



Memorias
Jornadas Técnicas de Discusión
realizadas por el Convenio
Interinstitucional Cátedra del Agua
Medellín – Colombia

Número 02
Año 2007

Coordina:

REVISTA CÁTEDRA DEL AGUA

Número 02 - 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 Ochoa

Coordinadora Técnica

Convenio Interinstitucional Cátedra del Agua

Colaboradores

Juliana Ossa Duque

Isabel Cristina Gómez Yepes

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, mayo 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

CUENCAS HIDROGRÁFICAS: PLANEACIÓN Y ORDENAMIENTO

RESUMEN 10

INTRODUCCIÓN 10

LA PLANIFICACIÓN DE CUENCAS A PARTIR DEL DECRETO 1729

PLANIFICACIÓN DE CUENCAS URBANAS

CONCLUSIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

4

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

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, en el año 2004 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 2006 la Cátedra del Agua hizo posible la realización del II Ciclo de Jornadas Técnicas de Discusión "Experiencias en el manejo del recurso hídrico en Antioquia", el 17 y 18 de agosto de 2006. En este espacio, la Cátedra reunió 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.

El cuadro al final de este texto muestra la programación de las Jornadas Técnicas de Discusión de 2006. Las memorias de lo que los conferencistas invitados relataron al público, se presenta 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 publica este año su segunda revista y seguirá publicándola cada año, 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

II CICLO DE JORNADAS TÉCNICAS DE DISCUSIÓN 2006: EXPERIENCIAS EN EL MANEJO DEL RECURSO HÍDRICO EN ANTIOQUIA

FECHA	TEMA	EXPOSITOR
17 de agosto	Programa de Producción Más Limpia con énfasis en el manejo del agua	Ana Patricia Restrepo Área Metropolitana del Valle de Aburrá
17 de agosto	Uso eficiente y racional del agua en Locería Colombiana S. A.	Carlos Mario Rojas Locería Colombiana
17 de agosto	Plan de Ordenamiento y Manejo Integral de la cuenca del Río Grande de La Magdalena (POMIM)	Luz Adilia Esparza Cormagdalena
17 de agosto	Informe gestión integral del agua en Cornare consolidado a 31 de diciembre de 2005. Plan de acción 2004 - 2006	Gloria Offir Iral Cornare
17 de agosto	Apoyo a la recuperación, protección y conservación del recurso hídrico mediante diferentes proyectos	Isabel Romero Jerez Jorge Mauricio Orozco Cornare Magdalena Medio
17 de agosto	Plan de Manejo de la microcuenca Santa Catalina	Orfa Nelly Marín Cornare Oriente
18 de agosto	Influencia del estudio de las aguas subterráneas en la definición de políticas de manejo del acuífero del eje bananero de Urabá	Vanessa Paredes Corpourabá
18 de agosto	Introducción al problema de la erosión litoral en Urabá	Iván Darío Correa Corpourabá
18 de agosto	Subdirección de Recursos Naturales	Jorge Emilio Ángel Corantioquia
18 de agosto	Manejo de las acequias en occidente	Margarita Piza Molina Corantioquia Occidente
18 de agosto	Proyecto establecimiento de áreas de reserva Programa administración de ecosistemas estratégicos de la Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia (Corantioquia)	Rosa Eugenia Galeano Corantioquia Nordeste
18 de agosto	Experiencias en otorgamientos y administraciones de concesiones de agua	Izneide Bermúdez Corantioquia Suroeste

USO EFICIENTE Y RACIONAL DEL AGUA EN LOCERÍA COLOMBIANA S.A.

Autor: Carlos Mario Rojas. Locería Colombiana.

Correo electrónico:

Fecha:

Lugar: Facultad de Salud Pública de la Universidad de Antioquia, Medellín.

RESUMEN

Locería Colombiana S.A. es una empresa con alto consumo de agua potable, donde hace algunos años se viene implementado el programa de uso eficiente y racional del agua PUEYRA, el cual tiene como objetivo optimizar el uso del recurso hídrico. Para darle inicio a este programa se desarrollaron actividades como: instalación de contadores, monitoreo de contadores, identificación de zonas críticas y toma de acciones correctivas; algunas de esas acciones correctivas fueron la instalación de equipos sanitarios de bajo consumo y grifería automática, reuso de agua y capacitación del personal. Gracias al PUEYRA se ha logrado una disminución del consumo de agua de 3000 m³, lo cual trae beneficios económicos a la empresa y además se contribuye a la conservación del medio ambiente.

ABSTRACT

Locería Colombiana S.A. is a company with high consumption of drinkable water, where some years ago one comes implemented the program of efficient and rational use of the water PUEYRA, which has as aim optimize the use of drinkable water. To initiate this program the company developed activities such as: water meters installation, water meters monitoring, identification of criticize zones and to take corrective actions; some of these corrective actions were the installation of sanitary equipments of low consumption and automatic plumbing, reuse of water and training of the personnel. Thanks to the PUEYRA there has achieved a decrease of the water consumption of 3000 m³, which brings economic benefits to the company and besides it is contributed to the conservation of the environment.

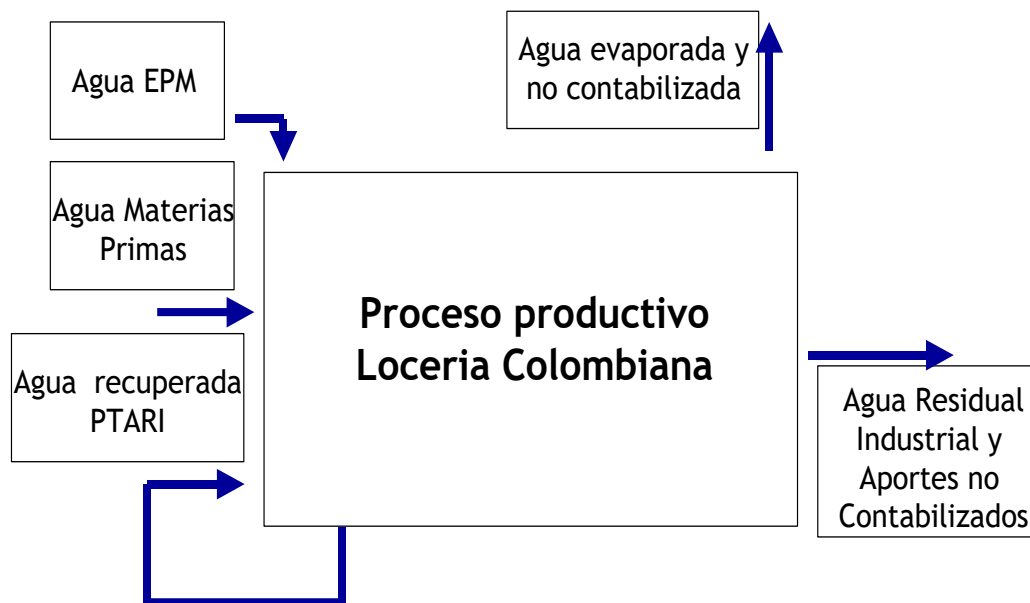
INTRODUCCIÓN

Locería colombiana es una de las empresas fabricante de vajillas mas importante de Latinoamérica, donde para obtener el producto final, se requiere de un largo proceso productivo en el cual se envuelven actividades como preparación de pasta, preparación de esmalte, fabricación de moldes de yeso, pulido de piezas, refrigeración de equipos, lavado de equipos y pisos, y decoración de piezas con calcomanía; que para su buen desempeño necesitan un alto consumo de agua, además a lo anterior se le suma el consumo de casi 1000 empleados.

La compañía tiene muy claro que su consumo de agua es significativo, y que por esto diariamente se deben buscar alternativas para disminuirlo, por esta razón, se dio inicio a el programa de uso eficiente y racional del agua PUEYRA, el cual tiene como objetivo principal, optimizar el uso del recurso hídrico en la compañía, por medio de racionalización y manejo eficiente; lo cual no sólo traerá beneficios ambientales para la empresa, sino también económicos.

En este artículo se podrán observar las diferentes actividades realizadas durante el desarrollo del programa y los resultados obtenidos en el Balance Hídrico Locería Colombiana.

- AGUA EPM: Es el agua que proporciona Empresas Públicas de Medellín a la compañía, ésta es la de principal uso en la compañía; se consume tanto en los procesos industriales como en las actividades antrópicas
- AGUA DE MATERIAS PRIMAS: Es la sumatoria de los respectivos porcentajes de humedad de las materias primas principales.
- AGUA RECUPERADA TARI: Es el agua que se recupera del tratamiento de las aguas residuales industriales que se generan en nuestra compañía.
- AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL Y APORTES NO CONTABILIZADOS: Es el agua residual industrial que no se recupera en la planta de tratamiento, sumando además los aportes no contabilizados los cuales se deben realmente a las descargas de agua residual de las viviendas aledañas, fincas para cría de marranos, entre otras, que se unen con las ARI de la compañía y se contabilizan como descargas de aguas residuales de Locería Colombiana S.A.
- AGUA EVAPORADA Y NO CONTABILIZADA: Es la diferencia entre las ARI generadas en los procesos industriales y el total de agua que entra a la compañía; agua evaporada a través de los procesos de cocción y de secado incluyendo posibles algunas posibles aguas no contabilizadas.



Etapas del PUEYRA en Locería Colombiana.

1. Instalación de contadores: Basados en que, *lo que no se mide no se controla*, lo primero hacer fue instalar contadores en diferentes zonas de la empresa, para de esta manera, no sólo evaluar el gasto de este recurso a nivel global, sino también en zonas específicas. En estos momentos se cuenta con 39 contadores, los cuales son de gran ayuda en el control del consumo de agua.
2. Monitoreo de contadores: Una vez instalados y puestos en marcha los contadores, se procedió a registrar su medición cada ocho días, para de esta manera obtener el consumo semanal, además se hace una lectura el primer día de cada mes para llevar un control del consumo mensual en cada zona.
3. Identificación de zonas críticas: Después de realizar el monitoreo y obtener los consumos mensuales y semanales, se determinaron las zonas con mayores consumos, las cuales se identificaron como zonas críticas.

4. Implementación de acciones correctivas: Conociendo cuales eran las zonas de la compañía que tenían consumos mas representativos, se procedió a analizar que acciones se deberían implementar en cada zona; por ejemplo si con capacitaciones bastaba o era necesario aplicar nuevas tecnologías. Dependiendo de la actividad que se estuviera realizando en cada área, se determinaba que nueva tecnología sería la indicada.

Sumado a estas cuatro actividades se implementaron dos planes que han estado en marcha después del inicio del PUEYRA, éstos fueron los siguientes:

Plan de monitoreo: Después llevar a cabo las acciones correctivas; semanalmente (todos los viernes) se han seguido reportando las lecturas de los contadores de consumo de agua en los procesos productivos, los cuales muestran la eficacia de las alternativas implementadas, además los resultados se evaluarán en las reuniones quincenales de revisión del Sistema de Gestión Ambiental, y las reuniones mensuales de comité ambiental, en las que se identificarán necesidades de cambio o la adopción de nuevas medidas a implementar.

Plan de seguimiento: De acuerdo con la implementación del Sistema de Gestión Ambiental y las actividades de mantenibilidad que ello acarrea, se ha venido haciendo un seguimiento al programa de uso eficiente y racional del agua mediante la normalización de las variables ambientales de los procesos de producción de la compañía, específicamente lo referente a uso eficiente y racional del agua mediante la verificación del adecuado funcionamiento de las acciones ya ejecutadas desde el año 1999.

ACCIONES CORRECTIVAS IMPLEMENTADAS

Inicialmente se brindaron capacitaciones para que el personal se diera cuenta de la importancia de darle un buen uso al recurso hídrico, para así atacar de manera global el problema que se presenta con el alto consumo humano; además de estas charlas se realizaron las siguientes actividades:

- Instalación de equipos sanitarios de bajo consumo y grifería automática



Esta medida se tomo para contrarrestar el alto consumo de agua que se presenta en la compañía, por parte del personal. Los equipos fueron instalados en casi la totalidad de los baños de la planta.

