la medida en que el modelo se vaya perfeccionando y sea apropiado por parte de los actores sociales, generando una cultura ambiental, su objetivo general de servir para implantar formas de aprovechamiento y modelos sostenibles en la región, se irá afirmando.

Sin embargo, existen algunos resultados específicos que corresponden a las diversas

etapas del ciclo de la Gestión Ambiental que permiten precisar las metas generales.

En la etapa de Planeación, se trata de lograr que en los Planes de Desarrollo y de Ordenamiento Territorial de los entes territoriales se involucren las metas y variables ambientales en busca de la sostenibilidad. Asimismo en el nivel sectorial se debe buscar que los sectores productivos y de servicios hagan una planificación que adopte procesos y prácticas de Producción Más Limpia y utilicen tecnologías limpias.

En la etapa de gestión, se debe buscar que los proyectos y actividades, se construyan y operen haciendo uso de prácticas y procedimientos amigables en el medio ambiente y ecoeficientes, para lo cual se debe avanzar en la implantación de tecnologías y procesos limpios y de sistemas de gestión ambiental.

Para tener éxito en esta etapa, será necesario el uso de variadas herramientas para mejorar la Gestión Ambiental.

Por último, en la etapa de Monitoreo y Evaluación, se deberán diseñar y poner en marcha procedimientos de control y seguimiento e indicadores que permitan seguir la evolución de los estándares ambientales y su adecuación a las condiciones locales y generar resultados que permitan retroalimentar el ciclo de la Gestión Ambiental en las etapas de planeación y de ejecución.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

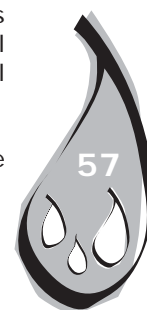
Constitución Política de Colombia de 1991.

Ley 99 de 1993. Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del Medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA y se dictan otras disposiciones.

Decreto 1811 de 1974. Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al medio ambiente.

Decreto 1743 de 1994. Por el cual se instituye el proyecto de Educación Ambiental para todos los niveles de educación formal, se fijan criterios para la promoción de la educación ambiental formal e informal y se establecen los mecanismos de coordinación entre el Ministerio de Educación y el del Medio Ambiente.

Ley 142 de 1994. Por la cual se establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios y se dictan otras disposiciones.



RÍO MAGDALENA: FACTORES NATURALES Y DE ORIGEN HUMANO EN EL CONTROL DE LA EROSIÓN

Autor: Doctor en Oceanografía Juan Darío Restrepo Ángel.
Profesor asociado Departamento de Geología, Universidad EAFIT.

Correo electrónico: jdrestre@eafit.edu.co

Fecha: Viernes 11 de noviembre de 2005

Lugar: Auditorio Antonio Roldán Betancur, Indeportes Antioquia

RESUMEN

Esta investigación, la cual fue financiada por COLCIENCIAS, concluye que cerca del 58% de la erosión (producción de sedimentos) desde la cuenca del Magdalena es debida a factores de origen natural. Por lo tanto, el 42% de la producción restante de sedimentos podría ser debida a factores de origen humano. En general, los resultados del estudio no son alentadores. Cerca del 68% de toda la cuenca del Magdalena está experimentando altas tasas de erosión desde la década de 1990. El incremento en el transporte de sedimentos en los últimos diez años, y por lo tanto, el ascenso en los valores netos de erosión, han sido altos y continuos en ríos como el Páez y el Yaguará en el alto Magdalena; Carare, Opón y Sogamoso en el Magdalena medio, y de carácter intenso en el río Cauca. Otros análisis a escala regional muestran cifras alarmantes. Cerca del 42% de los bosques en la cuenca del Magdalena han sido talados durante las últimas tres décadas a una tasa de 1.9% anual, una de las más altas de Latinoamérica y del mundo. Otros resultados señalan que el aporte de sedimentos del río Magdalena constituye el 86% del total transportado por los ríos colombianos al mar Caribe. En cuanto al efecto sobre los ecosistemas costeros, el análisis sobre el desarrollo y estructura de la comunidad de corales en cinco sitios de Islas del Rosario (i.e. Pavito, Grande, Barú, Rosario y Tesoro) muestra que la descarga de sedimentos está afectando en forma significativa el estado ambiental de estos ecosistemas. La cobertura de coral vivo pasó de 95% en 1983, a 41% en 2004. Los resultados permiten observar como el incremento en las descargas de sedimentos durante los últimos 20 años está bien relacionado con el deterioro de los ecosistemas arrecifales en el mismo lapso de tiempo. En conclusión y ante el aumento de la actividad humana en la cuenca del Magdalena, la destrucción de ecosistemas coralinos se incrementará.

La erosión en las cuencas hidrográficas ha sido relacionada con parámetros geológicos, topográficos, hidrológicos y climáticos, y recientemente con actividades humanas que alteran los suelos y el paisaje, como deforestación, agricultura, ganadería, minería y urbanización. Una manera de estimar la magnitud de la erosión en un sistema fluvial, es calcular el transporte neto de sedimentos o tasa de denudación (producción de sedimentos). Este valor, expresado en toneladas de sedimentos anual y por unidad de área de drenaje ($t/km^2/año$), se define como la cantidad de material que transporta el sistema fluvial a partir de un área dada y en un período de tiempo específico, y es un indicador de

la evolución del paisaje, de la variabilidad y el cambio climático, de las variaciones en el uso del suelo y de la magnitud de la erosión continental. La producción de sedimentos o tasa de erosión ha sido reconocida a nivel mundial como un elemento de estudio necesario en todo análisis ambiental de áreas hidrográficas y en la formulación de modelos dinámicos, geológicos y ambientales de áreas continentales y litorales de influencia.

Estimaciones globales sobre la distribución espacial de los aportes de sedimentos, permiten afirmar que las tasas de erosión en la cuenca del río Magdalena, con valores máximos entre 1.200 y 2.200 $t/km^2/año$, pueden



catalogarse como muy altas en un contexto mundial ($>1000 \text{ t/km}^2/\text{año}$). Esta particularidad de altas tasas de denudación, puede ser explicada por las características tectónicas, climáticas, litológicas y de actividades de origen humano que transforman los suelos y los ecosistemas. Por ejemplo, los ríos Carare, Opón, Negro y Lebrija, drenan suelos derivados de rocas sedimentarias, con pendientes moderadas a fuertes y moderados niveles de precipitación (entre 2.600 y 3.200 mm/año). Estas condiciones propician altas tasas de transporte de sedimentos ya que los suelos se erosionan con relativa facilidad, con una alta proporción de este material siendo transportado hasta la red drenaje por escorrentía superficial.

Diferentes estudios han mostrado que la conversión de bosques en áreas agrícolas y ganaderas, generan incrementos en las tasas de denudación que pueden alcanzar hasta un orden de magnitud dependiendo de las características litológicas y climáticas de las áreas intervenidas. También se ha documentado como la alteración de la morfología del terreno, la modificación de los patrones de escorrentía superficial y la mayor susceptibilidad ante la erosión en zonas intervenidas por minería, producen incrementos hasta de 2 y 3 veces en los valores de transporte de sedimentos y erosión.

En el río Magdalena, los análisis de cambios en el uso y la cobertura del suelo por medio del procesamiento de imágenes de satélite, indican que el área de bosques en la cuenca disminuyó de $42,6\%$ en 1970 a $5,4\%$ en 1990, lo que indica que $\sim 42\%$ de la cobertura boscosa fue transformada o talada durante este periodo a una tasa anual de deforestación del $1,9\%$ ($\sim 4.67 \times 10^5$ hectáreas/año). En este mismo periodo, la expansión de cultivos misceláneos se incrementó en un 8% , mientras que la superficie de agro-ecosistemas subió en un $7,7\%$, presentando un incremento combinado de $\sim 16\%$. Esto implica que una alta proporción de las zonas deforestadas se ha destinado para la agricultura y la ganadería.

En cuanto a las tendencias en los últimos 30 años del transporte de sedimentos y por

lo tanto de la erosión en la cuenca del Magdalena, los análisis muestran que el 68% de esta cuenca está experimentando tendencias ascendentes en el aporte de sedimentos, mientras que el 31% de la región, muestra tendencias decrecientes. En conclusión, los resultados tanto del análisis de usos del suelo, como de las tendencias temporales en el transporte de sedimentos, permiten establecer que la magnitud de los procesos erosivos en el sistema fluvial Magdalena se han incrementado dramáticamente en los últimos 10 a 20 años.

Finalmente y observando algunos afluentes del Magdalena en los últimos 20 años, los agro-ecosistemas y cultivos misceláneos han tenido un incremento combinado del 14% y el 24% en las cuencas de los ríos Cauca y Sogamoso respectivamente. La expansión de la frontera agrícola y ganadera ha significado el descenso de bosques en un 18% en el Cauca, y en un 25% en el Sogamoso, lo cual coincide con un aumento del transporte de sedimentos en ambas cuencas. En el río Cauca, principal afluente del río Magdalena, el incremento en el transporte de sedimentos desde los años setenta ha sido alarmante. Para dicha década, el promedio de transporte de sedimentos fue del orden de 44 millones de toneladas por año, mientras que el promedio en la década de los noventa indica que el Cauca transporta cerca de 56 millones de toneladas anualmente. Estos datos muestran un incremento en aproximadamente 11 millones de toneladas por año de material transportado, equivalente a un ascenso del 30% con respecto al promedio de 25 años. En el río Sogamoso el transporte de sedimentos aumentó 2,5 veces en un periodo de casi 10 años, al pasar de $13,4 \times 10^3 \text{ t/día}$ en 1989, a $47,1 \times 10^3 \text{ t/día}$ en 1998.

Lo anterior indica que la cuenca andina más importante del continente americano, la del río Magdalena, está experimentando un deterioro ambiental con índices que se expresan en los altos valores de erosión y transporte de sedimentos.

Este breve documento resumen es producto de la investigación realizada por científi-

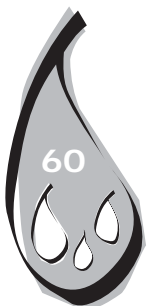


cos del Departamento de Geología de la Universidad EAFIT, con el auspicio de Colciencias. Los resultados de la misma han sido publicados recientemente en el libro ti-

tulado «Los Sedimentos del Río Magdalena: Reflejo de la Crisis Ambiental» (Restrepo, 2005).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Restrepo, J.D. (Editor), 2005. Los Sedimentos del Río Magdalena: Reflejo del Crisis Ambiental. Fondo Editorial Universidad EAFIT, Medellín, Colombia.



ISO/TC 224: "ACTIVIDADES DE SERVICIO RELACIONADAS AL ABASTECIMIENTO DE AGUA Y DESAGÜES CLOACALES – CRITERIO DE CALIDAD DEL SERVICIO E INDICADORES DE DESEMPEÑO"

Autor: Ingeniero sanitario Javier Mijangos.
Especialista en Ingeniería sanitaria y ciencias del ambiente.
Director de Gestión de la contaminación en la Secretaría de Ambiente y Desarrollo sustentable de Buenos Aires (Argentina).
Director internacional de la Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria (AIRIS).
Experto de *International Organization for Stanadrization ISO*.