- Instalación de una torre de enfriamiento



En esta torre de enfriamiento se recircula el agua de enfriamiento de las bombas hidráulicas.

- Instalación de sensores y electroválvulas



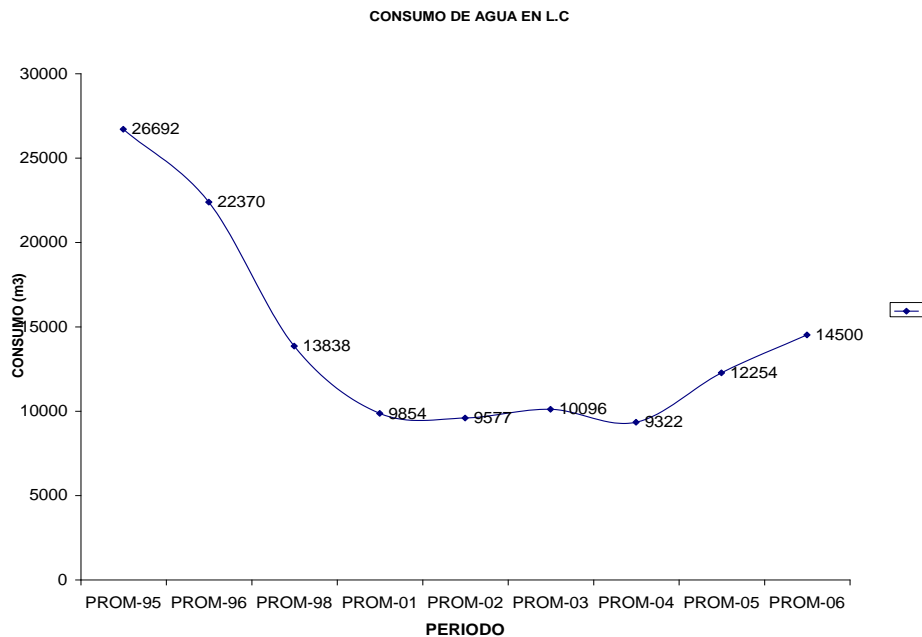
Este sistema se instaló en las secciones de pulido, para que la salida del agua se hiciera de una manera controlada, ya que anteriormente la llave permanecía abierta constantemente para que el personal de pulido pudiera impregnar sus esponjas de agua y realizar su trabajo, ahora con esta nueva metodología la llave se abre automáticamente sólo cuando es necesario.

- Reuso del agua residual industrial tratada.

La empresa cuenta con una planta de tratamiento de agua residual industrial, en la cual el agua utilizada en procesos como preparación de pasta y esmalte, operaciones de pulido, decoración, y algunos otros, van a cajas de sedimentación que se comunican con la filtroprensa, donde se disminuye el aporte de sólidos, y posteriormente va a la PTARI y allí se realiza un tratamiento secundario en el que se llevan a cabo los procesos de coagulación, floculación y sedimentación para finalmente obtener agua tratada con un porcentaje de remoción del 90%, la cual se utiliza en actividades como lavado de equipos, lavado de pisos y suministro para la red de incendio, representando una herramienta de gran importancia y utilidad en el ahorro de agua.

RESULTADOS

- En el siguiente gráfico se puede observar que con la implementación del PUEYRA se ha logrado disminuir en gran cantidad el consumo de agua. Es importante aclarar que el aumento que se observa en los últimos años se debe a que se ha incrementado la producción.



- Con la implementación de fotoceldas en la zona de pulido se está haciendo un ahorro de 2L/ minuto de agua, lo que en un mes representaría por máquina 45000L, teniendo en cuenta dos turnos, cada uno de 8h y aproximadamente 10 pulidoras manuales. También, en seis de los secaderos hay funcionamiento de fotoceldas.
- Con la instalación de las electroválvulas se consumen solamente 2L de agua o 4L de acuerdo al funcionamiento del equipo. En las máquinas automáticas de pulido y en prensas se ha obtenido un ahorro mensual de 74000L por máquina, teniendo en cuenta que son tres turnos al día en seis días de la semana. Son 8 pulidoras y 4 prensas con sus respectivas pulidoras.
- Los accesorios de reducción de caudal de agua en pocetas y traperas consumen 7L/ minuto, mientras que si no tuviera el regulador consumiría 15L/ minuto, entonces se estima que en 30 minutos de funcionamiento diario se consumirían mensualmente 10900L por cada unidad. Se instalaron 20 de estos dispositivos reguladores
- La red de incendios se llena con agua residual, por tal motivo pasamos de un promedio de consumo de 20 m³/ mes a cero.
- Con la instalación de los diferentes dispositivos o sistemas ahorradores de agua se ha logrado reducir el consumo de este recurso a nivel global de la compañía de 14000m³/mes a 11000m³/mes, lo que demuestra que no sólo se está ahorrando en consumo y en costos sino que se está contribuyendo para disminuir el daño a los recursos naturales, en este caso, el agua.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Sistema Documental Vajillas Corona. Listado Maestros de documentos Internos.

INFORME GESTIÓN INTEGRAL DEL AGUA EN CORNARE CONSOLIDADO A 31 DE DICIEMBRE DE 2005 PLAN DE ACCIÓN 2004 - 2006

Autor: Ingeniera civil especialista en Ingeniería ambiental Luz Stella Vélez Mesa, Unidad SIAR de la Subdirección ambiental de Cornare

Modificado por: Administradora agropecuaria y Técnico especialista en Cuencas hidrográficas Gloria Offir Iral Zapata, Regional Valles de San Nicolás de Cornare

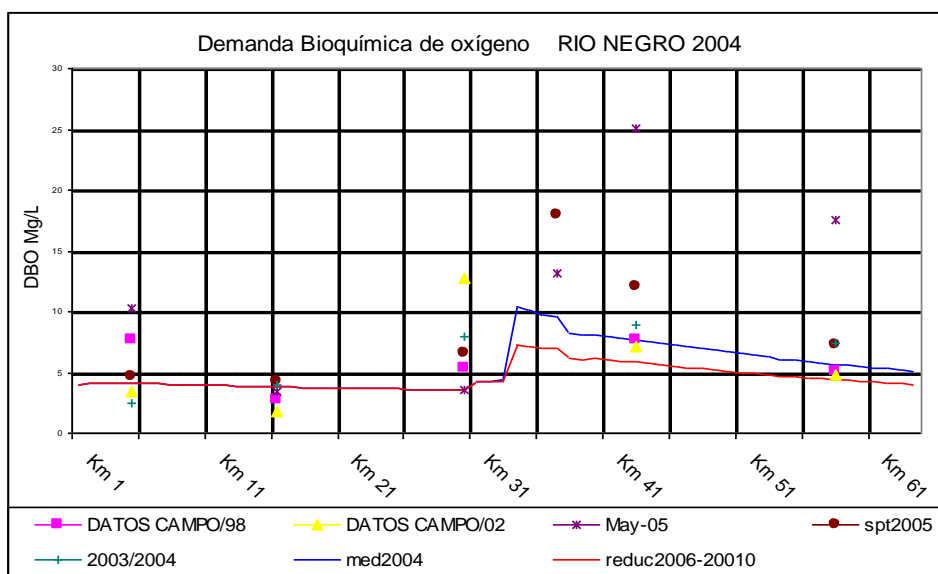
Correo electrónico:

Fecha:

Lugar:

Se viene ejecutando convenio con la Corporación Ambiental de la Universidad de Antioquia, (Convenio 196/2004), cuyo objeto es la operación del Modelo de Simulación QUAL2E, con la información de los programas de Tasas Retributivas y Monitoreo Ambiental de La Corporación, para obtener datos confiables que permitan la obtención de la calidad de las corrientes en la cuenca del Río Negro.

Se realizaron dos muestreos a las 17 estaciones hidrométricas sobre la Cuenca del Río Negro, en mayo y septiembre de este año, se corrió el modelo de simulación QUAL 2E con la información del año 2004 y se generó el escenario simulado 2006 - 2010 para la concertación de la meta del nuevo quinquenio del programa de tasas retributivas.



Demanda Química de Oxígeno en el Río Negro, año 2004, Modelo Qual 2e

Se viene apoyando al grupo Semillero de la Universidad de Antioquia, con proyecto piloto sobre los principales procesos que controlan la calidad del agua en la Quebrada La Pereira.

Se realizó una inversión por parte de Cornare de \$ 12.500, y se consolidó la información procesada en un documento.

PROYECTO: FORTALECIMIENTO, AMPLIACIÓN DE LA COBERTURA, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA RED HIDROMETEOROLÓGICA

Se realizaron convenios con Ocho (8) Empresas de Servicios Públicos o Municipios para la operación de estaciones hidrométricas instaladas aguas arriba de las bocatomas de sus municipios:

- Empresa de Servicios Públicos de Guarne, por valor de \$ 1.494.828, con aporte de Cornare por valor de \$ 654.828
- Conhydra - Empresa de Servicios Públicos de Marinilla, por valor de \$ 1.964.484, con aporte de Cornare por valor de \$ 1.309.656
- Empresa de Servicios Públicos de La Unión, por valor de \$ 1.309.656, con aporte de Cornare por valor de \$ 654.828
- Empresa de Servicios Públicos de La Cimarronas de El Carmen de Viboral, por valor de \$ 4.680.000, con aporte de Cornare por valor de \$ 2.340.000
- Aguas de Rionegro - Empresa de Servicios Públicos de Rionegro, por valor de \$ 6.796.796, con aporte de Cornare por valor de \$ 4.583.796
- Empresa de Servicios Públicos de La Ceja, por valor de \$ 1.309.656, con aporte de Cornare por valor de \$ 654.828
- Municipio de Cocorná, por valor de \$ 3.654.828, con aporte de Cornare por valor de \$ 3.000.000
- Municipio de San Vicente, por valor de \$ 1.964.484, con aporte de Cornare por valor de \$ 1.309.656

Y con el acueducto rural de Corporación La Enea, por valor de \$ 654.828, aporte de Cornare.

En total 10 convenios por valor de \$ 23.829.560, con un aporte de Cornare de \$ 15.162.420, que representa el 64%

Se adicionó el Contrato 349 – 2004, para mantenimiento de las estaciones hidrométricas, con recursos 2005 por valor de \$ 8.360.000, el cual se ejecutó entre enero y julio de 2005.

Actualmente se cuentan con 34 estaciones hidrométricas propiedad de la Corporación, las cuales se operan mediante convenios de cooperación con empresas de servicios públicos y acueductos de la región.



**Toma de Lectura en Estación Limnimétrica La Mosquita,
en Quebrada del mismo nombre.**

Se procesó la información de lecturas de las 34 estaciones hidrométricas propiedad de la Corporación, y se actualizaron las curvas de calibración de dichas estaciones, construyéndose las series de caudales diarios, mensuales y anuales, las cuales fueron socializadas con las Empresas de Servicios Públicos.

PROYECTO: DETERMINACIÓN Y GESTIÓN PARA LA DISMINUCIÓN DE LA VULNERABILIDAD EN LA RELACIÓN OFERTA DEMANDA DEL RECURSO HÍDRICO EN MICROCUENCAS ABASTECEDORAS

Suscripción de dos convenios dentro del programa liderado por la Gobernación de Antioquia que se denomina "Fábricas de Vida", el primero de ellos entre la Gobernación de Antioquia, el Dama, Corantioquia, El IDEA y CORNARE, con el fin de constituir un fondo por \$850.000.000 para la adquisición de tierras en las cuencas que surten acueductos y en áreas de interés estratégico para el manejo de los recursos naturales y el medio ambiente de todos los municipios de Antioquia. Para este proyecto CORNARE aportó \$ 350.000.000. Dentro de su ejecución se evaluaron 12 proyectos sobre compra de tierras presentados por los Gestores de los municipios de LA regional Valles de San Nicolás. El Comité Técnico del Convenio priorizó la compra de tierras en los municipios de San Vicente, Rionegro, El Retiro y Marinilla.