Correo electrónico: jmijangos@medioambiente.gov.co

Fecha: Jueves 10 de noviembre de 2005

Lugar: Auditorio Antonio Roldán Betancur, Indeportes Antioquia

RESUMEN

El agua constituye un desafío mundial, por ello en los diferentes encuentros como la cumbre de Johannesburgo y el foro mundial del agua en Kyoto se han definido las metas del milenio. Una de las principales metas es lograr el acceso al agua potable y al saneamiento básico al 50% de la población mundial; para esto deben existir lineamientos claros que permitan el logro de la meta y es por ello que Francia a través de AFNOR (Agencia Francesa de Normalización) propuso la definición de una norma ISO (24500), la cual tiene como objetivo servir de base para mejorar la gobernabilidad, calidad y eficiencia del servicio de agua en el mundo.

MEJORANDO LA GOBERNABILIDAD EN LOS SERVICIOS DE AGUA: UN RETO MUNDIAL

El agua constituye el desafío mundial del siglo 21, tanto en términos de Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH), como en el acceso al abastecimiento y al saneamiento de la población mundial. Las Naciones Unidas declararon en el año 2002, que el acceso al agua constituye un derecho humano.

Entre las conclusiones de la Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible que se desarrolló en Johannesburgo, se destaca el acuerdo para la Implementación del Plan de Johannesburgo el cual especifica para el agua:

«25. Lanzar un programa de acciones, con asistencia técnica y financiera, a efectos

de lograr las Metas del Milenio en lo que respecta a agua potable. En este aspecto acordamos reducir a la mitad para el año 2015 el porcentaje de población sin acceso a agua potable ni a saneamiento».

«26. Desarrollar una gestión integrada de los recursos hídricos y planes de eficiencia de agua para el 2005 con apoyo a los países en desarrollo».

Durante el Tercer Foro Mundial del Agua, realizado en Kyoto en marzo de 2003, la comunidad internacional se ha comprometido a mejorar la gobernabilidad de los servicios de agua potable y saneamiento cloacal, por lo que a sus efectos se ha tomado como prioridad cimentar la capacidad de los gobiernos locales.

En diciembre de 2004, un informe del Secretario General de la Naciones Unidas para la



13ª Sesión de la Comisión de Desarrollo Sustentable (CSD13), estableció que «se requiere un esfuerzo desde el nivel internacional a nivel local para alcanzar la implementación del Plan de Johannesburgo».

El informe del año 2004 del Programa de Monitoreo para Agua y Saneamiento, concluye que en los últimos 12 años, hasta el año 2002, 1100 millones de habitantes accedieron a una fuente de agua apta para consumo humano, con un incremento de la cobertura global del 77% al 83%. Aunque el sur de Asia muestra un aumento en la cobertura del 71% al 84%, todavía quedan en ese continente dos tercios de la población mundial (675 millones) sin un acceso a agua potable. La región sub-sahariana de África, muestra un aumento de la cobertura del 49% al 58%, quedando aún 288 millones de personas sin acceso.

El Programa de Monitoreo para agua y saneamiento cloacal, informa que debido a un rápido crecimiento en la población urbana en el este y sudeste asiático, hay un incremento de habitantes sin acceso a agua y saneamiento en esa región. A nivel global, es la población rural la que tiene el mayor número de habitantes sin acceso a agua potable.

De acuerdo con los informes que se refieren a los principales inconvenientes para alcanzar las Metas del Milenio, se concluye que la mejora en la gobernabilidad de los servicios de agua está entre las primeras prioridades a resolver, para lo cual numerosas propuestas fueron presentadas por organismos internacionales (IWA, OMS, Naciones Unidas). Francia, a través de AFNOR (Agencia Francesa de Normalización), propuso en el año 2001 establecer en ISO (Internacional Standardization for Organization), un comité técnico con el objeto de desarrollar una Norma Internacional que provea guías para la gestión de las actividades de los servicios de abastecimiento de agua y saneamiento cloacal. Inmediatamente 40 países se unieron a esa propuesta.

Estas normas ISO, que se conocerán como las Normas ISO 24500 y que son desarrolladas a través del Comité Técnico N° 224

(TC224), son diseñadas para ayudar a las autoridades políticas, responsables legales y operadores a lograr una calidad de servicio que satisfaga las expectativas de los usuarios respetando los principios del desarrollo sustentable.

Mejorando la gobernabilidad, calidad y eficiencia de los servicios de agua, las Normas ISO 24500 ayudarán a:

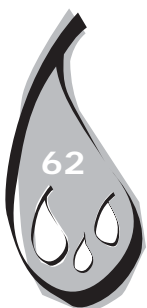
- Facilitar el diálogo entre los diferentes actores del sector, entre otros usuarios, autoridades locales, regionales o nacionales, operadores públicos o privados, organizaciones no gubernamentales.
- Clarificar las funciones y tareas de cada actor.
- Proveer métodos y herramientas para definir los objetivos, especificaciones y la evaluación de conformidad.
- Monitorear la gestión de las empresas de servicios de agua y permitir la realización de *benchmarking*.

ESQUEMA DE TRABAJO

El Plan de Trabajo del ISO/TC224, que culminará con las nuevas normas de la serie ISO 24000, contempla la estandarización y la medición de las actividades relacionadas con los sistemas de abastecimiento de agua y de desagües cloacales. La estandarización incluye:

- La definición de un lenguaje común para todos los usuarios del servicio.
- La definición de las características de los elementos del servicio.
- Un listado de requerimientos a cumplir para la gestión del servicio.
- Criterios de calidad de servicio y sistemas de indicadores de desempeño relacionados con estos.

Para cumplir con el plan de trabajo, el TC224 se ha estructurado en cuatro Grupos de Tra-



bajo –Working Groups – de acuerdo con el siguiente detalle:

1. WG1, Terminología: Su función es definir los términos empleados en los servicios de agua y cloaca, contemplando los usos y aplicaciones regionales.
2. WG2, Servicios al Usuario: Su función es especificar las características del servicio para efectos de satisfacer las necesidades del usuario. Culminará con la Normas ISO 24010.
3. WG3, Abastecimiento de Agua: Su función es la definición y medición de las actividades del servicio de abastecimiento de agua. Culminará con las Normas ISO 24012.
4. WG4, Desagües Cloacales: Su función es la definición y medición de las actividades del servicio de saneamiento cloacal. Culminará con la normas ISO 24011.

Las normas ISO 24500 excluyen lo relacionado con: calidad de agua, cuyos estándares son regulados por la OPS/OMS; Análisis de Agua, que ya es atendido por el ISO/TC147; Límites de descarga de efluentes cloacales, que son regulados por las normas de cada país; Diseño y Construcción de Sistemas y Técnicas de Reparación, que están dentro de la competencia del operador del servicio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Tercer Foro Mundial del Agua. Celebrada en Kyoto en marzo de 2003.

Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible. Celebrado en Johannesburgo, Sudáfrica desde el 26 de agosto hasta el 4 de septiembre de 2002.

LA NORMA 24500 EN SU ESTRUCTURA

Las normas, que se prevé estarán publicadas en 2007, se estructurarán con:

1. Definición de los componentes del servicio.
2. Objetivos del servicio.
3. Definición de las acciones a seguir para el logro de los objetivos.
4. Definición de criterios de evaluación.
5. Definición de Indicadores de desempeño.

Para mayor información contactar a la Secretaria del TC224 Laurence Thomas, escribiendo al correo electrónico laurence.thomas@afnor.org

a Javier Mijangos, miembro por Latinoamérica del TC224, correo electrónico jmijangos@medioambiente.gov.ar

o visite la página web oficial <http://comelec.afnor.fr/iso/tc224e>



ESTUDIO EXPERIMENTAL: TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS. CASO DE ESTUDIO: HUMEDALES CONSTRUIDOS CON PAPIROS (*CYPERUS PAPYRUS*)

Autoras:

Ingeniera ambiental Ana Cristina Restrepo Laverde

Correo electrónico: cristypolla01@hotmail.com

Ingeniera ambiental Catalina Gallego López

Correo electrónico: catagl@hotmail.com

Fecha: Jueves 10 de noviembre de 2005

Lugar: Auditorio Antonio Roldán Betancur, Indeportes Antioquia

Proyecto ganador del Concurso realizado en el marco del V Encuentro Regional del Agua: Múltiples escenarios, múltiples perspectivas, entre el 8 y el 11 de noviembre de 2005, en Medellín.

RESUMEN

En países como Colombia, donde las limitaciones económicas y de infraestructura no permiten que toda la población acceda a los planes de saneamiento básico, es necesario identificar aquellas tecnologías alternativas que son viables económica, técnica y ambientalmente. Los humedales artificiales son sistemas naturales que permiten un tratamiento adecuado de las aguas residuales domésticas e industriales, atendiendo tanto la preservación de los recursos naturales como la salubridad de los hombres.

La observación de la mejora en la calidad del agua en humedales naturales llevó al desarrollo de humedales artificiales para tratar de reproducir en ecosistemas construidos las condiciones biofísicas de los sistemas naturales y los beneficios en la mejora de calidad del agua y hábitat. Estos son sistemas con alto valor ecológico, donde el ambiente, sustrato, microorganismos y plantas interactúan entre sí para el tratamiento de las aguas contaminadas, atendiendo tanto la preservación de los recursos naturales como la salubridad de los hombres. Además, son más estéticos y armoniosos que los sistemas convencionales, e incluso pueden mejorar la apariencia del lugar en donde se encuentran ubicados.

En los países tropicales la investigación al respecto ha sido poca en comparación con los países europeos y norte americanos, aunque actualmente se trata de adecuar estos métodos a regímenes climáticos y características biofísicas propias de la zona.

*En Antioquia, el uso de estos sistemas como solución individual (una o pocas casas) o para áreas que no están conectadas a un sistema de alcantarillado es desconocido o incipiente. El objeto principal de esta investigación es, precisamente, la implementación y evaluación de un sistema conformado por un humedal de flujo superficial de 5,29m² aproximadamente, compuesto por plantas vasculares enraizadas (*Cyperus papyrus* en nuestro caso) y alimentado con aguas pretratadas, como una solución de tratamiento individual de las aguas residuales domésticas, más comprometido en cuánto al ahorro de energía, minimización de los costos de operación e impactos ambientales generados por otros sistemas convencionales o incluso por la ausencia de estos.*



RESPECTO AL SISTEMA ALTERNATIVO DE TRATAMIENTO (HUMEDALES ARTIFICIALES O CONSTRUIDOS)

• Definiciones y conceptos básicos

Los humedales también son llamados zonas húmedas, zonas encharcadas o encharcables. Hacen parte de éstos las zonas pantanosas, marismas, charcas, riberas, lagos, lagunas, etc.; naturales o artificiales, temporales o permanentes, con aguas fijas o corrientes, de carácter dulce, salino o salobre. En general se puede decir que un humedal es donde el nivel freático aflora, ya sea de forma temporal o permanente.

Partiendo de la definición anterior, un humedal artificial es, en resumen, una instalación construida por el hombre para el tratamiento de aguas residuales, en el cual se simulan las condiciones biofísicas de humedales naturales, por su ya reconocida eficiencia en el tratamiento de las aguas residuales, y por muchas otras ventajas que se presentan sobre los sistemas convencionales. Estos son sistemas integrados en los cuales las plantas, animales, microorganismos y el ambiente-sol, aire sustrato y aire interactúan para mejorar la calidad del agua.

La implementación de sistemas de tratamiento de agua residual doméstica por medios biológicos permite la degradación de materia orgánica y la transformación de nutrientes en formas asimilables por la vegetación. Este tipo de tecnología natural facilita remociones importantes de materia orgánica, nutrientes y microorganismos patógenos mediante procesos bioquímicos o físicos que se originan en la rizósfera, gracias a la relación simbiótica entre las plantas acuáticas y las bacterias que colonizan las raíces de las plantas y el medio de soporte; igualmente en el sustrato, y en general en el humedal, ocurren mecanismos de filtración, sedimentación, absorción, atropamiento o almacenamiento, flotación, evaporación, volati-

lización, transformación, depredación, precipitación química entre otros⁶.

El proceso principal de depuración es realizado por comunidades bacterianas que aprovechan la aireación natural inducida por las plantas acuáticas emergentes, que además favorecen la formación de las biopelículas, en las reacciones fotosintéticas, fotooxidantes y de asimilación.

En general los humedales tienen tres funciones básicas que los hacen tener un atractivo potencial para el tratamiento de aguas residuales⁷:

- Fijar físicamente los contaminantes en la superficie del suelo y la materia orgánica.
- Utilizar y transformar los elementos por intermedio de los microorganismos.
- Lograr niveles de tratamiento consistentes con un bajo consumo de energía y bajo mantenimiento

Existen dos tipos de sistemas de humedales artificiales desarrollados para el tratamiento de agua residual: de Flujo Libre (FWS) y de Flujo Subsuperficial (SFS).

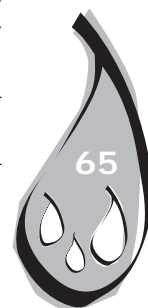
Los sistemas FWS han sido bastante usados en los Estados Unidos como fase terciaria de tratamiento, sistemas restauradores del paisaje o creadores de nuevos hábitats para la flora y fauna. En los sistemas FWS la superficie del agua está expuesta a la atmósfera y el fondo constituido por suelo relativamente impermeable o con una barrera subsuperficial, vegetación emergente, flotante o sumergida, y niveles de agua poco profundos de 0,3 a 0,8 m.

Los sistemas de flujo subsuperficial se diseñan con el objeto de proporcionar tratamiento secundario y consisten en zanjas excavadas y rellenas de material granular con profundidades de 0,3 a 0,7 m de profundidad, generalmente grava en donde el nivel de agua se mantiene por debajo de la super-

⁶ Seminario curso Tratamiento de Aguas Residuales con Humedales Construidos, realizado los días 12 y 13 de Septiembre del 2005. Expositor: Jordi Morato.

⁷ <http://www.geocities.com/jalarab/>

⁸ Seminario curso Tratamiento de Aguas Residuales con Humedales Construidos, realizado los días 12 y 13 de Septiembre del 2005- Expositor: Jordi Morato.



ficie de ésta⁸. Existen dos tipos de humedales subsuperficiales, de flujo vertical y de flujo horizontal, pero son estos últimos los más usados como tratamientos de fase secundaria en Europa, su vegetación también es emergente, flotante o sumergida y el lecho de grava de profundidad alrededor de 0,3 m.

Componentes del humedal

• El agua

El afluente a estos humedales se distribuye sobre un área extensa de agua somera y vegetación emergente. La lenta velocidad que se produce y el flujo esencialmente laminar proporcionan una remoción muy efectiva del material particulado en la sección inicial del sistema. Este material particulado, caracterizado como sólidos suspendidos totales (SST), contiene componentes con una DBO, distintas fases de nitrógeno y fósforo, trazas de metales y compuestos orgánicos más complejos. La oxidación o reducción de esas partículas libera formas solubles de DBO, nitrógeno y fósforo al medio ambiente del humedal en donde están disponibles para la absorción por el suelo y la remoción por parte de las poblaciones microbianas y vegetales activas a lo largo del humedal.

• Sustratos, Sedimentos y Restos de vegetación

El sustrato es el suelo del humedal, que según su permeabilidad natural y su textura será un suelo falso o el suelo original del terreno. En algunas ocasiones, por la alta infiltración del terreno es necesario que éste sea impermeabilizado, y en este caso el sustrato constará de grava, roca o arena o una combinación de estas según el diseño propuesto.

Los sedimentos y restos de vegetación son aquellos restos de vegetación «muerta» que caen en el sistema proveniente de los alrededores o del mismo. Estos componentes son importantes porque:

La acumulación de restos de vegetación aumenta la cantidad de materia orgánica en el humedal. La materia orgánica da lugar a fijación de microorganismos, y es una fuente de carbono, es decir energía para algunas de las más importantes reacciones biológicas.

El sustrato proporciona mecanismos de filtración y sedimentación para la retención de sólidos suspendidos y contaminantes como el fósforo.

El sustrato aporta el área de soporte para la formación de la capa de microorganismos que degradan aeróbica y anaeróbicamente la materia contaminante.

El sustrato es el medio utilizado por las raíces de las plantas macrófitas para su fijación y desarrollo.

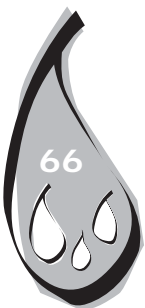
Es importante minimizar la cantidad de sedimentos que ingresan en el sistema, pues estos podrían saturar rápidamente el sustrato disminuyendo el tiempo de vida útil del sistema.

• Vegetación

El mayor beneficio de las plantas es la transferencia de oxígeno a la zona de la raíz. Su presencia física en el sistema permite la penetración a la tierra o medio de apoyo y transporta el oxígeno de manera más profunda, de lo que llegaría naturalmente a través de la sola difusión.

La vegetación cumple las siguientes funciones⁹:

- Estabilizar el sustrato y limitar la canalización del flujo, permitiendo la depositación de materiales suspendidos.
- Tomar los nutrientes como N, P y C, e incorporarlos a sus tejidos de la planta.
- El escape de oxígeno desde las estructuras subsuperficiales de las plantas, oxigena otros espacios dentro del sustrato, el cual es utilizado por bacterias aerobias en la rizósfera.



- El tallo y los sistemas de la raíz originan sitios para la fijación de microorganismos. Cuando se mueren y se deterioran hacen parte de los restos de vegetación.
- Servir como abrigo para la incidencia fuerte de la luz UV evitando crecimiento de algas, aplica especialmente en humedales de flujo superficial.

Las plantas emergentes que frecuentemente se encuentran en la mayoría de los humedales para aguas residuales incluyen espadañas, carrizos, juncos, papiros y juncos de laguna¹⁰.

• Microorganismos

La presencia de aguas dulces, limpias o contaminadas, supone la existencia de miles de especies bacterianas y protozoarias, cuya actividad es indispensable para la existencia a su vez de formas de vida superiores, y para sustentar un equilibrio ecológico necesario para la permanencia del humedal y para impedir o dificultar su degradación.

Este sistema de tratamiento proporciona condiciones ambientales favorables para el crecimiento y reproducción de organismos microscópicos, principalmente bacterias y hongos, los cuales son responsables de la asimilación, transformación y reutilización de los componentes de las aguas residuales. Las algas son otro grupo importante como organismo fotosintetizador, ya que forman parte de la base de la cadena trófica como productores primarios del humedal, al tiempo que florecen por la presencia de nutrientes provenientes de esta agua. Estas algas permanecen en el sistema, adheridas al lecho de soporte de las plantas emergentes¹¹.

La actividad microbiana¹²:

- Transforma un gran número de sustancias orgánicas e inorgánicas en sustancias inocuas o insolubles.

- Está involucrada en el reciclaje de nutrientes.
- Degradación biológica de materia orgánica mediante procesos aerobios y anaerobios.
- Remoción biológica de Nitrógeno mediante los procesos de la Nitrificación y Desnitrificación.

• Animales

Los humedales construidos proveen un hábitat para una rica diversidad de invertebrados y vertebrados.

Los animales invertebrados, como insectos y gusanos, contribuyen al proceso de tratamiento fragmentando el detritus consumiendo materia orgánica. Las larvas de muchos insectos son acuáticas y consumen cantidades significantes de materia durante sus fases larvales. Los invertebrados también tienen varios papeles ecológicos; por ejemplo, las ninfas de la libélula son rapaces importantes de larvas de mosquito¹³.

DESARROLLO DEL PROYECTO

Para cumplir con lo propuesto se construyó un humedal artificial de flujo superficial, compuesto por *Cyperus papyrus* comúnmente conocidos como papiros, impermeabilizado con geotextil y con grava de ¾» como sustrato. El humedal trata las aguas residuales domésticas de dos fincas ubicadas en el Municipio de Guarne, específicamente en la Vereda San Isidro, a 1 km de la Autopista Medellín-Bogotá. Las fincas ya contaban con un pozo séptico que en este caso funciona como tratamiento primario y tanque sedimentador, el cual es indispensable para este tipo de tratamientos, pues como se menciono anteriormente los humedales son usados como fases de tratamiento secundaria o terciaria, cuyo pretratamiento de-

10 Seminario curso Tratamiento de Aguas Residuales con Humedales Construidos, realizado los días 12 y 13 de Septiembre del 2005. Expositor: Jordi Morato.

11 Ibid.

12 Ibid.

13 Ibid.



pende de las necesidades y calidad del afluente, pero nunca como una primera fase de tratamiento.

Para el diseño del humedal se utilizó una metodología basada en la remoción de material orgánico, puesto que éste es el componente más común en las aguas residuales domésticas y el que más repercusión tiene en la afectación de los recursos naturales y los problemas de salubridad en el hombre causados por el uso de aguas de este tipo. De lo anterior se obtuvo un humedal de 4,6 m de largo, 1,15 m de ancho y 0,7 m de profundidad efectiva. La profundidad total incluye 0,2 m de grava, 0,4 m de lámina de agua y un borde libre de 0,1 m para amortiguar el aumento del nivel del agua por lluvia y escorrentía. El tiempo de retención hidráulico obtenido es de 2.66 días.

Luego se procedió a la construcción del humedal, siembra de plantas e instalación de red de conducción de aguas hacia el sistema de tratamiento y de este a una quebrada a 12 m de distancia del sistema, cuerpo receptor del efluente tratado.

Una vez terminada la construcción se procedió a operar por un periodo de tres meses, donde se evaluó tanto la calidad del afluente como del efluente y ocasionalmente del medio, y se hicieron algunas observaciones de interés en cuanto a ecología, crecimiento de plantas y características fisicoquímicas del agua, así como eventos que pudieran afectar o resaltar la operación y eficiencia del humedal.

Con el fin de cumplir con el tiempo de retención del sistema, se tomaron muestras de agua los Jueves y Domingos de los meses de Julio, Agosto y Septiembre, para ser evaluadas en el laboratorio y verificar el cumplimiento de la legislación ambiental vigente (Decreto 1594 de 1984) y la ocurrencia de los procesos naturales propios del humedal.

Los parámetros evaluados fueron:

- Demanda química de oxígeno
- Sólidos suspendidos totales

- Nitrógeno total kjedhal
- Nitratos
- Fósforo total
- Ortofosfatos
- Oxígeno disuelto (in situ)
- pH (in situ)
- Temperatura (in situ)

RESULTADOS

• Demanda Química de Oxígeno

La demanda química de oxígeno (DQO) es una medida indirecta de la cantidad de materia orgánica presente en el agua residual, y ésta está regulada por el Decreto 1594 de 1984, el cual establece que la remoción de DBO debe ser mayor o igual al 80%, como el agua residual a tratar es doméstica se considera que toda la DBO es DQO.

En el humedal implementado se alcanzó este valor cuando la carga orgánica en el afluente es relativamente alta, demostrando que es muy difícil remover un 80% en cargas orgánicas bajas y que ante cargas altas la depuración es mucho más evidente. Además, la incorporación natural de materia orgánica en el humedal como consecuencia de los detritos, de la oxidación y de la descomposición de los sólidos ya sedimentados, pudo en algunas ocasiones exceder la concentración en el afluente, afectando la eficiencia de remoción, e incluso obteniendo mayores valores en el efluente.