La segunda fase del convenio se suscribió con el DAMA, La Gobernación y El IDEA, ello con el fin de apoyar la compra de tierras en los municipios de la jurisdicción CORNARE, que presentaron proyectos para ello: El Peñol, Guatapé, Alejandría, La Unión, La Ceja, El Carmen de Viboral y El Santuario. Este convenio tiene un costo de \$896.6777.541, de los cuales CORNARE aporta \$313.458.000 y El DAMA \$583.219.541.

PROYECTO: COORDINACIÓN INTERINSTITUCIONAL A NIVEL DEPARTAMENTAL PARA LA GESTIÓN DEL RECURSO AGUA

Se continua trabajando con el Centro de Ciencia y Tecnología de Antioquia en la CATEDRA DEL AGUA, para el departamento de Antioquia, en el primer semestre del año, con el convenio 023 – 2004 y

actualmente en la ejecución del Convenio 150-2005, con un aporte por parte de Cornare de \$ 10.000.000.

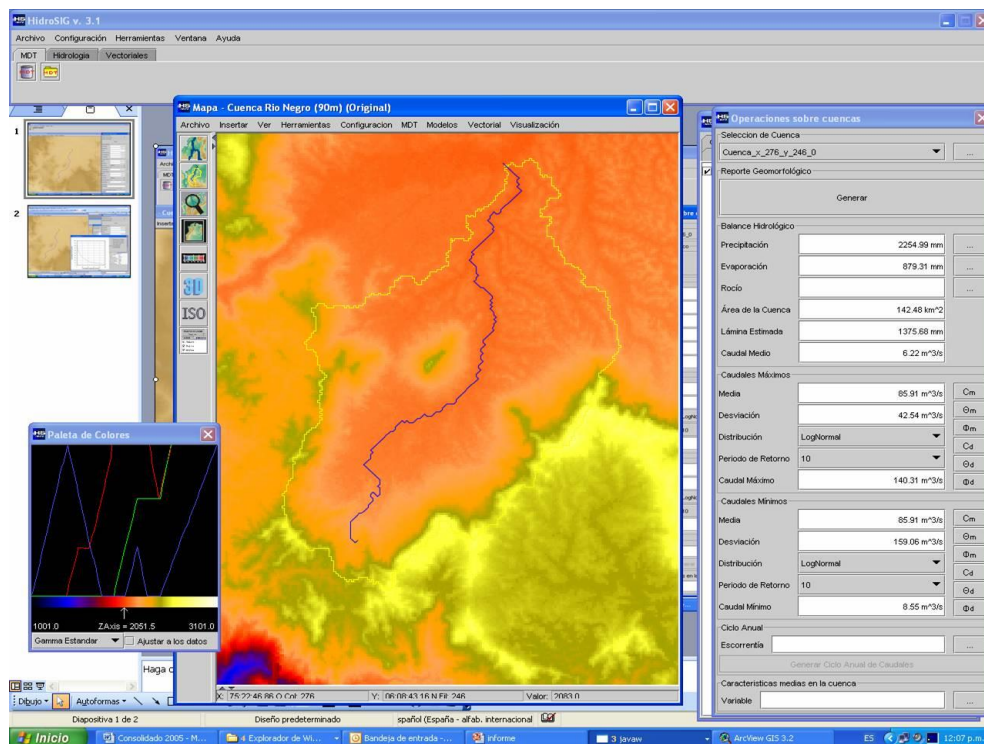
Como logros se destacan: El Área de Comunicaciones del Centro de Ciencia y Tecnología de Antioquia, posicionan la Cátedra al interior de las organizaciones que pertenecen al convenio, al igual que a nivel regional, diseñan e implementan el *pop up* para las páginas web de las instituciones signatarias, diseñan la plataforma virtual Portal del Agua, en el momento se está ingresando la información necesaria para comenzar a dar funcionamiento.

Dos publicaciones se vienen trabajando: La Actualización del Estado del Arte del Recurso Hídrico en el Departamento de Antioquia. 2005 y la Revista (cuyo nombre está por definir) que será de periodicidad anual, sobre los eventos de socialización desarrollados anualmente.

PROYECTO: ACTUALIZACIÓN DE LA CUENTA FÍSICA DEL RECURSO HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO NEGRO Y EJECUCIÓN DE ACCIONES TENDIENTES A LA ESTRUCTURACIÓN DE LAS CUENTAS DE CALIDAD, FÍSICA Y DEL GASTO

Se ejecutó entre Octubre de 2004 a Octubre de 2005, con recursos de vigencia 2004 el convenio 210 - 2004 cuyo objeto fue la realización del Atlas Hidrológico de la Región CORNARE, el cual nos permite tener información hidrológica de las cuencas de la región a detalle de 90 x 90 mts.

El producto del Atlas Hidrológico es un software llamado HIDROSIG, herramienta fundamental para actualizar la oferta hídrica, y los índices de escasez, base para el cobro de las tasas por utilización de aguas, así como soporte para la hidrología de los planes de Ordenamiento y manejo de las cuencas abastecedoras de acueductos municipales en elaboración.



Software HIDROSIG – Versión 3.1

Además, se realizó la capacitación de 12 funcionarios de la entidad en dicho software sobre modelación de la oferta hídrica en la región.

PROYECTO: GESTIÓN, DISEÑO Y EJECUCIÓN DE PLANES MAESTROS DE SANEAMIENTO AMBIENTAL EN LOS MUNICIPIOS DE LA JURISDICCIÓN

Se elaboraron los diseños del Plan Maestro de Acueducto y Alcantarillado en el Municipio de Nariño y corregimiento de Puerto Venus, con generación de 7 empleos directos, 47 jornales, población directa beneficiada de 11500 personas y una inversión de 180 millones de pesos.

Actualización de diseños del plan maestro de Saneamiento de Alejandría, con población directa beneficiada de 300 personas e indirecta de 3968 personas y una inversión de 27.5 millones de pesos.

Arranque, puesta en marcha y calibración de las Plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas de los municipios de El Peñol, Granada y de San Carlos, con 3 empleos generados y 450 jornales generados y una inversión de 90.4 millones de pesos como aporte de Cornare. 17 personas capacitadas y 25.000 personas beneficiadas por el proyecto

Elaboración y formulación del plan maestro de saneamiento básico (acueducto y alcantarillado) corregimiento de Doradal - municipio de Puerto Triunfo, y de los estudios y diseños del plan maestro de acueducto y alcantarillado para el centro poblado de Jerusalén del municipio de Sonsón. Los contratos tuvieron un valor total de \$ 90.000.000 de los cuales La Corporación aportó \$73.000.000, el municipio de Puerto Triunfo \$ 5.000.000 la Asociación Junta Administradora del Acueducto y Alcantarillado de Doradal \$ 10.000.000. y el municipio de Sonsón \$ 2.000.000.

Se generaron 25 jornales de mano de obra no calificada y 18 empleos calificados directos. La población directamente beneficiada fueron 3.000 personas y de forma indirecta 5.000

Construcción de la segunda etapa del plan maestro de alcantarillado del municipio de San Luis, Antioquia: circuito 6. Se capacitaron 70 personas y se construyeron 31 tanque séptico y 1 tanque FAFA en el circuito 6 en la vereda Montenegro y el área peri-urbana del municipio de San Luis Antioquia. Inversión por un valor total de \$ 97.467.805 de los cuales la Corporación aportó \$74.085.318 y el municipio \$23.382.487, se generaron 600 jornales de mano de obra no calificada y el beneficio directo de 4.500 personas e indirectas 12.000.

La construcción de la red de alcantarillado al ingreso del Municipio de El Retiro, en la carrera 19 y en la 20, mediante convenio 255-2004, se beneficiaron 8000 Personas, se generaron 50 jornales y 10 empleos.

Se construyó la red de alcantarillado en cercanías del Centro Integrado de Comercialización y Transporte, tanto para aguas lluvias como para aguas negras, en una longitud respectivamente de 8 pulgadas 70 m.l., tubería de 10 pulgadas 218m.l., con la Empresa de Servicios Públicos de Guarne E. S. P. Personas beneficiadas 2000, directamente, jornales 15 y empleos 7.

Se hizo el arranque y puesta en marcha las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas de los Municipios de San Luis, Guarne y El Santuario.

Reforestación y disminución de la carga contaminante de la Microcuenca de la Vereda San Nicolás, a través de convenios con los municipios citados y la Junta reacción comunal San Nicolás.

Construcción de la segunda etapa del interceptor sur, sobre la vía el tranvía (en los tramos A4 - IS36 del sistema de alcantarillado), Ejecución de las obras correspondientes a la terminación del interceptor Norte (tramos MH6 al MH9), del sistema de alcantarillado y Construcción de la primera etapa del interceptor sur, sobre la calle 27, mediante convenios con el Municipio de Marinilla y la Empresa Cohydra.

Construcción de la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas para la zona urbana del Municipio de Rionegro, el cual incluye la construcción de la estación de bombeo y tubería de impulsión, con un costo de \$5.848.440.400 con aporte de CORNARE y del Municipio.

Construcción de la segunda etapa del Plan Maestro de Saneamiento Básico (componente alcantarillado) para el Municipio de la Ceja del Tambo.

PROYECTO: AJUSTE AL PLAN DE SANEAMIENTO RURAL Y EJECUCIÓN DE PROYECTOS PRIORIZADOS EN LA JURISDICCIÓN

Construcción de 10 pozos sépticos, en la vereda Bodegas del Municipio de El Santuario. Personas beneficiadas 70 personas, jornales 33 y empleos 3.

Construcción de 14 unisafas estratos 1 y 2 y 13 pozos sépticos en las veredas La Española, Guamito y Puente Linda del Municipio de Nariño, con generación de 1 empleos directo, 148 jornales, población directa beneficiada de 19 familias y una inversión de 55 millones de pesos.

Saneamiento ambiental para recuperación de fuentes de agua que surten los acueductos veredales mediante la construcción de 20 pozos y 20 unisafas en el área rural del municipio de Abejorral, con generación de 1 empleos directos, 65 jornales,

Instalación de 162 tanques sépticos, Construcción de 105 unisafas, construcción de 13 bocatomas y de 13 tanques desarenadores en 51 veredas de los municipios de Alejandría y Santo Domingo y Corregimientos de Porce y Botero con 8 empleos directos generados y 1928 jornales, 674 personas capacitadas y una inversión de 281.9 millones de pesos.

Saneamiento rural y Protección fuentes de agua en Alejandría, Saneamiento rural en San Roque, Santo Domingo y Concepción, con 1.198 de beneficiadas directamente y 26.398 de población beneficiadas indirectamente.

Construcción de 91 unisafas, 125 pozos sépticos, 2 abrevaderos, 3 tanques de lavado de ropa y 2 Abastos de agua en los municipios de San Carlos, San Rafael, Guatapé y El Peñol, con una inversión total: \$ 474.910.192, aporte CORNARE \$289.345.266 aporte municipios: \$ 146.108.090, aporte comunidad: \$ 39.456.836, 5 empleos y 3900 jornales generados directamente. 260 Personas capacitadas y 4000 personas beneficiadas directamente por el proyecto.

Construcción de 3 sistemas de tratamiento para excretas (tanque séptico) y 1 estufa eficiente para leña en el municipio de El Peñol, Vereda El Chilco, con una Inversión ejecutada \$ 23.026.000, con 1 empleo y 500 jornales generados, 65 personas capacitadas y 355 personas beneficiadas por el proyecto.