• Sólidos suspendidos

Según la normatividad ambiental colombiana los sólidos suspendidos deben ser removidos en un 80%. Los resultados muestran que las mayores remociones se dan cuando las concentraciones de sólidos a la entrada son muy altas, o sea que soporta cargas de sólidos relativamente altas. Además que los mayores valores de remoción se dan al fina-



lizar los muestreos, ya que al inicio hay gran cantidad de arrastre de sedimentos y detritos.

También se debe tener en cuenta que en algunos casos el aporte de sólidos dentro del humedal puede ser mayor al removido, caso similar a la DQO.

- **Nitrógeno total kjeldahl**

El nitrógeno total kjeldahl es el parámetro que contiene nitrógeno orgánico y amoniacal. El nitrógeno orgánico de las aguas residuales incluye: proteínas, péptidos, ácidos nucleicos y úrea, y se encuentran tanto en forma soluble como particulada. El nitrógeno amoniacal se presenta en forma desionizada como NH_3 o ionizada como NH_4^+ , dependiendo de la temperatura del agua y el pH, siendo esta última la más relevante en los humedales. Además el nitrógeno inorgánico proviene de residuos de comida y desperdicios humanos.

El nitrógeno particulado se remueve del agua por procesos de floculación-sedimentación y filtración-adsorción. El nitrógeno orgánico soluble y parte del particulado puede ser absorbido por la biopelícula (microorganismos) y las plantas.

La medición de NTK se hizo con la finalidad de verificar su disponibilidad para los procesos de nitrificación, o sea la formación de nitratos, que es la forma de nitrógeno asimilable por las plantas. En sistemas biológicos es muy difícil hablar de remoción de Nitrógeno puesto que éste más que removerse se transforma.

El comportamiento normal del Nitrógeno es que disminuye a la salida del humedal, sin embargo en algunas ocasiones esto no ocurre posiblemente porque hay un aporte significativo de N dentro del humedal o porque se inhibe la nitrificación, ya sea por pH ácidos o básicos, falta de oxígeno, pocas bacterias nitrificantes o falta de luz; pero según los análisis se presume que la causa podrían ser los microorganismos, ya que el pH es casi neutro, existe oxígeno disuelto y luz en el humedal.

- **Nitratos**

Los nitratos surgen de la nitrificación, es decir de la reacción entre el amoníaco y los microorganismos en presencia de oxígeno; por lo tanto es de esperarse que las cantidades a la entrada sean nulas o menores que a la salida, esto último debido a que en el pretratamiento también se pudo haber dado nitrificación llegando nitratos al sistema.

En el efluente se obtuvo una concentración mayor de nitratos que en el afluente, confirmando la nitrificación. La desnitrificación es poco probable en sistemas cuyo tiempo de retención hidráulico sea inferior a 5 días y porque requiere condiciones anóxicas, pero en nuestro caso el oxígeno disuelto siempre estuvo por encima de 0, o sea que nunca existió un ambiente anaeróbico.

Generalmente a la entrada los valores son aproximadamente cero como es de esperarse, pero las concentraciones diferentes podrían provenir del pozo séptico, que aunque se supone trabaja a condiciones anóxicas posiblemente no sea una condición absoluta y ocurra nitrificación que se da en presencia de oxígeno.

- **Fósforo total**

El fósforo puede estar en forma particulada y disuelta, y es removido por floculación-sedimentación, filtración-adsorción y absorción como ortofosfatos. Se puede encontrar orgánico e inorgánico. El orgánico se halla en las aguas residuales como residuos de comidas, desperdicios humanos, algas y bacterias, y el inorgánico generalmente proviene de productos de limpieza y la escorrentía, que contiene formas inorgánicas de fósforo producto de los fertilizantes.

De acuerdo con la teoría el fósforo que entra debe ser mayor que en el efluente puesto que éste sufre una transformación a ortofosfatos para poder ser absorbido por las plantas y parte del que no se transforma se fije en el medio granular. En el sistema de tratamiento montado, en general, este fue el comportamiento.



- **Ortofosfatos**

Los ortofosfatos son el producto de una serie de reacciones de los compuestos que contienen fósforo, por lo que se espera que sean menores que el fósforo total en el afluente y mayores en el efluente.

En algunos casos este no fue el comportamiento general, pero no se puede saber con certeza porque sucedió, ya que es imposible de estimar la absorción de nutrientes por parte de las plantas, pero se refleja en el crecimiento de las plantas. Por lo mismo es muy difícil hablar de remoción de nutrientes.

Se observa que la concentración de ortofosfatos a la entrada del sistema supera, en ocasiones, la del fósforo total, lo cual no es posible, como se dijo anteriormente. Estos resultados probablemente se afectaron por errores en las mediciones de laboratorio por la falta de especificación de los métodos, ejemplo de esto es que para el análisis de fósforo se omitía la temperatura de digestión.

- **Oxígeno disuelto**

El oxígeno es un elemento crítico en la transformación de materia orgánica y hay tres posibles fuentes de oxígeno disuelto en los sistemas: aireación superficial, fotosíntesis (plantas y algas) y transferencia de oxígeno por las plantas. Por esta razón es importante considerar el oxígeno disuelto entre los parámetros a medir. Además, es normal que se den fluctuaciones de oxígeno disuelto incluso entre el día y la noche, ya que en el día se presenta fotosíntesis generando oxígeno, mientras que en la noche la respiración toma el oxígeno y libera CO₂ principalmente.

El oxígeno disuelto juega un papel muy importante en la dinámica del humedal y debe ser suficiente para satisfacer la demanda de oxígeno en la descomposición del material particulado, los sedimentos y detritos, además para que se dé la respiración, la nitrificación y la vida de los organismos aerobios

y acuáticos. Las mediciones del oxígeno disuelto en el humedal dieron resultados por encima de 4 mg/L lo que significa que se puede dar cualquier uso benéfico del agua en el humedal, incluyendo la presencia de peces favoreciendo el control de mosquitos.¹⁴

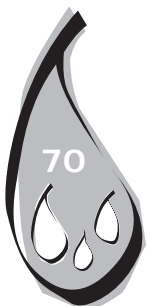
CONCLUSIONES

El uso de este tipo de sistemas para tratar aguas residuales es relativamente nuevo, y más en nuestro país. Los resultados logrados muestran grandes expectativas en cuanto a la tecnología y lo que esta puede lograr. Sin embargo, los trabajos realizados son aún recientes, y estos representan esfuerzos grandes para lograr incorporar los humedales artificiales a las tecnologías de tratamiento de agua residual que satisfagan las necesidades del hombre. Por lo mismo, todavía no se puede afirmar que los humedales resuelven todos los problemas de calidad del agua, y que todas sus posibilidades y limitaciones son conocidas por completo.

Cabe aclarar que la remoción de nutrientes (ortofosfatos y nitratos) es difícil de cuantificar, puesto que no se sabe cuanto toman las plantas, cuanto es retenido en el sustrato y cuanto es aporte natural dentro del sistema debido a la liberación de las partículas adsorbidas en el sustrato o provenientes de la misma masa vegetal. Evidencia de que las plantas remueven nutrientes incluyéndolos en su dieta alimentaria es su crecimiento, lo que se evidencia por medio de registros fotográficos. No sobra decir que en la literatura sobre el tema no se encuentran ideas claras sobre la remoción de nutrientes, es posible encontrar remociones altas por parte de algunos textos, mientras que otros aseguran que no existe una remoción eficiente. Algunos, inclusive, dejan la idea como un interrogante.

Los humedales artificiales son una tecnología viable para la depuración de aguas residuales, especialmente si éstas son de origen doméstico, y puede llegar a tener un gran futu-

14 US Environmental Protection Agency. *Design Manual: Constructed Wetlands Treatment of Municipal Wastewater*. Septiembre del 2000. <http://www.epa.gov/owow/wetlands/watersheds/cwetlands.html>



ro en países en vía de desarrollo que tengan climas tropicales o subtropicales, donde las condiciones económicas de estos proyectos (necesidades de terreno, relativamente menores costes de instalación, operación y mantenimiento), pueden ser determinantes a la hora de propiciar o no la depuración de las aguas residuales, si a este punto adicionamos las condiciones climáticas que favorecerían los rendimientos, tendríamos una interesante posibilidad de solución. Desgracia-

damente este tema ha sido estudiado principalmente en países con climas bastante fríos o con régimen estacional, por lo cual es necesario realizar trabajos de investigación tendientes a adecuar los modelos de diseño a las condiciones locales y analizar sus comportamientos con los demás factores involucrados que junto con la temperatura pueden llegar a variar las eficiencias, como pueden ser las plantas autóctonas, los tipos de medios granulares, etc.»¹⁵

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

MORATO, Jordi. Actas del Seminario curso Tratamiento de Aguas Residuales con Humedales Constructivos celebrado en Medellín los días 12 y 13 de Septiembre de 2005.

LARA B. Jaime Andrés. Depuración de Aguas Residuales Urbanas Mediante Humedales Artificiales (en línea). <http://www.geocities.com/jalarab/>

US Environmental Protection Agency. *Design Manual: Constructed Wetlands Treatment of Municipal Wastewater*. 2000. <http://www.epa.gov/owow/wetlands/watersheds/cwetlands.html>

¹⁵ <http://www.geocities.com/jalarab/>



PROCESO DE ELECTROCUAGULACIÓN PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS, UTILIZANDO ENERGÍA SOLAR COMO FUENTE DE SUMINISTRO

Autora: Ingeniera química Elizabeth Manríquez Reza.
Integrante Grupo de Investigaciones Ambientales del Centro
Integrado para el Desarrollo de la Investigación de la Universidad
Pontificia Bolivariana de Medellín (CIDI).

Correo electrónico: camila_emr@hotmail.com

Fecha: Jueves 10 de noviembre de 2005

Lugar: Auditorio Antonio Roldán Betancur, Indeportes Antioquia

RESUMEN

Debido a los altos costos de aplicación de los métodos convencionales de tratamiento, es importante la búsqueda de nuevas tecnologías en el tratamiento de aguas que ofrezcan menores costos y que sean más eficaces en la remoción de los contaminantes. Se investiga una tecnología para el tratamiento de aguas contaminadas con fines de potabilización, la electrocoagulación, que consiste en la desestabilización de especies químicas suspendidas o disueltas presentes en una solución, producto de la aplicación de una corriente eléctrica a través de electrodos de metal inmersos en el agua a tratar. El alcance del proyecto es el diseño básico y análisis de viabilidad del tratamiento de aguas de fuentes contaminadas utilizando un equipo de electrocoagulación, contando con una fuente de energía solar como suministro de corriente eléctrica, mediante la determinación de las condiciones óptimas de operación.

INTRODUCCIÓN

Diferentes cuerpos de agua están siendo contaminados debido a procesos naturales y a actividades antropogénicas como la descarga indistinta de efluentes industriales, agrícolas y domésticos, limitando la disponibilidad del recurso para consumo humano. Hay necesidad de desarrollar métodos más eficientes y más baratos que requieran consumos mínimos de energía, así como la eliminación de productos químicos y también espacio mínimo de la instalación.

Una gran cantidad de técnicas muy prometedoras basadas en tecnología electroquímica se está desarrollando y se están mejo-

rando porque no requieren adiciones químicas. Aunque uno de estas, la electrocoagulación, ha alcanzado la comercialización provechosa, ha recibido atención científica muy pequeña¹. La electrocoagulación es una tecnología emergente, se ha utilizado cada vez más en el tratamiento de las aguas residuales industriales. Ha sido también aplicada para tratamiento de agua potable y aguas residuales urbanas. El uso del proceso de Electrocoagulación en agua potable tiene por efecto que una gran cantidad de impurezas se aglomeren y puedan ser separadas del agua potable por simple filtración, incluso según Vik et. al (1984) se logran reducir la presencia de coliformes fecales en un 100%.

¹ Yousuf A. Mollah, Robert Schennach, Jose R. Parga y David L. Cocke (2001). Electrocoagulation (EC) — science and applications. Journal of Hazardous Materials. Vol.84, 29-41



TECNOLOGÍA

La tecnología de electrocoagulación se ha optimizado para reducir al mínimo el consumo de la corriente eléctrica y para maximizar el rendimiento de procesamiento de efluentes².

En su forma más simple, un reactor de electrocoagulación puede estar compuesto de una celda electrolítica con un ánodo y un cátodo. Cuando está conectado con una fuente de energía externa, las especies catiónicas producidas en el ánodo entran a la solución, reaccionando con las demás especies formando óxidos metálicos y precipitando los respectivos hidróxidos. En la electrocoagulación el catión proviene de la disolución del ánodo metálico, ya sea, Hierro o Aluminio.³

La reacción que se presenta en el ánodo de aluminio⁴:



En condiciones alcalinas



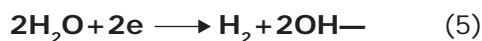
En condiciones ácidas



En adición, la reacción de evolución del oxígeno



La reacción en el cátodo es:



El reactor de electrocoagulación puede ser operado tanto en forma continua como en batch⁵. En siguiente figura, se presenta un esquema típico del funcionamiento de un electrocoagulator.

DISEÑO EXPERIMENTAL

Se utilizó como herramienta para el diseño y análisis de los datos el programa estadístico Statgraphics. El método seleccionado por ser una experimentación inicial, fue el Factorial 2^k. Las variables de operación seleccionadas, tomando en cuenta cuáles podían ofrecer los suficientes datos para determinar las condiciones óptimas del proceso, según los resultados obtenidos en la variable de respuesta son: voltaje, tiempo de retención y la relación volumen del agua-área de las placas.

De acuerdo con lo mencionado anteriormente, se presentan los rangos de operación:

Variable	Valor mínimo	Valor máximo
Voltaje	4	25
Tiempo de Retención	10	45
Relación Volumen- Área	4,4	6,6

Como variable de respuesta se fija la turbiedad, por ser un parámetro organoléptico fácil de medir, además se pueden observar resultados preliminares del experimento.

2 Xueming Chen, Guohua Chen y Po Lock Yue (2002) *Investigation on the electrolysis voltage of electrocoagulation. Chemical Engineering Science.* Vol. 5, 2449-2455

3 Ecosystem. S.A.; Tratamiento de las Aguas Residuales Mediante Electrocoagulación, Chile, 22/05/2002

4 P. Cañizares, M. Carmona, J. Lobato, F. Martínez, y M. A. Rodrigo (2005). Electrodisolution of Aluminum Electrodes in *Electrocoagulation Processes*, Vol 44. 4178-4185

5 Gouhua Chen (2004). *Electrochemical technologies in wastewater treatment. Separation and Purification Technology*, Vol. 38, 11-41



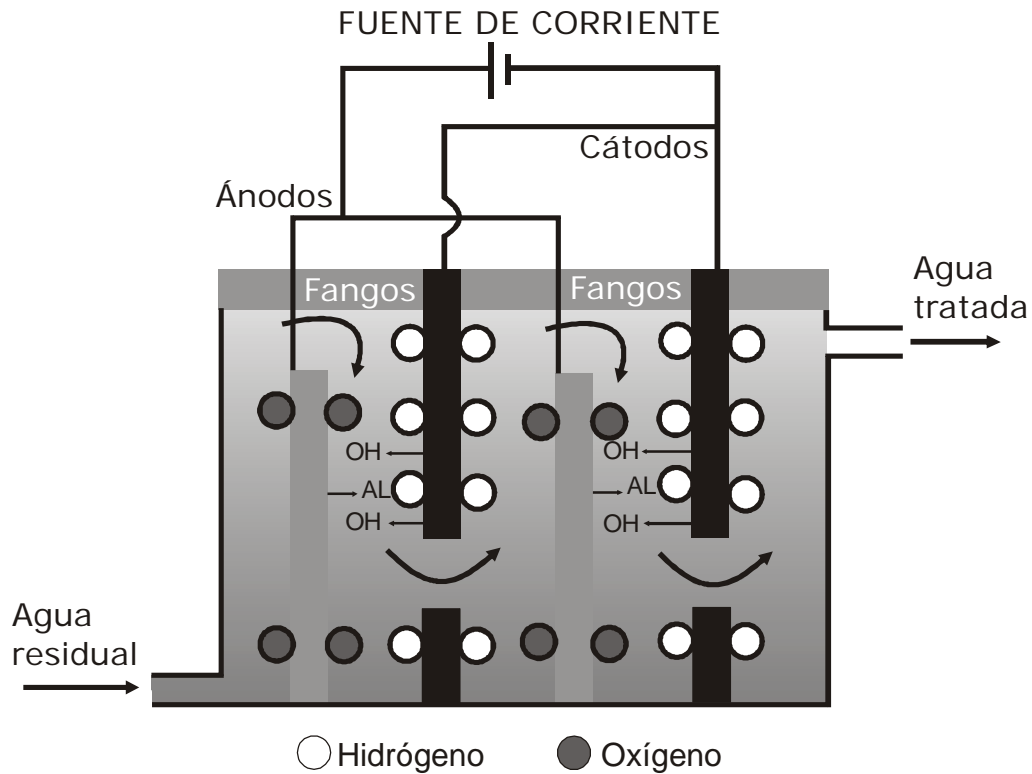


Figura 1. Fenómeno de electrocoagulación.⁶

METODOLOGÍA DE EXPERIMENTACIÓN

El equipo diseñado para el proyecto de electrocoagulación consta de una fuente de energía la cual mide voltaje y el amperaje, que se conectó a los puertos los electrodos negativos y positivos. Las placas que funcionaron como electrodos de sacrificio fueron de aluminio. La distancia entre placas para la relación de 4,4 fue de 2,5cm y de 3,5cm para la relación 6,6.

El procedimiento del experimento se dividió en los siguientes pasos:

1. Ensayo preliminar

Para fijar los valores máximos y mínimos de las variables de operación seleccionadas, se

realizaron ensayos preliminares con los que se observó el comportamiento del proceso, según se variaron las condiciones del tratamiento. Se notó que al aplicar altos voltajes (>30V) la generación de espuma era muy grande, además de que había altas pérdidas de energía por el calentamiento excesivo del agua.

2. Desarrollo del experimento con energía convencional como fuente de suministro

Posterior al ensayo preliminar y al diseño de experimentos, se ejecutaron los ensayos requeridos para determinar los valores óptimos de operación. El agua se dejó reposar alrededor de 15 minutos después de cada experimento para su posterior filtración, tiempo en el cual la mayor parte de los coágulos formados se sedimentaron.

3. Ensayo de verificación de las variables óptimas

El ensayo de verificación se utilizó para confirmar los valores de las variables óptimas, que permitieran la remoción deseada de contaminantes por el proceso de electrocoagulación, tomando en cuenta los estándares de calidad fijados por autoridades ambientales para agua potable.

4. Desarrollo del experimento con energía solar como fuente de suministro

Esta fase se realizó con la misma metodología de la experimentación con energía convencional bajo las condiciones de operación óptimas dadas en el ensayo de verificación. Se modificó la fuente a baterías cargadas mediante un sistema de energía solar, con el objeto de determinar cuánto volumen se puede tratar con la energía proporcionada con la fuente solar, así como el tiempo de descarga de la misma.

5. Ensayo de verificación final

Se verificaron como parte final de la experimentación con energía solar, los parámetros de calidad del agua potable, sin modificar los valores óptimos obtenidos anteriormente.

RESULTADOS Y DISCUSIONES

- Se notó que al incrementar el tiempo de retención y mantener el valor de voltaje más alto, el incremento de temperatura fue muy grande, ocasionando altas pérdidas de energía durante el proceso. Los amperajes más altos se midieron cuando la relación de las placas era la mínima, esto es, que las placas tenían menor distancia entre sí. Para este proceso, no es conveniente operar con amperajes muy altos, ya que la potencia requerida es

directamente proporcional al voltaje y amperaje del mismo.

- De igual forma, la conductividad no tiene un aporte significativo para el proceso, ya que en todos los casos la conductividad de la fuente se encontró en un rango entre 204 y 400 mS/cm, se explica este rango tan alto por los cambios climáticos de la zona donde se encuentra ubicada la fuente del agua. Los valores de cada ensayo permanecieron prácticamente constantes durante todo el proceso.
- El pH mostró un cambio significativo de alrededor de una unidad durante los ensayos preliminares. En todos los casos se incrementó su valor cerca del límite superior permitido para agua potable según las normas ambientales, inclusive en algunos casos sobrepasó este valor cuando el agua inicial se encontraba cerca de 8.
- De acuerdo con el análisis realizado con el programa estadístico de la variable de respuesta en las diferentes condiciones en que se realizaron los experimentos, se determinaron los valores óptimos de las variables de operación, para mantener la variable de respuesta en cero, Tabla 25.

Tabla 1. Valores óptimos para electrocoagulación (EC).

Voltaje	22,65 V
Tiempo	12,45 min
Relación Vol-Área	4,54 cm ³ /cm ²

En los análisis microbiológicos del ensayo de verificación del agua después de la electrocoagulación, no se detectaron la presencia de coliformes fecales y totales, cumpliendo con valores admisibles para dichos parámetros según el Decreto 475/98 para agua potable, como se muestra en la Tabla 26.



Tabla 2. Parámetros microbiológicos.

PARÁMETRO	AGUA		DECRETO 475/98
	Inicial	Tratada	
Coliformes Fecales (UFC)	350X10 ⁴	0	Negativo
Coliformes Totales (UFC)	350X10 ⁴	0	<2 microorganismos/100 cm ³

Otros parámetros de tipo organoléptico y fisicoquímico se analizaron para determinar si el agua cumplía con la calidad para ser

considerada potable. En la siguiente tabla 238 se presentan los resultados de los análisis.

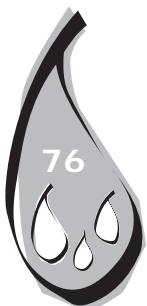
Tabla 3. Parámetros organolépticos y fisicoquímicos.

PARÁMETRO	AGUA		DECRETO 475/98
	Inicial	Tratada	
Turbiedad (NTU)	118	0,82	<5
Color verdadero (UPC)	20	6	<15
Dureza Total (mg/l)	71,1	36	160
DQO	72,3	<47	
Sólidos Totales (mg/l)	287	126	<500
Sólidos Suspendidos	126,5	<3	Ausentes
pH	7,602	7,95	6,5-9
Conductividad(mS/cm)	194,1	184,1	50-1000
Aluminio(mg/l)	6,29	<	0,2
Hierro(mg/l)	9,92	0,08	0,3
Nitritos(mg/l)	0,013	0,006	0,1
Nitratos(mg/l)	0,3	0,9	10

CONCLUSIONES

Las conclusiones de la investigación son:

- La electrocoagulación es un método eficaz en la remoción de contaminantes indeseados, no necesita la utilización de productos químicos y con el uso de energía solar como fuente de suministro se logra que sea en su totalidad una tecnología limpia.
- El voltaje es la variable de operación más importante a controlar, seguido del tiempo de retención del agua dentro del reactor.
- Mientras la conductividad disminuye el paso de corriente es mas pequeño, por lo que se debe tomar en consideración este factor para determinar la fuente a tratar, al igual que se debe buscar que el pH se encuentre cerca de un valor neutro para cumplir con las normas de calidad de agua potable.
- El proceso tiene potencial de ser escalado para tratar agua en zonas rurales de difícil acceso y áreas donde no hay energía eléctrica.