Saneamiento básico rural mediante el manejo sostenible de la guadua y la construcción de 40 unidades sanitarias con sistema de tratamiento primario, Disminución de la morbilidad mediante el mejoramiento de las fuentes surtidoras de agua y Saneamiento básico vereda La Granja, municipio de Cocorná. Para ello se construyeron 40 unidades sanitarias en guadua, 9 pozos sépticos, se realizaron 50 pruebas fisicoquímicas y microbiológicas, se establecieron 2 Ha. de bosque protector, se realizaron 21 talleres de educación ambiental dirigido a 380 personas, 1 gira ecológica, se generaron 525 jornales de mano de obra no calificada y 160 jornales de mano de obra calificada, así mismo se beneficiaron directamente 1.280 personas y de forma indirecta 14.000. Estos proyectos tuvieron un costo total de \$86.544.190,24 de los cuales la Corporación aportó \$ 78.974.050 y El Municipio de Cocorná \$ 7.570.140.24. Se generaron 2 empleos directos.

Saneamiento Básico rural y recuperación de los Recursos naturales con participación comunitaria en el Corregimiento Corrientes del Municipio de San Vicente. Cofinanciado por CORNARE, Municipio de San Vicente y JAC Vereda Corrientes.

Construcción de 3 tanques sépticos, mantenimiento de 15 sistemas instalados en las escuelas rurales del Municipio de La Unión, con una inversión total de \$18.993.461 de los cuales el aporte de CORNARE es de \$16.109.781; beneficia directamente 900 personas.

Establecimiento y aislamiento forestal de cincuenta (50) hectáreas de protección Hídrica en la quebrada La Riñón, microcuenca Chachafruto-La Bodega, sector norte de la pista de aterrizaje del Aeropuerto José María Córdoba de Rionegro, mediante Convenio CORNARE y Aguas de Rionegro por un valor de \$7.272.987.

Saneamiento básico en seis (6) veredas a través de la construcción de sistemas sépticos y limpieza del cauce de 13.196 metros lineales en tramos de quebradas urbanas y rurales, en área de influencia del sistema hídrico del Acueducto Municipal de Rionegro.

Conservación, reforestación y saneamiento básico en el Corregimiento San José del Municipio de La Ceja, mediante la construcción de 57 tanques sépticos que se implementaran en once (11) veredas del Corregimiento de San José y con capacitación a 76 personas.

Saneamiento del Río Santo Domingo, mediante la construcción de 15 tanques sépticos.

PROYECTO: CONSOLIDACIÓN Y SEGUIMIENTO AL PROGRAMA DE USO EFICIENTE Y AHORRO DEL AGUA

En cumplimiento del artículo 7, de la Ley 373 de 1997, Cornare estableció consumos básicos en función de los usos del agua y desincentivó los consumos máximos de cada usuario y estableció los procedimientos, las tarifas y las medidas a tomar para aquellos consumidores que sobrepasen el consumo máximo así como adopción de los Términos de Referencia para la formulación de los Planes Quinquenales fijado mediante la resolución No. 112-1183 del 8 de abril de 2005.

De 53 Planes quinquenales presentados y evaluados en el año 2005, 22 planes fueron del sector floricultor, 16 planes del sector doméstico (Juntas de Acción Comunal y Acueductos) y 15 planes del sector Industrial.

Del total de Planes Quinquenales evaluados, diez y seis (16) fueron aprobados.

Se les realizó control y seguimiento a 70 floricultivos e industrias en la región de Valles de San Nicolás.

PROYECTO: DETERMINACIÓN Y NORMALIZACIÓN DE LÍMITES PERMISIBLES A LA DESCARGA DE CONTAMINACIÓN EN CUENCAS PRIORIZADAS

Se suscribió Convenio con la Universidad de Antioquia por valor de \$17.586.000, y un plazo de seis (6) meses para la ejecución del proyecto que consiste en evaluar la toxicidad de algunos vertimientos sobre especies de peces típicas de la región, para encontrar la concentración letal del 50% de los organismos de prueba en un período de 96 horas con el propósito de reglamentar los límites permisibles de algunos compuestos tóxicos y aplicar así el decreto 1594 de 1984, artículo 45.

PROYECTO: CONTINUIDAD EN LA APLICACIÓN DEL INSTRUMENTO DE LAS TASAS RETRIBUTIVAS

Dentro del proyecto de aplicación de tasas retributivas en la región Cornare, además de las actividades propias del seguimiento, como son las caracterizaciones de vertimientos, el acompañamiento a los monitoreos realizados por los usuarios y, la capacitación a los usuarios durante el presente año se llevó a cabo todo el proceso de socialización de la Resolución No. 1433 de 2004 que obliga a todas las personas prestadoras del servicio de alcantarillado a presentar un programa de saneamiento de todos sus vertimientos antes del 27 de diciembre de 2005.

El proceso de socialización incluyó talleres con los alcaldes y gerentes de las empresas, así como con los funcionarios de Cornare de las diferentes regionales. Se realizaron un total de 9 talleres incluidos

los realizados con los funcionarios de las diferentes regionales, así como un taller de seguimiento en el mes de octubre con los gerentes y otro realizado con los gestores ambientales.

En relación con el seguimiento al proceso de las tasas retributivas, se tomaron 52 muestras de vertimientos, 114 muestras de las corrientes superficiales y se analizaron 90 informes de caracterización de vertimientos presentados por los usuarios.

En relación con el programa de monitoreo de corrientes, el promedio de la Demanda Bioquímica de Oxígeno es de 7.7 mg/L y de Oxígeno disuelto fue de 6.6 mg/L. el mínimo valor de Oxígeno encontrado fue de 4.13 y un máximo de 8.2 mg/L, lo que confirma lo que siempre se ha dicho de que la región de Cornare es la que le entrega oxígeno a los ríos Magdalena y Cauca gracias a la aplicación de los instrumentos económicos y al programa de saneamiento ambiental con un total de 17 municipios y 4 centros Poblados con planta de tratamiento de Aguas residuales . Anexo cuadro de monitoreo.

La aplicación del instrumento de tasas retributivas en cumplimiento del decreto 3100 de 2003, dio como resultado que durante el 2005 se emitieron a nuestras fuentes hídricas 4.845 toneladas de DBO5, 55 toneladas menos que en el 2004 y 3866 toneladas de sólidos suspendidos, 23 toneladas menos que en el 2004; esto refuerza aún más la efectividad del instrumento. La inversión tanto por la aplicación del instrumento de tasas retributivas como en monitoreo y seguimiento del recurso hídrico es de es de 85 millones de pesos.

PROYECTO: IMPLEMENTACIÓN Y SEGUIMIENTO DE LA TASA POR USO DEL RECURSO HÍDRICO

Se implementó el proceso de Tasas por Uso en la Jurisdicción CORNARE basado en el Decreto 155 de 2004.

Se remitió en el primer trimestre del año el formulario con información relacionada con el cobro de las Tasas por Uso al Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, año 2004, exigido por Resolución 866 a que se refiere el artículo 20 del Decreto 155 de 2004.

Se generó el primer informe anual de TASAS POR UTILIZACION DE AGUAS, el que contiene antecedentes, metodología, análisis de información, recaudo, el cual fue remitido al Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial en cumplimiento del Artículo 20, del Decreto 155 de 2004.

Se implementó el formulario de Autodeclaración y Registro de consumos de agua y vertimientos en cumplimiento del párrafo del artículo 6 del Decreto 155 de 2004, para que los usuarios pasivos de la tasa por utilización de agua que tengan implementado un sistema de medición presenten los reportes sobre volúmenes de agua captada, para proceder a realizar la liquidación y el cobro de la tasa sobre dicha información, la cual se debe entregar a septiembre de cada año.

Se generó el consolidado de la información base, soporte para la facturación de las tasas por Utilización de las aguas del año 2004, el cual se oficializó mediante la Resolución 112-1066 del 1 de Abril de 2005.

Se recaudó facturación de 535 usuarios por un valor de \$ 344.270.030 por concepto de tasas por uso del agua del período enero 1º. a 31 de diciembre de 2004.

CONSOLIDADO DE FACTURACION DE TASAS POR USO AÑO 2005 CORRESPONDIENTE A EL PERIODO 2004		
MES	Nº DE USUARIOS	VALOR CANCELADO
Enero	1	176.058,00

Febrero	2	210.766,00
Marzo	3	7.397.548,00
Abril	2	620.726,00
Mayo	2	3.576.840,00
Junio	7	2.903.155,00
Julio	54	308.366.598,00
Agosto	168	8.328.062,00
Septiembre	96	1.943.173,00
Octubre	94	1.265.069,00
Noviembre	86	3.441.822,00
Diciembre	20	6.040.213,00
TOTAL	535	344.270.030,00

Se atendieron aclaraciones y reclamaciones de 70 usuarios de diferentes sectores sobre proceso de facturación de tasas por uso del recurso hídrico.

Se construyó la facturación de Tasas por utilización de aguas para los tres primeros trimestres del año 2005 a grandes usuarios y Empresas de Servicios públicos y Municipios de la Región, consistente en 99 usuarios por un valor de \$ 489.805.555

Para los usuarios que presentaron el formulario de Autodeclaración y Registro de consumos de agua y vertimientos, se les ajustó la facturación, según los reportes de consumo suministrados; en la mayoría de los casos se observó menor consumo de agua, lo que redundó en una reducción del valor a pagar por concepto de la Tasa por Utilización de aguas.

PROYECTO: MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD Y COMPETENCIA TÉCNICA DEL CENTRO DE SERVICIOS DE ANÁLISIS DE AGUA CENSA.

Durante el año 2005 el Centro de Servicios de Análisis de Aguas de Cornare (CENSA), reafirmó su posicionamiento como uno de los laboratorios de análisis de aguas más especializados y reconocidos tanto a nivel regional como nacional.

Su avance en el proceso de acreditación ante el Ideam, en el cual se logró mantener la vigencia de la acreditación para 16 parámetros hasta el 2007 y el reconocimiento en el medio le permitió ampliar la cobertura y credibilidad en sus servicios de análisis de muestras de agua a los diferentes usuarios tanto internos como externo, entre ellos la Dirección Seccional de Salud de Antioquia, municipios, Empresas de Servicios Públicos, otras autoridades ambientales, universidades, los diferentes sectores productivos y comunidad en general.

Es de resaltar durante el 2005 el incremento en el apoyo a diferentes proyectos y convenios de la Corporación así como las solicitudes de servicios por parte de la comunidad regional especialmente Asociaciones de usuarios de acueductos veredales y corregimientos, lo que reafirma el compromiso del CENSA de retribuir a la comunidad regional prestando servicios de calidad con tarifas diferenciales a la comunidad.

En este sentido continuó el incremento en la demanda de servicios ya evidenciado en los últimos años, con 2800 muestras analizadas, frente a una meta establecida para el 2005 de 2000 muestras, con lo cual se superó esta en un 40%. Los servicios de análisis prestados se resumen así:

- Servicio comunidad: 1012 muestras: equivalente a un 36% del total de muestras analizadas
- Convenio CORNARE-DSSA: cuyo objeto es los servicios de análisis de agua para consumo humano a 21 municipios del Departamento de Antioquia: 500 muestras.
- Convenio 269-2004 CORNARE-DSSA: Proyecto "Monitoreo de plaguicidas en fuentes de abastecimiento de acueductos municipales de alto riesgo": 113 muestras. El aporte de CORNARE en este proyecto por concepto de servicios de análisis del CENSA fue de 39.600.000.oo.

- Convenio de Cooperación CORNARE-Universidad de Antioquia: cuyo objeto lo constituye la segunda fase en la identificación de los principales productos de degradación de algunos de los plaguicidas utilizados en la región.
- Servicio a particulares: 425 muestras
- Servicios de apoyo proyectos corporativos: 700 muestras, 25% del total de muestras analizadas. Entre estos proyectos se pueden mencionar: "Gestión, diseño y ejecución de planes maestros de saneamiento ambiental en los municipios de la jurisdicción", "Modelación de la calidad del agua en corrientes críticas de la región", "Aplicación del instrumento de tasas retributivas", degradación de PCBs para la empresa New Alliance Inc, , Convenio CORNARE-Universidad de Medellín "Formulación de planes de ordenamiento y manejo de cuencas hidrográficas que surten acueductos urbanos de municipios subregión Aguas", entre otros.

El CENSA participó en diferentes programas de cooperación y pruebas de evaluación de desempeño con otros laboratorios a nivel regional, nacional e internacional tales como el Ideam, Programa Interlaboratorios de Control de Calidad para Aguas Potables (PICCAP) liderado por el Instituto Nacional de Salud (INS), Programa de control de calidad de aguas y alimentos con el Laboratorio Departamental de Salud Pública de la Dirección Seccional de Salud de Antioquia, Environmental Services Laboratory de la Kimberly Clark Corporation, Red de Control de Calidad Analítico de Laboratorios de Aguas, RedAguas; a través de estos espacios es posible medir la competencia técnica del CENSA, establecer la revisión periódica de los protocolos de análisis y evaluar su aplicación con el fin de mejorarlos o buscar nuevas metodologías.

En cuanto al comportamiento de ingresos, el balance es: ingresos aproximados por venta de servicios a usuarios externos: 141.300.000; el subsidio a las comunidades por parte de Cornare fue de 14.700.000; incentivos a líderes PROGRESA: 9.500.000; Proyectos y Programas corporativos 107.000.000, para un total en servicios de aproximadamente 272.500.000, frente a una meta establecida de 100.000.000.

INTRODUCCIÓN AL PROBLEMA DE LA EROSIÓN LITORAL EN URABÁ

Autor: Iván Darío Correa, Departamento de Geología de la Universidad EAFIT y y Georges Vernette, Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras (INVEMAR).

Correo electrónico: icorrea@eafit.edu.co georges_vernette@yahoo.fr

Fecha:

Lugar: Facultad de Salud Pública de la Universidad de Antioquia, Medellín.

RESUMEN

La erosión litoral ha sido la tendencia histórica dominante a lo largo de los aproximadamente 145 km de línea de costa entre las ciudades de Arboletes y Turbo (sur del Litoral Caribe colombiano). En las cuatro últimas décadas ocurrieron retrocesos de la línea de costa del orden de los 50-100m en varios sectores (Uveros, Damaquiel, Zapata, Turbo), y de hasta 1.6 km en el área Punta Rey-Arboletes, en la cual las pérdidas de terrenos suman más de 4.5 km² y la erosión alcanzó tasas máximas de hasta 40m/año. La síntesis de la información disponible sugiere que la "susceptibilidad" generalizada a la erosión podría ser la respuesta a ascensos relativos del nivel del mar, asociados a la tectónica regional, a los efectos del diapirismo de lodos y a la hidroisostacia, entre otros posibles factores. En los sectores más críticos (Arboletes y Turbo), las tendencias erosivas naturales fueron aceleradas por intervenciones humanas como la desviación del río Turbo, la extracción intensiva de materiales de playa y el manejo inadecuado (o no manejo) de las aguas lluvias y residuales. El costo actualizado de las 155 obras de defensa (espolones, barreras y muros de contención que totalizan 6.2 km de longitud y un volumen de materiales de 37.000m³) construidas hasta agosto del 2000 se calcula en alrededor

de los \$ Col 10.000 millones. Con muy pocas excepciones, los espolones perpendiculares a las playas no han recuperado arenas y más bien se han convertido en generadores de nuevos problemas en los sectores adyacentes. A corto plazo, la erosión litoral entre Arboletes y Turbo es causada tanto por factores marinos como por procesos de erosión subaérea y es función en buena parte de las litologías poco resistentes de las terrazas y acantilados, compuestos en su mayoría por lodolitas fracturadas y meteorizadas (con buzamientos o planos de debilidad inclinados hacia el mar) y por sedimentos finos no consolidados, fácilmente licuables: ambas condiciones facilitan la ocurrencia de deslizamientos, caídas de rocas y flujos de lodo que determinan retrocesos rápidos (3 a 4 metros) del contorno litoral, sobre todo en los primeros 15 días de la transición verano-invierno (abril) y durante los "mares de leva" (periodos de oleajes fuertes). El caso de la erosión litoral entre Turbo y Arboletes ilustra claramente cómo las tendencias erosivas naturales pueden intensificarse fuertemente por intervenciones humanas (incluyendo las defensas ingenieriles) y la necesidad urgente de coordinar esfuerzos para controlar o mitigar con eficiencia las pérdidas de terrenos litorales.

ABSTRACT

Introduction to littoral erosion problem in Urabá (Arboletes-Turbo area) Colombian Caribbean coast. Shoreline retreat has been the net dominant historical trend along the 145 km-length littoral between Arboletes and Turbo (Southern Caribbean of Colombia). For the last four decades, there were identified in this littoral shoreline retreats of about 50-100m in several places (Uveros, Damaquiel, Bol. Invest. Mar. Cost. 33 5-26 ISSN 0122-9761 Santa Marta, Colombia, 2004 Zapata, Turbo) and a maximum of 1.6 km in the Punta Rey-Arboletes area, where land losses were of 4.5 km², at exceptional rates of 40m/year. The synthesis of the available information suggest that the general "susceptibility" to erosion between Arboletes and Turbo could be related primarily to relative sea level rise, associated to tectonic movements as well as to the effects of mud diapirism and hydroisostasy. In the more critical areas (Arboletes, Turbo), the natural erosive trends were accelerated by anthropic actions, including river diversion (Turbo), beach mining, and inadequate (or total absence) practices for controlling residual and natural waters. Up to August 2000, there were invested about \$ Col 10.000 billions in 155 engineering defences (groins, sea walls and rip-rap which totalize 6.2 km of total length and a volume of materials of 37.000 m³). With few exceptions, groins have not been successful and are now part of the problem, accelerating shore erosion along the adjacent sectors. In the short term, the littoral erosion between Arboletes and Turbo is caused both by marine and by subaerial factors. It is facilitated by the poor lithological strengths of cliffs and marine terraces, mainly composed of highly fractured and weathered claystones and mudstones (with stratification and weakness planes dipping toward sea) and nonconsolidated, easily liquefacted, fine sediments; both conditions facilitate the occurrence of rocks falls, slides and mud flows that result in high figures of cliff retreat (3 to 4m), specially during the first 15 days of the summer-winter transition (april) and in high waves periods. The case of the littoral erosion between Arboletes and Turbo illustrates well how the natural erosive trends of an area can be accelerated by human interventions and the urgent need for coordinating efforts to cope with littoral land losses.

INTRODUCCIÓN

Los 145 km de línea de costa entre las ciudades de Arboletes y Turbo (región de Urabá; Figura 1) están sujetos a una erosión generalizada que ha impactado severamente la infraestructura física de todos los asentamientos litorales. El retroceso de playas y acantilados en esta zona se ha enfrentado casi exclusivamente por medio de obras de ingeniería, principalmente espolones, enrocados y muros de protección. La construcción de estas defensas se constituyó en un "boom" generalizado en el periodo 1997-2000, durante el cual su número aumentó de 56 a 155 y demandó inversiones públicas y privadas calculadas en alrededor de los \$ Col. 10.000.000.000 (convertidos a pesos de hoy). A pesar de lo anterior, las instituciones gubernamentales a cargo (Ministerio del Medio Ambiente, Departamento de Atención y Prevención de Desastres - D A PARD- Gobernación de Antioquia) continúan recibiendo reportes de erosión acompañados de solicitudes millonarias para la construcción de nuevas obras, aún en sectores supuestamente ya protegidos. En el contexto de contribuir a la implementación de un plan de acción para encarar el problema a mediano y largo plazo, se procedió a la elaboración de un diagnóstico lo más actualizado posible de la situación, considerando como básicos los siguientes tres temas: a) la actualización de las magnitudes y tasas de erosión litoral en la zona, b) una evaluación del estado de conservación, efectividad e impactos de las obras sobre sus sectores adyacentes y, c) la interpretación de las posibles causas naturales y antrópicas de la erosión litoral. En

este artículo se presentan y discuten los principales resultados del diagnóstico en referencia, con énfasis especial en los aspectos geológicos y en los impactos de las intervenciones humanas identificadas hasta agosto del 2002.

MATERIALES Y MÉTODOS

La identificación de las magnitudes y tasas de erosión entre la Punta Arboletes (4 km al norte de Arboletes, también llamada Punta Rey) y la Punta de las Vacas (Turbo) se hizo por medio de un inventario de cambios de línea de costa, siguiendo la metodología estándar presentada por Morton (1977). Sobre los mapas más actualizados de la zona (cartas catastrales a escala 1:10.000 restituidos de fotos aéreas tomadas en 1985) se trazaron, utilizando un fotorestituidor óptico Bausch & Lomb (modelo ZT-4), las líneas de costa sucesivas representadas en aerofotografías del periodo 1940-1985 (Figura 1. Localización de la franja litoral Arboletes - Turbo (escalas entre 1:25.000 y 1:45.000) y una imagen radar ERS tomada en diciembre de 1999. Las magnitudes de los cambios se estimaron midiendo (en sentido perpendicular a las líneas de costa de los mapas catastrales) las distancias entre líneas de costas sucesivas, y las velocidades promedio (tasas) de erosión o acreción se calcularon dividiendo los desplazamientos por el número de meses entre contornos sucesivos. Las conclusiones obtenidas se confrontaron con información publicada anteriormente (principalmente estudios realizados por las universidades EAFIT y Nacional, por el Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas (CIOH) y la Capitanía del Puerto de Turbo (DIMAR), y se constataron siempre con la información aportada por los habitantes de la zona. Dada la calidad y escalas generales de los materiales utilizados, los resultados de este inventario deben tomarse como de carácter semicuantitativo.

Para obtener información básica sobre la plataforma continental somera se realizaron alrededor de 100 km de perfiles batimétricos georeferenciados, con una ecosonda Knudsen, (modelo 320 B/P) equipada con un transducer dual de 200 y 12 kHz; la frecuencia de 200 kHz se usó para la obtención de profundidades y perfiles del fondo marino y la de 12 kHz para la búsqueda de estructuras del subsuelo, principalmente diapiros y volcanes de lodo. Las obras de defensa construidas hasta agosto del 2000 entre la Punta Rey y la Punta Las Vacas se registraron en los mapas base 1:10.000, y la evaluación de sus efectos y estado de conservación se realizó con base en la consideración de los parámetros físicos consignados en la tabla 1. Los registros consideran el tipo y calidad de los materiales de construcción (rocas, tetrápodos y pentápodos) y las evaluaciones de los efectos (sedimentación o erosión) de cada estructura sobre las playas y/o acantilados aledaños. Los volúmenes de materiales utilizados en cada obra se estimaron según los parámetros: longitud total y alturas y amplitudes en sus bases, puntos medios y puntos extremos. La cuantificación de costos se hizo con base en los precios al mes (agosto 2002) de los materiales utilizados, diferenciando entre concreto (\$ 350.000/m³), piedra tamaño menor de 40cm de diámetro (\$ 100.000/m³), acero (\$1.800/kg), y roca de tamaño mayor a 40 cm (\$ 150.000/ m³).

CONTEXTO FÍSICO DE LA FRANJA LITORAL ARBOLETES -TURBO

Clima y oceanografía

La región de Urabá tiene una temperatura media anual de 27°C, con máximos y mínimos de 40°C y 19°C respectivamente. En general, el verano se presenta entre diciembre y abril y se caracteriza por precipitaciones medias entre 40mm/mes en Arboletes y 100mm/mes en Turbo y por el predominio de los vientos Alisios del Norte y Noreste (velocidades medias de 4m/s y máximas de 9.4 m/s en febrero). Durante el invierno (agosto-noviembre), las lluvias alcanzan los 200 mm/mes en el área de Arboletes y los 300 mm/mes en el sector de Turbo y los vientos predominantes inciden desde el sur; los promedios multianuales de precipitaciones varían entre los 3000 mm en el sector de Turbo y los 1000 mm en el sector de Arboletes (CORPOURABÁ-UNIVERSIDAD NACIONAL, 1998).