AGRADECIMIENTOS

A todas las personas que integran el Grupo de Investigaciones Ambientales por su amplia colaboración durante la realización de la investigación, en especial al Ingeniero José Adrián Ríos Arango, por su asesoría.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ecosystem. S.A.; Tratamiento de las Aguas Residuales Mediante Electrocoagulación, Chile, 22/05/2002

GARCÍA, V. y otros. ¿Qué puede hacer la electroquímica por el medio ambiente?. España: Departamento de química-física, Universidad de Alicante.

GOUHUA, Chen (2004). *Electrochemical technologies in wastewater treatment. Separation and Purification Technology*, Vol. 38, 11-41

P. Cañizares, M. Carmona, J. Lobato, F. Martínez, y M. A. Rodrigo (2005). *Electrodissolution of Aluminum Electrodes in Electrocoagulation Processes*. Vol 44. 4178-4185

XUEMING, Chen, GOUHUA, Chen y PO LOCK, Yue (2002) *Investigation on the electrolysis voltage of electrocoagulation. Chemical Engineering Science*. Vol. 5, 2449-2455

Yousuf A. Mollah, Robert Schennach, Jose R. Parga y David L. Cocke (2001). *Electrocoagulation (EC) — science and applications. Journal of Hazardous Materials*. Vol.84, 29-41



LA CUENTA FÍSICA DEL AGUA COMO HERRAMIENTA BÁSICA PARA LA PLANIFICACIÓN Y ORDENACIÓN DE CUENCAS - QUEBRADAS LA PEÑA Y LA MUÑOZ DE LOS MUNICIPIOS DE SANTA FÉ DE ANTIOQUIA Y SAN JERÓNIMO

Autores:

Ingeniero Forestal Darney Ceballos E.
Ingeniero Civil Felipe Quintero
Ingeniero Forestal Huber Vanegas V.
Grupo de profesionales Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín

Correo electrónico: ddceball@unalmed.edu.co

Fecha: Viernes 11 de noviembre de 2005

Lugar: Auditorio Antonio Roldán Betancur Indeportes Antioquia

Proyecto participante en el Concurso realizado en el marco del V Encuentro Regional del Agua: Múltiples escenarios, múltiples perspectivas, entre el 8 y el 11 de noviembre de 2005, en Medellín.

RESUMEN

Se pretende implementar un modelo de cuentas ambientales (Cuenta Física del Agua) sobre las quebradas La Peña y La Muñoz por medio de la utilización de un Sistema de Información Geográfica, que permita caracterizar sus condiciones físicobióticas y socioeconómicas e indicar el estado actual del agua, realizando un balance entre la oferta y la demanda. La metodología estará estructurada mediante la plataforma HydroSIG java 3.1 beta, y la oferta hídrica se hallará por medio de la aplicación del modelo de tanques. Para la modelación correcta se incluirán además de las variables hidrológicas, la intervención antrópica, con puntos de captación, retornos de aguas residuales y la producción y traslación de la escorrentía.

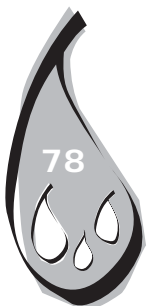
Las quebradas La Peña y La Muñoz, se encuentran en la subregión del Occidente antioqueño, y abastecen los municipios de San Fe de Antioquia y San Jerónimo respectivamente.

De acuerdo con los resultados del modelo, se pretende desarrollar un modelo de gestión ambiental por medio de reuniones de concertación con la participación activa de personas con buen conocimiento de la cuenca, con el propósito de influenciar su comportamiento a partir de la comprensión de un escenario deseado, y lograron mecanismos de participación como herramienta para la ordenación de la cuenca.

UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL PROYECTO

La región del occidente medio antioqueño, se encuentra localizada en un tramo del Cañón del Cauca, conformado por la vertiente occidental de la cordillera Central y por la vertiente oriental de la cordillera Occidental. Las coordenadas son: 6° 51' a 6° 10' latitud N y 75° 49' a 75° 47' longitud O.

Comprende los 10 municipios de la región de los Hevéxicos (Occidente) de la jurisdicción de Corantioquia: Anzá, Buriticá, Caicedo, Ebéjico, Liborina, Olaya, Sabanalarga, San Jerónimo, Santa Fe de Antioquia y Sopetrán, con un área aproximada de 2.516 Km². El área de influencia del estudio comprende los municipios de Santa Fe de Antioquia y San Jerónimo, específicamente las cuencas de la Peña y la Muñoz, respectivamente (Corantioquia, 1998).



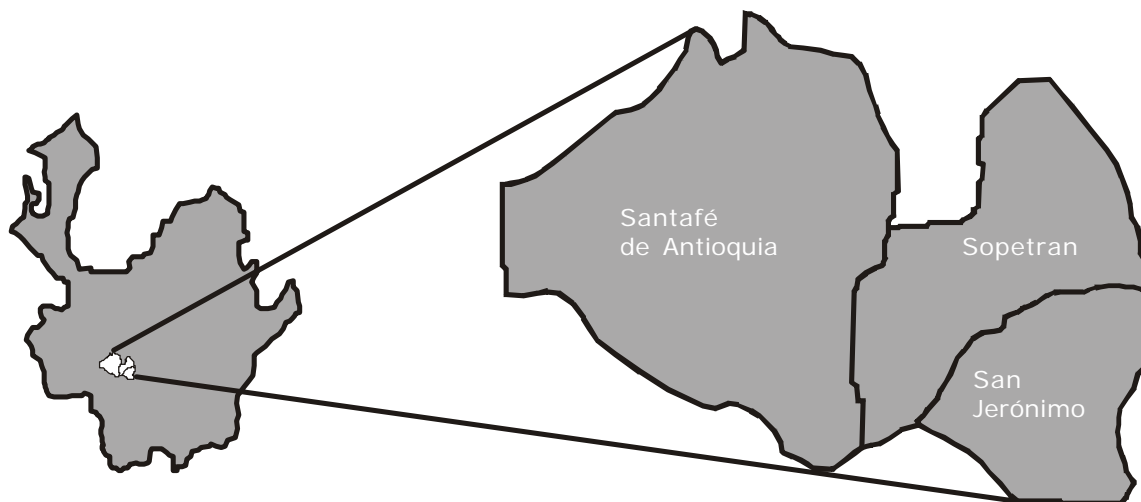


Figura 1. Localización general del proyecto.

IDENTIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA O NECESIDAD

La ordenación y manejo sostenible de las cuencas hidrográficas abastecedoras de agua de los municipios, es una prioridad, dado el continuo deterioro de las mismas y el aumento progresivo de la demanda, razón por la cual, el Ministerio del Medio Ambiente ha establecido la necesidad de un plan de ordenación en cada una de éstas cuencas.

La calidad y cantidad del suministro del agua en los municipios que se abastecen de las cuencas de las quebradas La Pená y La Muñoz, presenta condiciones regulares, déficit de abastecimiento de agua potable, deterioro ambiental de la cuenca y deficiencias administrativas y técnicas en el sector de saneamiento básico y agua potable (Unal-Corantioquia, 1997).

En los próximos años no solamente continuará aumentando la demanda de agua para sus diferentes usos humanos y económicos, debido a las tendencias poblacionales y a la terminación del proyecto Túnel de Occidente, el cual impulsará el desarrollo de los municipios del occidente, el departamento y el país, sino porque será la vía más importante que integrará a la costa Atlántica con el interior de Colombia, ocasionando mayor presión sobre el recurso. Por esto, la oferta aprovechable puede reducirse aceleradamente de continuar las tendencias actuales de

deforestación en las partes altas de las cuencas y en sus lechos para la construcción de zonas de descanso turístico.

En la zona del Occidente cercano, existe en general, un alto conflicto entre la poca oferta de agua potable y la alta demanda del recurso hídrico, siendo éste territorio un polo de desarrollo económico de gran repercusión en el orden regional y nacional, que debería contar con un adecuado balance de sus recursos y con información actualizada y precisa sobre la distribución regional y local de su disponibilidad de agua y la distribución territorial de sus usos, a fin de adelantar acciones de planificación y regulación del uso de este recurso (Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín - Corantioquia, 2000).

Dado que la información requerida por el Ministerio del Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, no solo es dispendiosa y costosa, sino también difícil de conseguir con los recursos existentes en el país, se propone la implementación de la Cuenta Física del Agua a nivel municipal, por medio de la utilización de un Sistema de Información Geográfica que permitirá caracterizar las condiciones climáticas, hídricas, topográficas, económicas y sociales de la cuenca e indicar el estado actual del agua en la misma; como fundamento de los planes de ordenación, se propone el HidroSIG para la ordenación y manejo de las cuencas de La Pená y

La Muñoz, al contar como herramienta básica de las mismas, el software Cuenta Física del Agua.

En el desarrollo de este proyecto, se pretende mostrar cómo la incorporación de tecnologías apropiadas es una buena opción para observar la dinámica del uso de los recursos naturales, proporcionando instrumentos básicos para apoyar procesos tendientes al desarrollo sostenible y equitativo de la región hídrica de las cuencas.

OBJETIVOS

• Objetivo general

Generar un sistema de gestión ambiental para la planificación y ordenación de las cuencas a partir del software Cuenta Física del Agua.

• Objetivos específicos

- Describir las características biofísicas de las cuencas.
- Ajustar la caracterización ambiental y socioeconómica de las cuencas.
- Relacionar el software Cuenta Física del Agua y las variables determinantes en la gestión ambiental de cuencas hidrográficas.
- Determinar el modelo de gestión apropiado a las cuencas de las quebradas La Pená y La Muñoz con la participación de la comunidad.

METODOLOGÍA

1. Caracterización de las cuencas

La caracterización de las cuencas se fundamentará en la información recopilada y procesada en el software Cuenta Física del Agua, con respecto a las variables: capacidad de almacenamiento en la zona no saturada (suelo) y la influencia de la vegetación de las cuencas en las quebradas La Pená y La Muñoz, y en la recopilación y sistematización de la información ambiental y socio-

económica que pudiera faltar en el plan de ordenación y manejo sostenido de cuencas hidrográficas.

2. Ajuste de datos con base a la Cuenta Física del Agua

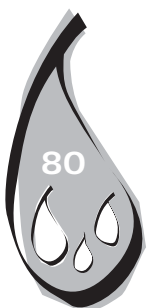
La estructuración de esta metodología se aplica bajo la plataforma HidroSIG Java, que incluye el cálculo del balance hidrológico anual y construcción de la matriz de oferta y demanda, la cual representa los flujos que se dan en cuanto a bienes y servicios ambientales del agua con relación a los sectores y actividades productivas demandantes, para obtener los balances de cuentas físicas iniciales y finales.

Son por lo tanto necesarios datos de cobertura vegetal, suelo (capacidad máxima de retención de agua en el suelo) y de las variables climáticas (información espacio-temporal de precipitación, temperatura, evapotranspiración potencial) para correr el modelo a escala. La interpolación de los datos puntuales de precipitación y temperatura, se realiza mediante un proceso de triangulación sobre todo el dominio y de esta forma, se tiene información de estas variables en cualquier punto del mapa, así como un estimativo de los caudales teniendo en cuenta la disponibilidad de agua, las entradas y salidas del sistema.