El régimen de mareas en el Caribe sur colombiano es del tipo semidiurno mixto, con dos altos y dos bajos de diferentes amplitudes en el día mareal. De acuerdo con las tablas de mareas del Ideam, las amplitudes máximas de marea para la zona están en el orden de los 40 cm. Los regímenes de oleajes incidentes entre Arboletes y Turbo están esencialmente controlados por los vientos Alisios del norte y noreste durante el verano, y por los vientos sur en el periodo de invierno. Los oleajes más persistentes se presentan en el sector de "costa abierta" entre Arboletes y Necolí, mientras la zona interior del Golfo está relativamente protegida. De acuerdo con estadísticas parciales (Molina *et al.*, 1992), la altura promedio de los oleajes en el Golfo es de 0.53m y sus periodos predominantes del orden de los 5

seg; para Turbo, la altura de los oleajes incidentes varía entre 0.38m y 1.1m, mientras que en Necolí, más en "costa abierta", la altura de los oleajes varía entre 0.97 y 1.18m. A juzgar por la deflexión de las desembocaduras fluviales y por la posición de los extremos distales de las espigas litorales (ambos con componente sur), el transporte neto de sedimentos arenosos en la zona de estudio es hacia el suroeste entre Arboletes y la Punta Arenas, y hacia el sur.

<u>REFERENCIA OBRA:</u>		<u>UBICACIÓN:</u>	
		<u>Municipio:</u>	
		<u>Corregimiento:</u>	
<u>FECHA REGISTRO:</u>		<u>Mapa ref.:</u>	
<u>CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS</u>		<u>Fecha construcción:</u>	
<u>Orientación:</u>	<u>Longitud total:</u>	<u>Long. emergida:</u>	<u>Long. sumergida:</u>
<u>Distancia obra corriente arriba:</u>		<u>Distancia obra corriente abajo:</u>	
<u>Longitud total:</u>	<u>Anechuras:</u>	<u>Base:</u>	<u>Punto medio:</u> <u>Extremo:</u>
<u>Longitud sumergida:</u>			
<u>Alturas:</u>	<u>Corona:</u>	<u>Punto medio:</u>	<u>Extremo:</u>
<u>Volumen estimado:</u>			
<u>Materiales y estructura:</u>	<u>Roca</u>	<u>Piedra</u>	<u>Concreto</u> <u>Hexa</u> <u>Penta</u> <u>Tetra</u> <u>Mixto</u> <u>Otro</u>
<u>EVALUACIÓN FUNCIONALIDAD</u>			
<u>Antecedentes construcción:</u>			
<u>Recuperación:</u>	<u>Hacia el norte:</u>	<u>Hacia el sur:</u>	
<u>Efectos colaterales:</u>			
<u>Estado de conservación:</u>			
<u>OBSERVACIONES:</u>			
<u>COSTO ESTIMADO:</u>			

Tabla 1. Ficha técnica de registro y evaluación de la funcionalidad de las obras de defensa entre Arboletes y Turbo

Geología y geomorfología. La franja costera Arboletes - Turbo hace parte del denominado "Cinturón del Sinú", una secuencia sedimentaria de unos ocho km de espesor, conformada principalmente por rocas turbidíticas y hemipelágicas del Oligoceno-Plioceno (Duque-Caro, 1984). Las estructuras geológicas y los ejes de levantamiento regional en la zona tienen direcciones predominantes N-S a N25°E, y se caracterizan por la alternancia de sinclinales delgados y anticlinales amplios, con fallamientos normales (Page, 1986). Tanto en plataforma como en la zona emergida son comunes estructuras diapíricas, evidenciadas principalmente por domos y volcanes de lodo, muy bien desarrollados en Arboletes, San Juan, Damaquiel y Necolí. El Cuaternario de la franja litoral entre Arboletes y Turbo está representado por depósitos de laderas, rellenos de valles y por horizontes marinos y fluviales holocenos ubicados en el tope de terrazas litorales. Las rocas consolidadas que afloran a lo largo de la línea de costa actual son principalmente arcillolitas y lodolitas, plegadas y fracturadas, eventualmente con lentes de areniscas y conglomerados. La zona de Urabá es un área tectónicamente activa, ubicada cerca de la conjunción triple entre las placas tectónicas de Nazca, Caribe y Suramérica (González *et al.*, 1988); la franja costera entre Arboletes y Turbo es clasificada como de riesgo sísmico intermedio (ASOCIACIÓN DE INGENIERÍA SÍSMICA, 1988). La morfología general del litoral entre Arboletes - Turbo puede diferenciarse en dos sectores principales (Figura

2): 1) Un sector de "costa abierta" entre la Punta Rey y Punta Arenas, de orientación general S40°O y una longitud aproximada de 70 km. Vista en planta, este tramo tiene una configuración "en sierra", dada por la sucesión de bahías amplias, separadas por puntas de mayor resistencia a la erosión (Puntas Arboletes, San Juan, Sabanilla, Gigantón, Caribana). Entre Punta Arboletes y la desembocadura del Río Mulatos, la morfología del litoral está dominada por terrazas marinas emergidas, con amplitudes (perpendiculares a la costa) de 6 km y alturas máximas de 36 m respectivamente (Figura 3).

Los límites tierra adentro de estas terrazas son escarpes de paleo-acantilados con rasgos fósiles de línea de costa en sus bases, incluyendo peñascos aislados y barras de playa que evidencian el levantamiento costero durante el Holoceno (Raasveldt, 1958; Page, 1986). Entre la desembocadura del Río Mulatos y la Punta Caribana, la franja litoral corresponde a una extensa planicie arenosa, conformada por cordones de playa, dunas, ciénagas y terrenos bajos inundables (Figura 4).

En la Laguna del Águila (Ciénaga de Rionegro), en el extremo noreste del Golfo de Urabá, se encuentra el mayor desarrollo de manglares de la zona de estudio. 2) Un sector de costa "semiprotegida", entre Punta Arenas Norte y Turbo, con una línea de costa de orientación general S30°E y una longitud aproximada de 75 km. El tramo Punta Arenas-desembocadura del río Necoclí es bajo y se caracteriza por playas y depósitos lagunares recientes, mientras que más al sur la morfología está dominada por terrazas marinas bajas interrumpidas por las playas, cordones de playa, espigas y barras de los deltas de los ríos Caimán Viejo, Caimán Nuevo y Turbo. A l igual que en el tramo Punta Rey-Punta Caribana, la franja litoral de este sector está limitada tierra adentro por una línea conspicua de paleoacantilados.

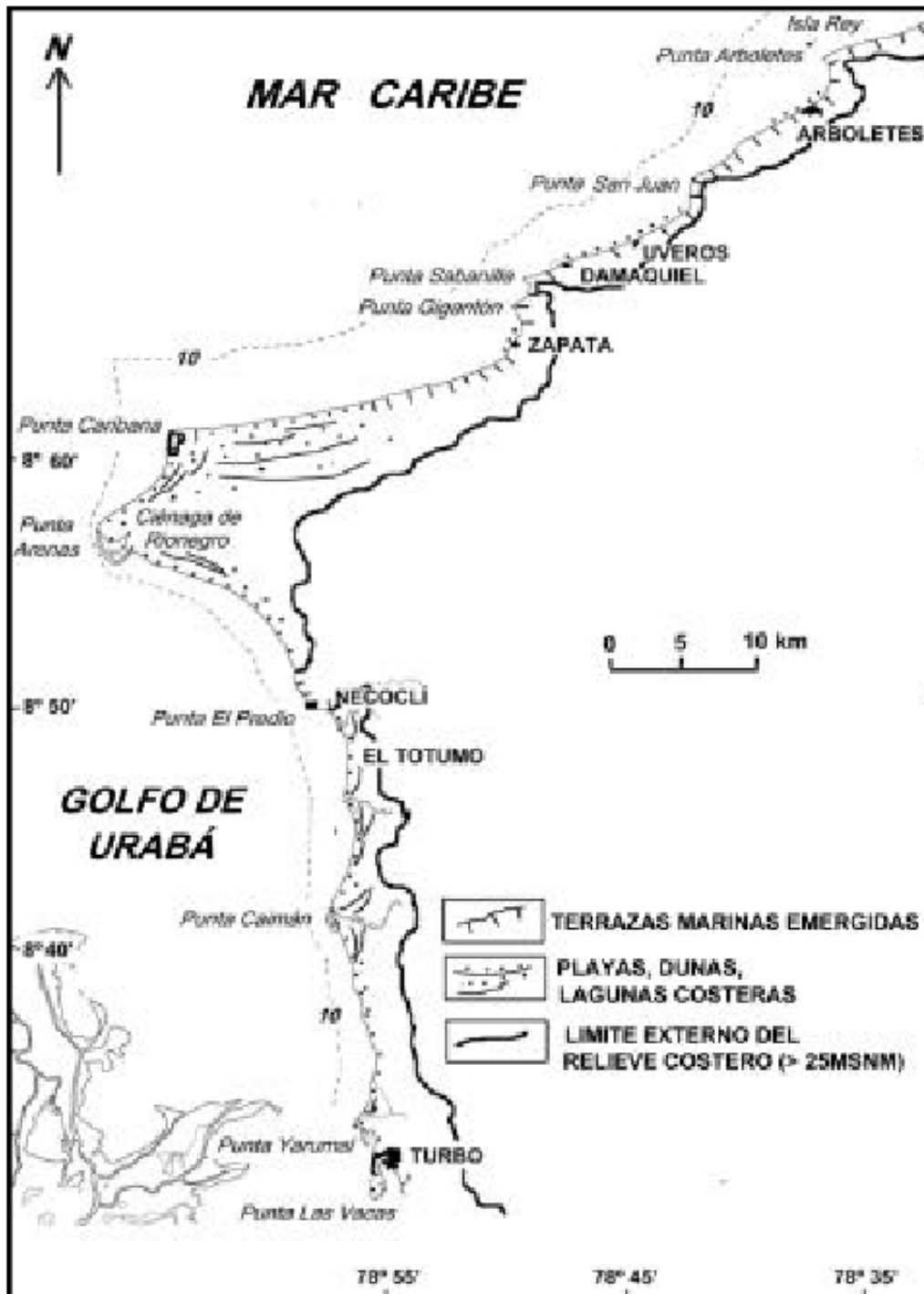


Figura 2. Tipos de línea de costa en la franja litoral Arboletes - Turbo

RESULTADOS

Tasas de erosión litoral entre Punta Arboletes (Punta Rey) y Turbo: Las tasas estimadas de erosión litoral entre Punta Arboletes (Punta Rey) y Turbo se sintetizan en la figura 5, en la cual resalta a primera vista su predominio neto a lo largo de 130 de los aproximadamente 145 km de longitud total de línea de costa entre las dos poblaciones. La erosión litoral afectó indiscriminadamente a playas y acantilados, pero es en estos últimos sectores en donde se han presentado (y se presentan) los

impactos erosivos más fuertes, especialmente en las zonas de Zapata, Damaquiel y Punta Arboletes-Arboletes, en donde se constataron tasas de erosión.

A la resolución de este inventario, los únicos sectores estables en la zona de estudio fueron los principales salientes rocosos como las Puntas Sabanilla, Gigantón y Caribana (conformados en la base por arcillolitas duras), aunque las observaciones de campo y los testimonios de los habitantes sugieren para estas rocas velocidades de erosión en el orden de los 0.3-0.5m/año. Asociados directamente a aportes importantes de sedimentos, los sectores de acrecimiento litoral neto (sin la intervención de obras de defensa) se presentan únicamente en las áreas de acumulaciones arenosas (barras, espigas) de los deltas de los ríos Caimán Viejo, Caimán Nuevo y Turbo, todos en el costado este del Golfo de Urabá y por lo tanto relativamente protegidos de los oleajes. En términos de inestabilidad litoral, y obviamente también en función de sus impactos sobre la infraestructura costera, quedaron definidos claramente los sectores Punta Rey-Arboletes y Turbo (Delta del río Turbo-Punta Las Vacas) como los más críticos del área de estudio, con retrocesos de la línea de costa que alcanzaron los cientos de metros.

Erosión litoral entre Punta Rey y la ciudad de Arboletes: En el sector Punta Rey-Arboletes (Figura 6), constituido por un nivel bajo de terrazas y playas frontales, la erosión arrasó, entre 1960 y 1990, todo su costado noroccidental (península de Punta Rey), quedando como únicos remanentes dos islotes rocosos de calizas resistentes (Isla Rey) ubicados hoy a 1.6 km hacia el oeste de la línea de costa actual. Medida según la dirección Oeste-Este, la tasa de erosión de la península de Punta Rey alcanzó los 40 m/año, aunque en el proceso real tuvo mucha importancia el retroceso acelerado de su costado norte, desde la actual Isla Rey hacia el noreste. La desaparición de esta península significó la pérdida de aproximadamente 4.5 km² de terrenos y la desprotección total contra los oleajes de las playas de Arboletes y de sus sectores aledaños, hecho que “disparó” en primera instancia la fuerte erosión que hoy puede seguirse hasta la desembocadura del Río Jovo, (1 km al sur de la ciudad), hoy con tasas extremas entre 4 y 6 m/año (Figura 7).

El retroceso de estos escarpes fue inducido también en parte por filtraciones de los tanques de almacenamiento de aguas. Los testimonios sobre las causas de la desaparición de la península de Punta Rey sugieren que a la erosión histórica natural de sus playas septentrionales se sumaron los efectos de la extracción de cantidades importantes de materiales de playa y roca caliza (de la hoy Isla Rey) que fueron usados en la construcción de la mayoría de las viviendas de Arboletes y sectores aledaños. La versión “extrema” de algunos habitantes propone que su desaparición se debió inicialmente a la ampliación de un canal artificial cortado por los pescadores de la zona con el fin de ahorrar trayecto entre la bahía interna definida por la península y el “mar abierto” de su costado septentrional.

Erosión litoral en el sector de Turbo (Espiga las Vacas): En este sector la erosión litoral ha afectado principalmente a los terrenos de la espiga de Las Vacas, sobre los cuales se encuentran las playas e instalaciones turísticas de la ciudad, el aeropuerto y las instalaciones de la Armada Nacional (Figura 8). De acuerdo con la información recolectada, el frente externo de playas de esta espiga empezó a erosionarse ya desde la década de los años 40 y el proceso se intensificó gradualmente hasta cubrir la totalidad de las playas y generar retrocesos de playas estimados en alrededor de 70m en algunos sectores. La intensificación de las velocidades de erosión se relacionan directamente con el desarrollo, al norte de la espiga, del delta del Río Turbo, cuya desembocadura al interior de la bahía de Turbo fue desviada artificialmente en 1954.

Funcionalidad de las obras de defensa: Las estadísticas de las obras de defensa construidas entre Puerto Rey y Turbo hasta agosto del 2002 se sintetizan en la tabla 2, en donde se consigna además su funcionalidad en cuanto a la recuperación inducida de playas. En el contexto general, resaltan a primera vista las magnitudes involucradas en las obras de defensa (6.2 km de longitud total, 37109m³ de materiales utilizados, costos totales estimados en 10.000 millones de \$ Col.), pero el punto más importante se relaciona con los deficientes resultados alcanzados por los espolones construidos en las ciudades de Arboletes y Turbo (Figuras 9, 10 y 11). En la franja costera de estas dos ciudades, la recuperación de playas ha sido ninguna (Turbo) o, en el mejor de los casos, mínima (15 de 34 espolones en Arboletes). A título de síntesis general, el análisis ingenieril del fracaso de los espolones en Arboletes y Turbo en cuanto a recuperación-formación de playas puso de presente la repetición

sistemática de errores en su construcción, incluyendo, entre los principales, Figura 8. Imagen radar (diciembre de 1999) del sector de la desembocadura actual del Río Turbo hasta la Punta las Vacas. Los puntos blancos indican la posición aproximada de la línea de costa en el año 1946.

Nótese la recuperación nula de arenas en los espolones perpendiculares a la línea de costa. el uso de materiales inadecuados (en cuanto a resistencia y tamaño mínimo), la no consideración del espaciamiento mínimo entre obras adyacentes y la falta de mantenimiento de la gran mayoría. En el contexto temporal se hizo también evidente que los conjuntos de espolones de ambos sectores se han configurado de una manera caótica, respondiendo ante todo a necesidades inmediatas y sin considerar los efectos colaterales en los sectores adyacentes. En todos los casos, la construcción de los espolones mayores, con fondos gubernamentales, ha generado la erosión de sus sectores adyacentes y justificando la construcción de espolones menores, con fondos privados y en su mayoría de carácter "artesanal". Las barreras de protección, constituidas por acumulaciones de bloques han, en general, protegido las bases de los acantilados, con la excepción muy notable del frente del volcán de lodos de Arboletes, en donde los bloques no tienen ni el tamaño ni el peso suficiente para evitar ser dispersados.

DISCUSIÓN

La complejidad de la erosión litoral ha sido tratada en numerosos estudios (Bird, 1985, 1994; Viles y Spencer, 1995; Williams *et al.*, 1995), en los cuales se enfatizan las interrelaciones estrechas entre los procesos naturales (climáticos, oceanográficos, biológicos y geológicos) y las intervenciones antrópicas, en muchos casos actuando conjuntamente. En relación con el área de estudio, el muy poco conocimiento que se tiene de los factores oceanográficos y climáticos (en cuanto a controles de los aportes de sedimentos a la franja litoral y de los mecanismos, volúmenes y direcciones de transporte) impide por el momento cualquier evaluación profunda del problema. Sin embargo, el contexto de la erosión litoral en la zona puede empezar a definirse considerando los aspectos básicos de su marco geológico general (cambios relativos del nivel del mar, aspectos tectónicos, litologías) y los efectos de las intervenciones antrópicas identificadas a la fecha.

CONTEXTO GEOLÓGICO DE LA EROSIÓN LITORAL ENTRE ARBOLETES Y TURBO

El retroceso generalizado de la parte sur del litoral Caribe colombiano sugiere, en principio, la posibilidad de que factores de alcances regionales como los relacionados con ascensos relativos del nivel del mar (ARNM) sean responsables, a mediano y largo plazo (décadas en adelante), de la "susceptibilidad" general en el área. La posibilidad de que el ARNM esté involucrado en el problema se valida al considerar la información disponible sobre los ascensos del nivel del mar en el Caribe y las características tectónicas de la zona. En relación con el primer factor, se destacan las cifras obtenidas recientemente por Andrade (2002) en cuanto a que las tendencias históricas del nivel medio del mar (registros de los mareógrafos de Cristóbal –Panamá y Cartagena) identifican ascensos de 15 y 22 cm respectivamente en el área, suficientes según la ley de Brunn (1962) para generar tendencias erosivas importantes, aun en litorales estables tectónicamente. En este último contexto debe señalarse también que, debido al neotectonismo (tectónica regional y/o a los efectos colaterales del diapirismo de lodos en el pasado reciente) de la margen colombiana del Caribe, las posibilidades de hundimientos de terrenos costeros del "Cinturón del Sinú" son reales y se demuestran, por ejemplo, por el carácter subsidente del Golfo de Morrosquillo, a velocidades de 0.7 mm/año (Page, 1986; Robertson, 1989). La actividad diapírica "sinsedimentaria", que incluye el "combamiento" de estratos, la compactación de espacios vacíos y los movimientos verticales de terrenos a lo largo de fallas, es otro factor en juego, ilustrado por Vernet (1985) y Vernet *et al.*, (1992) para la plataforma continental entre Cartagena y el Golfo de Morrosquillo (Figura 12).

En el contexto histórico, la coincidencia espacial entre el diapirismo de lodo y fuertes cambios en el contorno costero ha sido evidenciada además para áreas como Cartagena- Galerazamba, en donde la erosión y formación de espigas litorales involucran cambios de la línea de costa del orden de los cientos de metros en los dos últimos siglos (Ramírez, 1959; Correa, 1990). Tales influencias podrían incidir en las áreas de Arboletes y Damaquiel, (Figuras 4 y 13), ambas con importantes manifestaciones diapíricas en su franja litoral y plataforma somera adyacente; señalamos, además, que la presencia de gases y su difusión a través de los sedimentos pueden aumentar significativamente la estabilidad y resistencia de las capas y, por lo tanto, facilitar la erosión por los oleajes de las zonas de litorales (perfil Figura 13).

Un último punto de interés en el contexto de los ARNM se relaciona con la aparente contradicción entre la presencia de las terrazas marinas emergidas y el predominio tan marcado de la erosión litoral en esta área. El levantamiento costero en el Holoceno se manifiesta entre Coveñas y San Juan de Urabá principalmente por terrazas marinas (wave-cut marine terraces) ubicadas actualmente a alturas entre unos pocos metros y 36 m por encima del nivel medio actual del mar (San Juan de Urabá). Las dataciones efectuadas (Carbóno14, Page, 1986) en estas terrazas indicaron edades entre 2065 ± 120 años y 2940 ± 130 años (2070 ± 160 años en San Juan de Urabá), cifras que indican formación en la fase terminal del Holoceno y levantamientos litorales a tasas máxima de hasta 18 mm/año. En principio, los levantamientos graduales de la franja litoral deberían generar, a mediano y largo plazo, ganancias y no pérdidas de terrenos litorales, por lo cual sería de esperar una línea de costa no dominada casi enteramente por la erosión. En teoría, esta contradicción podría explicarse acudiendo al fenómeno conocido como hidroisostacia, el cual, en el sentido definido por Clark y Linge (1979), considera re-equilibrios isostáticos y basculamientos (ascenso de la franja costera interna y descensos del litoral y la plataforma adyacente) asociados a la "sobrecarga" de agua sobre la plataforma a medida que el nivel del mar asciende; en ese contexto, la posibilidad de que en la actualidad la franja litoral Arboletes - Turbo esté hundiéndose lentamente por efectos de la hidroisostacia no se puede descartar. El hecho de que las plataformas de abrasión adyacentes a los acantilados se continúen "mar afuera" por cientos de metros (información batimétrica) apoya esa posibilidad, al sugerir que la erosión del sector se inició probablemente hace siglos y no es un hecho iniciado en el pasado histórico. En nuestra opinión ambas alternativas (re-equilibrio isostático por basculamiento y movimientos asociados a diapirismo) son válidas.