3. Análisis de resultados

La validación del programa Cuenta Física del Agua, se realizará en las cuencas para determinar la pertinencia del modelo y su grado de confiabilidad, el programa calculará y evaluará las matrices tomadas de la metodología francesa, de entrada del agua al sistema, de transferencias internas y de salidas de agua del sistema cuenca. La Cuenta Física del agua; se obtendrá de forma anual y permitirá establecer comparaciones con años anteriores respecto a la disponibilidad del recurso.

A partir de la proyección de un escenario actual conocido, susceptible de mejora, se pretende abordar de manera integral y sistémica las cuencas La Pená y La Muñoz, como objeto de gestión, y a la organización social como sujeto o agente de la misma.



4. Mecanismos de concertación

El agua constituye el primer recurso natural objeto de planificación que debe ser concertado entre actores sectoriales y territoriales. Para concertar es necesario generar espacios donde todos los actores sociales que intervienen en la cuenca sean legitimados, se reconozcan sus intereses sobre los recursos y tengan la oportunidad de negociar (CVC, 1999).

Se pretende presentar los resultados obtenidos a las autoridades ambientales (Umata, Corantioquia), líderes y representantes comunitarios de los dos municipios, mostrando datos de caudal, demanda, oferta, entre otras variables, en cualquier punto del mapa de la cuenca en diferentes periodos de tiempo (largo y corto plazo). Con la participación comunitaria se busca conocer opiniones y presentar una aproximación del estado del recurso agua en la región que habitan. La motivación y organización comunitaria a través de un ente organizador, tiene como objetivo promover y motivar a la comunidad para que participe en el proceso de ordenación y manejo de la cuenca.

Los resultados alcanzados se desean comparar con la metodología propuesta en La Guía Técnico Científica para la elaboración de Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas de Colombia elaborada por el Ideam, para responder al requerimiento del Decreto 1729 de 2002. Esta guía es el marco de referencia ambiental e instrumento de planificación que deben utilizar las corporaciones autónomas regionales, cuyo propósito es orientar la ordenación de cuencas por medio de las cinco fases: Diagnóstico, Prospectiva, Formulación, Ejecución, Seguimiento y Evaluación.

Para el desarrollo de estas fases las corporaciones autónomas regionales requieren de información dispendiosa y costosa que en ocasiones no está disponible en Colombia. La Cuenta Física podría ser un elemento económico y adecuado que proporcione herramientas para llevar a cabo la ordenación y planificación de las cuencas del país, por medio de modelos hidrológicos de simulación, que debido a su bajo costo y a la estimación razonable de sus resultados, sería una

alternativa para evaluar las cuencas que cuentan con información dispersa, permitiendo realizar una predicción de fenómenos a largo plazo (Benavides 1998).

MARCO TEÓRICO

El agua fundamental en todo proceso de desarrollo y transformación territorial de una región debe constituirse en una prioridad, por medio del establecimiento de mecanismos de planificación: conciliar la oferta ambiental con la demanda social de bienes y servicios, conociendo la relación sistémica entre las actividades económicas y sociales del territorio y sus características abióticas y bióticas (Acero 1998, García 2002).

El cálculo de la Cuenta Física del agua, de acuerdo con la metodología propuesta por los franceses, permite hallar un balance entre la oferta y el consumo de agua, lo cual indica si existe déficit de agua en las cuencas y a su vez permite diferenciar los mayores agentes consumidores y posteriormente analizar el nivel de calidad de sus descargas (Weber 1993). La cifra de contabilidad más significativa de esta cuenta es la disponibilidad anual de agua y está fundamentada en:

- La cuantificación de los usos (demandas) de agua por las actividades antrópicas o agentes económicos: identificación y cuantificación del uso o aprovechamiento del agua por las diferentes actividades humanas presentes en el territorio de la cuenca.
- La disponibilidad del agua o valor cuantitativo del recurso hídrico en las diferentes fases o etapas del ciclo hidrológico: balance hídrico de la cuenca (Blinder & Hernández, 2001).

La formulación de la Cuenta Física del agua consiste por lo tanto en recopilar, evaluar y clasificar información, así como resultados finales, a partir de una serie de tablas o matrices síntesis que contienen valores numéricos referidos a la cuantificación de la disponibilidad o balance hídrico y de los usos o aprovechamiento del recurso hídrico (Blindón, 1999).



Los modelos de simulación aplicados en una cuenca, reproducen los procesos físicos del ciclo hidrológico y por medio de modelos matemáticos permiten una aproximación a su comportamiento en una región en particular. Por medio de este conocimiento y caracterización se tienen algunas herramientas básicas para proceder a un plan de manejo y uso que asegure y garantice la continuidad del recurso (Baker *et al.*, 1995).

La metodología de la Cuenta Física del agua es estructurada mediante un software que tiene su aplicación en la plataforma HidroSIG java. El HidroSIG es un Sistema de Información Geográfica desarrollado por el Posgrado en Aprovechamiento de Recursos Hidráulicos de la Universidad Nacional de Colombia, pensado originalmente como una herramienta para la visualización de los mapas obtenidos en el proyecto «Atlas Hidrológico de Antioquia y Colombia» (PARH, 2004).

Este software constituye un insumo importante para uso en múltiples sectores de la planificación social, económica y ambiental, con base en la oferta del agua. Últimamente ha tenido desarrollos en módulos de simulación hidrológica en el que se ha desarrollado un modelo de tanques tipo agregado, con el cual se han realizado la implementación de la Cuenta del Agua en las cuencas abastecedoras de los acueductos municipales de la zona Norte de Urabá bajo el convenio Corpourabá-Universidad Nacional (Corpourabá, 2004).

EVOLUCIÓN DE LOS MODELOS DE CUENTAS AMBIENTALES

Ángel & Anaya (2000), realizaron una primera implementación en software para la Cuenta Física de agua. Esta consistía en un programa estructurado independiente de los sistemas de información geográfica, con un modelo bastante sencillo para el cálculo de las cuentas ambientales. El programa era alimentado con información climática a resolución temporal para la estimación del balance hídrico. La calibración del modelo dependía del valor promedio anual de almacenamiento de agua en el suelo y del promedio anual de lamina drenable, con los cuales se

estimaba el agua disponible para escorrentía. La escorrentía mensual era estimada mediante el ingreso de porcentajes del valor anual mediante calibración. Debido a la débil estructura física del modelo, este no consideraba los aportes del flujo base al caudal total.

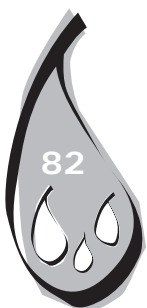
Salazar (et al., 2003), realizó una implementación de un modelo de cuentas ambientales, apoyados en HidroSIG, un sistema de información geográfica de libre distribución, aprovechando la potencialidad que ofrece el SIG para la evaluación de modelos cuando los parámetros pueden estar distribuidos espacialmente.

El esquema general del modelo se presenta en la 37. Se observan tres compartimientos o tanques que representan en orden descendente: la dinámica del agua en las hojas, en el suelo y en la cuenca.

El cambio del nivel de cada compartimiento depende, como en toda ecuación de balance, de las entradas y salidas de masa (agua). En el primer compartimiento, la entrada de agua se debe a la precipitación (P) y la salida esta determinada por la evaporación (E1) a tasa potencial, de la lámina de agua sobre la hoja. Es necesario definir un umbral de lamina que la hoja es capaz de almacenar (I_{max}). La definición de dicho umbral se puede realizar mediante una función sencilla para la cantidad máxima que almacena la hoja, que depende del índice de área foliar (IAF) que representa la magnitud (adimensional) del área total de hojas contenidas en un metro cuadrado (se supone que por cada metro cuadrado de hojas se almacena una lamina de agua de un milímetro).

En el segundo compartimiento, la entrada de agua corresponde a la fracción de la precipitación que atraviesa el follaje (F), y la salida es la evaporación (E2) desde el suelo mas la transpiración de la vegetación. Este compartimiento es tal vez el más importante, puesto que controla en gran medida la evapotranspiración y la cantidad de agua de escorrentía.

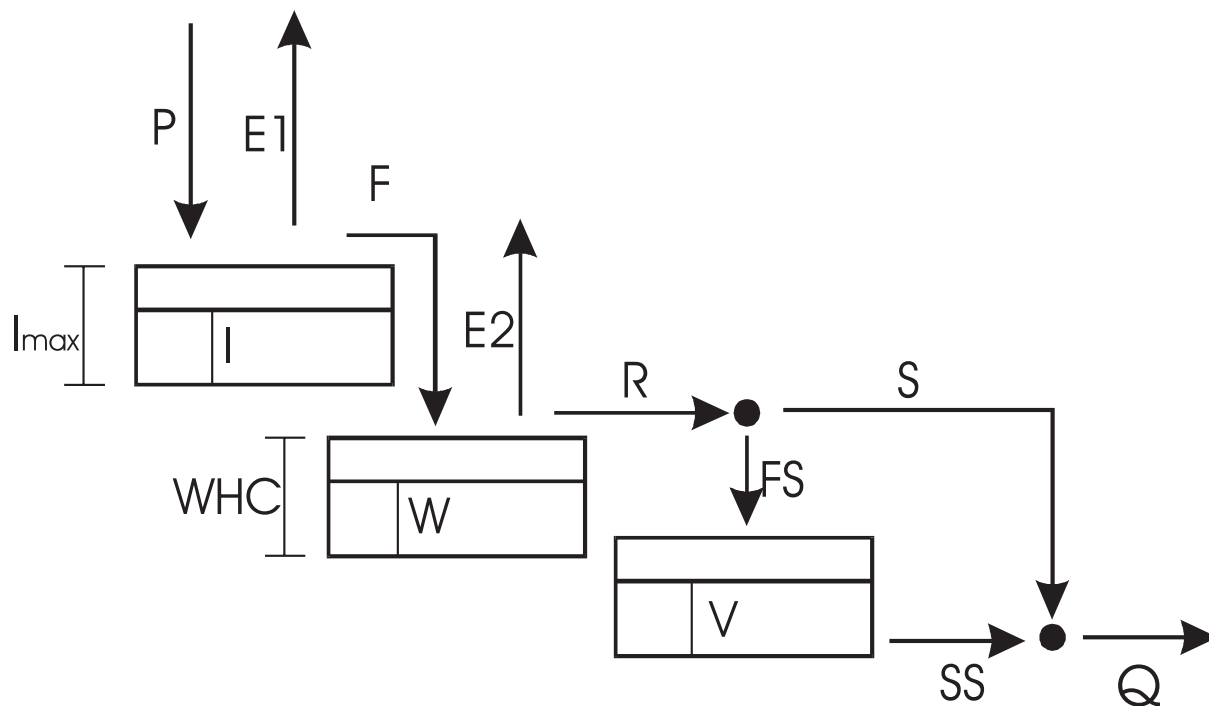
El parámetro fundamental en este compartimiento es la máxima lámina de agua que puede almacenar el suelo (WHC, del inglés



Water Holding Capacity). La cantidad de agua que no entra en el suelo (R) se convierte en agua de escorrentía superficial (S) y subsuperficial, (FS).

El modelo supone que el 10% del agua de escorrentía es superficial (este valor es comúnmente usado en esta clase de modelos) y que sale del volumen de control de manera inmediata.

El tercer compartimento controla la cantidad de agua que sale sub-superficialmente en cada instante de tiempo (SS), mediante el producto del contenido de agua (V) en la porción subsuperficial del volumen de control y un parámetro de calibración del modelo, conocido como constante de recesión (K). Finalmente, el caudal a la salida del volumen de control es la suma entre el caudal subsuperficial (SS) y el caudal superficial (S).



- $P(t)$: Precipitación acumulada en el intervalo de tiempo en que se corre el modelo.
- $E1(t)$: Evaporación de la lámina de agua acumulada sobre las hojas (a tasas potenciales).
- I_{max} : Lámina máxima de agua que se puede almacenar en las hojas.
- $F(t)$: Fracción de la precipitación que atraviesa las hojas y llega a la superficie.
- WHC : Máxima Lámina de agua en el suelo («Water Holding Capacity»).
- $W(t)$: Contenido de agua en el suelo.
- $R(t)$: Fracción de la precipitación que escurre superficial y sub-superficialmente.
- $FS(t)$: Fracción de $R(t)$ que escurre sub-superficialmente (sale del volumen de control en intervalos de cálculo posteriores).
- $V(t)$: Lámina total de agua de escorrentía subsuperficial en el volumen de control
- $S(t)$: Fracción de $R(t)$ que escurre superficialmente y que aporta a $Q(t)$ (sale del volumen de control en el mismo intervalo de cálculo).
- $SS(t)$: Aporte subsuperficial $Q(t)$, calculado como $KV(t)$, donde K es la constante de recesión correspondiente al volumen de control.
- $Q(t)$: Caudal total a la salida del volumen de control ($SS(t) + S(t)$).

Figura 2. Esquema del modelo de interacción suelo – atmósfera.

Fuente: Corpourabá (2004)

Quintero (2004), realizó una nueva implementación del modelo, en el cual además de contar con parámetros distribuidos del modelo en toda la extensión de la cuenca, se pudiera representar el flujo a través de la red de drenaje y obtener las direcciones del flujo en cada una de las celdas que componen el mapa. De esta manera, es posible hacer una traslación del flujo total obtenido en el esquema vertical de tanques, en dirección aguas abajo a la celda vecina inmediatamente. Este proceso se realiza de manera iterativa hasta que todo el flujo producido en la cuenca es trasladado hasta la salida de la misma.

Para correr el modelo a escala regional, es necesario tener información espacio-temporal de precipitación, evapotranspiración potencial, capacidad máxima de retención de agua en el suelo e Índice de área foliar. La interpolación de los datos puntuales de precipitación y temperatura se realiza mediante un proceso de triangulación sobre todo el dominio y de esta forma se tiene información de estas variables en cualquier punto del mapa.

Teniendo en cuenta la disponibilidad de agua y las entradas y salidas del sistema, se puede obtener un estimativo de los caudales en cualquier punto del mapa. Esto se hace por medio de la agregación de los píxeles que hacen parte de la cuenca seleccionada. Finalmente se agregan los resultados de resolución diaria a resolución mensual y se obtiene en ciclo anual de caudales, que determinarán las zonas con déficit y con superávit.

Con la Declaración de Río, se establece la necesidad de que los estados reduzcan las modalidades de producción y consumo insostenibles, aumentando el saber mediante el intercambio de conocimientos científicos y tecnológicos intensificando el desarrollo y transferencia de tecnologías (Cumbre de Río 1992). En 1993 se presenta la primera compilación de los términos de referencia para crear un sistema de cuentas ambientales uniforme con el Sistema de Cuentas Nacionales (SCN) elaboradas por la Organización de las Naciones Unidas, el Banco Mundial y la United National Statistical Division (UNEP-UNSTAT), este documento plantea los procedimientos y etapas a seguir para establecer un Sistema de Cuentas

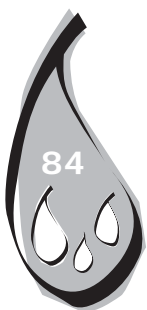
Económicas y Ecológicas (CICA 1998).

El Sistema de Contabilidad Nacional es un modelo analítico e integral que proporciona una descripción de las interacciones entre las actividades económicas y el ambiente y ha llevado a que a nivel internacional se generen nuevas propuestas para la estructuración de un Sistema de Cuentas Ambientales que aplicados en distintos países reflejen la preocupación ambiental de cada nación.

El objetivo de este nuevo Sistema de Cuentas Ambientales es establecer una base de datos disponible para políticas de desarrollo sostenible, parte de la construcción de unas cuentas «satélites», alternas pero compatibles con el SCN, que incorporan o hacen explícita la descripción del medio ambiente natural en términos físicos vinculando a la actividad económica, esta metodología se apoya en la utilización de cuentas físicas, pues considera que es necesario elaborar una información muy precisa y sistemática sobre el estado y los cambios del medio ambiente, para poder fijar metas claras de sostenibilidad (Cárdenas & Vélez, 2001).

CUENTA FÍSICA DEL AGUA EN COLOMBIA

Ante la necesidad de debatir en el país el tema de la valoración y asignación eficiente de los recursos naturales se creó en 1992 el Comité Interinstitucional de Cuentas Ambientales (CICA) cuyo objetivo se fundamenta en promover una adecuada administración de cuencas estratégicas, que surten acueductos veredales y municipales, distrito de riego, producción de energía eléctrica, así como aquellas que faciliten el control de inundaciones, vertimientos y alcantarillas. En el marco del Programa de Cooperación Técnica Francesa, el CICA promovió el programa de cuentas físicas del agua en algunas Corporaciones Autónomas Regionales (corporación autónoma regional's), con el fin de estructurar una metodología general para ser replicada por todas las corporación autónoma regional's. La metodología determina las diferentes fases de la oferta potencial de una cuenca, para así mismo determi-



nar la oferta disponible. Por tanto los resultados arrojados para cada cuenca permiten establecer acciones específicas para regular el caudal, controlar la calidad hídrica y evitar sequías e inundaciones.

La mayoría de las corporación autónoma regional´s realizaron la Cuenta Física del agua en una cuenca de su región, como, siguiendo la metodología establecida por los expertos franceses y el Ministerio del Medio Ambiente.

Con las experiencias desarrolladas se identifico la necesidad de promover una mayor captación en el tema y continuidad en los ejercicios, de manera que se genere en cada región una dinámica propia de construcción de estas cuentas. Se enfrentaron problemas como escasez de información y escasa participación de entidades de la región (en general si se contó con la de la comunidad), El proceso desarrollado permite concluir que las cuentas constituyen un instrumento fundamental para el ordenamiento del territorio,

la planificación de las cuencas y del recurso hídrico como tal, la implementación del sistema de información regional, la evaluación de la inversión regional, y en general para la toma de decisiones de gestión (Blinder & Hernández, 2001).

El proceso de estructuración de las cuentas físicas de cantidad del agua ha desencadenado otros procesos importantes como la construcción de las cuentas de calidad y del gasto en las regiones.

A nivel regional se detalla el estudio piloto en la cuenca de Piedras Blancas para estructurar la metodología de las cuentas físicas del agua, suelo y bosque; realizado por el grupo de trabajo de la Universidad Nacional de Colombia con el apoyo de la Corporación Autónoma Regional para el centro de Antioquia (Corantioquia), la Corporación para el desarrollo sostenible de Urabá (Corpourabá) y la Gerencia Ambiental del Departamento de Antioquia (Blandón 2001).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACERO, J. 1998. Lineamientos Plan de ordenamiento y Manejo de la Cuenca Hidrográfica del Río Unete. Resumen ejecutivo. Santafé de Bogotá, Colombia.

ÁNGEL, P. & ANAYA, J. 2000. Manual para el software Cuenta Física del Agua Versión 1.0b» Corporación Regional del Centro de Antioquia-Corantioquia, Universidad Nacional de Colombia.

BAKER, Jr., BENAVIDES, J. & TALAVERA, Z. 1995. *Relationship between precipitation and streamflow on El Carrizal watershed, Tapalpa, Jalisco. Partnerships for sustainable forest ecosystem management. Rocky Mountain Forest and Range. General Technical Report RM -GTR-266:115-120.*

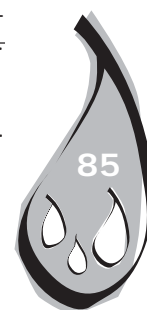
BENAVIDES S. J. de D. 1998. Calibración y validación del modelo hidrológico SWRRB en la cuenca forestal El Carrizal, Tapalpa, Jalisco. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Instituto de Recursos Naturales. Especialidad de Ciencias Forestales. Montecillo, México. 261 p.

BLANDÓN, L. 2001. Cuentas Ambientales: Experiencia Regional. Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín. Facultad de Ciencias Agropecuarias. 148 p.

BLINDER, K. G & HERNANDEZ, C. 2001. Cuentas Ambientales. 44p. Disponible en: www.dnp.gov.co/ArchivosWeb/Dirección_Politica_Ambiente/Medio_AmbienteWeb/CuentasAmbientes_Febrero_7_2001.PDF (Consultado en Mayo de 2004).

COMITÉ INTERINSTITUCIONAL DE CUENTAS AMBIENTALES - CICA. 1998. Informe Final. Coordinación CICA — Período enero — mayo de 1998. Programa de Cuentas Ambientales para Colombia. Coordinación CICA, Ministerio del Medio Ambiente. Santafé de Bogotá.

CÁRDENAS, P. & VELEZ, G. 2001. Las cuentas ambientales como parte de las cuentas nacionales.



Ensayos de Economía. Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín. Departamento de Economía. Vol. 11 (19): 9-30.

CORANTIOQUIA. Plan de Gestión Ambiental Regional 1998 - 2006. Medellín. Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia. 1998.

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA (CVC). 1999. Plan de Ordenamiento Ambiental de las Cuencas Hidrográficas de los Ríos Tulúa Morales. Santiago de Cali. 98p

CORPORACIÓN PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL URABÁ (Corpourabá). 2004. Implementación Software Cuenta Física del Agua en las Cuencas de los Ríos Chigorodó, Carepa, Apartadó y Turbo. 2. Universidad Nacional-Corpourabá. Medellín. 75p.

INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES (IDEAM). 2004. Guía Técnico Científica para la Ordenación y Manejo de Cuencas. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Republica de Colombia. Bogota D. C. 100p

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS (ONU). Conferencias de la ONU sobre el medio ambiente. Cumbre de la tierra (1992). Disponible en: http://www.cinu.org.mx/temas/des_sost/conf.htm#tierra (consultado en septiembre 27 2004).

POSGRADO EN APROVECHAMIENTO DE RECURSOS HIDRÁULICOS (PARH). 2004. HidroSIG Versión 3.0 beta. Manual del usuario. Escuela de Geociencias y Medio Ambiente. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. 109p.

QUINTERO, F. 2004. Evaluación de la Cuenta Física de agua mediante un modelo hidrológico distribuido. Trabajo de Grado Ingeniería Civil. Escuela de Ingeniería Civil. Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia, Medellín, 50p

UNIVERSIDAD NACIONAL - CORANTIOQUIA. Directrices para el manejo estratégico ambiental del occidente antioqueño. Medellín: Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. 1997. 382 p. más anexos.

UNIVERSIDAD NACIONAL - CORANTIOQUIA. Replicación de la cuenta del agua en municipios del occidente antioqueño. Medellín: Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. 2000. 70 p.

WEBER, J. 1993. Tener en cuenta la naturaleza; bases para una contabilidad de los recursos naturales. En: J. Naredo & F. Parra (Complis). Hacia una cuenta de los recursos naturales. Madrid: XXI.