LA LITOLOGÍA DE LAS TERRAZAS Y ACANTILADOS

En el corto plazo, puede afirmarse con seguridad que las altas tasas de erosión de las terrazas y acantilados de la zona de estudio se facilitan en función de las características geotécnicas muy pobres de sus rocas y sedimentos componentes. Especialmente en las cercanías de las intrusiones diápiricas (Arboletes- Damaquiel) y en las zonas de fracturas y posibles fallas (desembocadura de los ríos Jovo y San Juan de Urabá, por ejemplo), los acantilados están conformados por un nivel basal (1 a 8 m de altura) de arcillolitas y lodolitas buzando hacia el mar, y fuertemente fracturadas y meteorizadas. La resistencia de estas rocas al embate de las olas es en general tan baja que no da tiempo a la formación de una acanaladura de erosión típica (notch), paso previo al desplome por gravedad de la roca suprayacente (Figura 14). El nivel basal se encuentra por lo general suprayacido disconformemente por un nivel (1 a 3m de espesor) de suelos o de lodos pardos no consolidados, erosionado fácilmente por las aguas lluvias, de escorrentía y de filtraciones de los tanques de las casas ubicadas en la superficie de las terrazas (ver Figura 7). La saturación de agua de estos horizontes, (cuarteados y agrietados extensivamente por los calores del verano) se da rápidamente en los primeros días de la transición verano-invierno (abril), **durante los**

INTERVENCIONES ANTRÓPICAS

La franja litoral Arboletes - Turbo y las cuencas de drenaje adyacentes han sido intervenidas considerablemente por las actividades de agricultura y ganadería, ambas generadoras de talas extensivas y, muy posiblemente, de modificaciones a los sistemas fluviales (construcción de pequeñas presas, desviación de cauces, tomas de agua para irrigación). Esas acciones pueden, en su conjunto o aun individualmente, disminuir los aportes de materiales gruesos (arenas, guijarros) a las desembocaduras fluviales y acelerar el retroceso litoral, al contribuir al déficit general de sedimentos gruesos en la zona. Este aspecto podría ser parte fundamental del problema y deberá ser evaluado en detalle en estudios posteriores, aunque por el momento se hace patente al considerar los impactos de la desviación del río Turbo: aunque la erosión natural de la espiga de Las Vacas se inició con anterioridad a 1957 (fecha de la desviación) y, obviamente, al desembocar al interior de la bahía el río no aportaba sedimentos a su frente, la formación de un delta en su nueva desembocadura cortó el tránsito de arenas e intensificó las condiciones de déficit hacia el sur, acelerando su erosión. Llama la atención la no consideración de este aspecto técnico básico antes de la construcción de la serie de espolones, que obviamente no cumple su función al no haber arena para atrapar. Anuestro entender, en su momento ni siquiera se elaboró un mapa detallado de tipos de sedimentos de fondo en la plataforma somera de la espiga como soporte mínimo para la elección del tipo más apropiado de defensa.

Un segundo factor, sin evaluaciones cuantitativas por la falta absoluta de registros, pero con seguridad común a todos los asentamientos de la zona, se relaciona con la extracción intensiva de materiales de playa. De acuerdo con la información de los habitantes, gran parte de los materiales de construcción utilizados para las casas de Arboletes, Turbo y Necoclí fue extraída directamente de las playas o de las áreas de desembocaduras fluviales adyacentes, en actividades que se llevaron a cabo constantemente durante las últimas cuatro décadas y que aún en la actualidad se presentan eventualmente. La extracción de materiales de playa debe haber involucrado volúmenes considerables de arenas y guijos, con toda certeza con impactos muy negativos en vista de la existencia de las condiciones de erosión natural previa definidas anteriormente.

Por último, señalamos dos aspectos de importancia, notables especialmente en el sector de Punta Rey-Arboletes, que puede considerarse como el más crítico en la actualidad en cuanto a las velocidades de erosión del contorno costero. En primera instancia y en relación con el retroceso de las terrazas acantiladas, la ausencia de sistemas de control de aguas de escorrentía y de filtraciones de tanques y tuberías de casas se refleja sistemáticamente en las altas velocidades de retroceso de los acantilados adyacentes (ver Figura 7) y en la ocurrencia de flujos de lodo y de deslizamientos rotacionales del tipo "cuchara". Estos últimos, con cicatrices de desgarre entre 5 y 10m hacia el interior de la línea de costa actual, evidencian en varios sectores el predominio de los procesos de erosión subaéreos sobre las acciones del oleaje. En segunda instancia, se hizo evidente que la construcción desordenada de espolones ha venido agravando la situación general del sector, al aumentar los déficits de arenas en las playas adyacentes hacia el sur: la erosión continuada del sector Arboletes-río Jovo está directamente relacionada con la construcción del espolón principal de Arboletes, y la erosión entre Punta Rey y Arboletes responde a déficits intensificados por la construcción de los espolones de Punta Rey y por el espolón número 13 (ver Figura 10), causante de la formación de una bahía erosiva "en espiral" inmediatamente hacia el sur. En el caso extremo de imprevisión se pretendió defender el volcán de Arboletes con la construcción de un espolón en su sector más septentrional, sin tener en cuenta que la dirección de transporte neto de arenas tiene componente sur.

CONCLUSIONES

A título de conclusión puede señalarse que la erosión del litoral Arboletes - Turbo refleja en primera instancia un déficit generalizado de materiales gruesos en su franja litoral, resultante muy probablemente de la combinación de factores naturales y antrópicos que actúan a escalas de tiempo diversas. La "susceptibilidad" natural generalizada a la erosión tendría en principio que ver, en su contexto geológico de largo plazo (miles de años), con ascensos relativos del nivel del mar asociados a fenómenos tectónicos (incluyendo los efectos del diapirismo de lodo) y a la hidroisostacia. A corto plazo, el retroceso litoral se facilita por la estratigrafía de las terrazas litorales, constituidas predominantemente por arcillolitas y lodolitas muy fracturadas y meteorizadas y por niveles de sedimentos finos no consolidados: en ese contexto, tanto los oleajes como los procesos subaéreos son agentes muy efectivos de erosión y movimientos de masas y pueden causar retrocesos del contorno costero del orden de los metros por año. Debido a su composición esencialmente limosa y arcillosa, la erosión de las terrazas y acantilados de la zona de estudio no aporta arenas a la franja litoral y por lo tanto no contribuye a mitigar la erosión de los sectores de playas adyacentes.

La erosión litoral "natural" entre Arboletes y Turbo ha sido acelerada, al menos en la mayor parte de las playas y acantilados de estas dos ciudades, por intervenciones antrópicas, principalmente por la desviación de causas fluviales (río Turbo), la extracción intensiva de arenas y materiales de playa, y la construcción desordenada y antitécnica de obras de defensa, particularmente de espolones. Estas últimas estructuras han acelerado en la mayoría de los casos la erosión de los sectores adyacentes y su falta de mantenimiento ha degradado el paisaje y la seguridad (bloques esparcidos por las playas) de los sectores turísticos principales de Arboletes y Turbo. En el fondo de la situación, se hace evidente la falta de un plan de manejo que regule las intervenciones y plantee alternativas a mediano y largo plazo para el control y la mitigación de pérdidas de terrenos litorales. Debido al pobre conocimiento científico del litoral de Urabá (y de los litorales del país en general) prácticamente todas las variables del problema están por evaluar en detalle, particularmente en cuanto a las influencias climáticas, oceanográficas, de la dinámica sedimentaria y de los tipos e impactos de las intervenciones humanas en las cuencas de drenajes.

De interés prioritario sería la elaboración de mapas topográficos actualizados (con cotas de nivel cada 0.5m) de la franja litoral y plataforma somera adyacente para iniciar evaluaciones detalladas de las posibles respuestas de la franja costera al ascenso previsto del nivel del mar en el futuro próximo.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo sintetiza parte de los resultados del proyecto "Erosión Marina en el Litoral Antioqueño (Sector Arboletes - Turbo): causas y estrategias de control y mitigación", cofinanciado por COLCIENCIAS-BID, contrato No. 141-99. Código 1216-09-024-9. Los autores expresan sus agradecimientos a las doctoras Olga Aristizábal (Universidad EAFIT) y Beatriz Calderón (DAPARD, Gobernación de Antioquia) por su participación en el proyecto y por realizar la evaluación de las obras de defensa. Igualmente a los señores alcaldes y al personal de las oficinas de planeación de los municipios de Arboletes, San Juan de Urabá, Necoclí y Turbo por su apoyo logístico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Andrade, C.A. 2002. Análisis del nivel del mar en la zona costera colombiana. En: INVEMAR, 2001. Definición de la vulnerabilidad de los sistemas bio-geofísicos y socioeconómicos debido a un cambio en el nivel del mar en la zona costera colombiana (Caribe, Insular y Pacífico) y medidas para su adaptación. Santa Marta, Colombia, Informe técnico N 4.

ASOCIACIÓN DE INGENIERÍA SÍSMICA. 1988. Estudio General de Amenaza Sísmica de Colombia. Publicación especial, INGEOMINAS, Segunda edición, 17-27.

Bird, E.C.F. 1985. Coastline Changes: A Global Review. John Wiley & Sons, New York, 219p.

_____. 1994. Cliff Hazards and Coastal Management. En: Charles W. Finkl, Jr. (Ed): Coastal Hazards: Perception, Susceptibility and Mitigation. The Journal of Coastal Research, Special Issue, 12, 299 - 311.

Bruun P. 1962. Sea-level rise as a cause of shore erosion. Proceedings, American Society of Civil Engineers. Journal of Waterways and Harbour Division. 88, 117 - 130.

Correa I.D. 1990. Inventario de Erosión y Acreción Litoral (1793-1990) entre Los Morros y Galerazamba, Departamento de Bolívar, Colombia. En: Hermelin M. (ed.) Memorias del Primer Seminario Andino de Geología Ambiental-I Conferencia Colombiana de Geología Ambiental. Agid Report No. 13

Geology and Natural Hazards of the Andean Region. Universidad EAFIT, Medellín. 129-142

Case, J.E., 1974. Major basins along the continental margin of northern South America. The Geology of Continental Margins. Burk and Drake Ed., 733-741

Clark J. y C.S. Linge. 1979. Predicted sea level changes (18000 to Present) caused by late glacial retreat of the Antarctic ice-sheet. Quaternary Research, 11, 279-298.

CORPOURABÁ-UNIVERSIDAD NACIONAL. 1998. Informe Final sobre la "Evaluación de Zonas de Erosión Crítica en el Litoral Caribe Antioqueño". Posgrado en Aprovechamiento de Recursos Hidráulicos, Medellín. 1999p.

Duque-Caro, H. 1984. Estilo estructural, diapirismo y episodios de crecimiento del terreno Sinú - San Jacinto en el Noroccidente de Colombia. Boletín Geológico INGEOMINAS. 27, (2) 1-29.

González H., Nuñez, A. y G. Paris. 1988. Mapa Geológico de Colombia, Memoria explicativa, Ingeominas, 8 - 11.

INVEMAR. 2002. NCCSAP, Colombia: Definición de los sistemas bio-geofísicos y socioeconómicos debido a un cambio en el nivel del mar en las Zonas Costeras colombianas (Caribe, Insular y Pacífico) y medidas para su adaptación. Informe Técnico No. 4. Evaluación de Impactos, Efectos y Respuestas del Sistema Natural. Santa Marta. Colombia. 107 p + anexos.

Molina, A., Molina, C. y P. Chevillot. 1992. La percepción remota aplicada para determinar la circulación de las aguas superficiales del Golfo de Urabá y las variaciones de su línea de costa. Boletín Científico CIOH, Cartagena - Colombia. 11, 43-58.

Morton, R. 1977. Historical Shoreline Changes and Their Causes, Texas Gulf Shoreline. Geol. Circ. 77-6, Bureau of Econ. Geology, The Univ. of Texas at A u s t i n.

Page, W. 1986. Geología sísmica y sismicidad del Noroeste de Colombia. ISA-INTEGRAL-WOODWA R D - C LYDE CONSULTANTS. Versión española por Rodrigo Alvarez, Ingeniería e Hidrosistemas IEH Ltda.156p.

Ramirez J.E. 1959. El Volcán de lodo de Galerazamba. Rev. de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, físicas y Naturales. V 10 (41), 301-314.

Raasveldt H, y Tomic, A. 1958. Lagunas colombianas. Rev. de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. V. 10 (40), 175-198.

Robertson, K. 1989. Evolución reciente del delta del Río Sinú, Colombia. Cours International d' Océanographie Côtière en Région Caraïbe, Bull. IGBA, Bordeaux, 45, 305-312.

Vernette, G. 1985. La Plate-forme Continentale Caraïbe de Colombie (du débouché du Magdalena au Golfe de Morrosquillo). Importance du diapirisme argileux sur la morphologie et la sédimentation. Thèse de Doctorat d'état, Université Bordeaux 1. France, 378 p.

Vernette G.; Mauffret A.; Bobier C.; Briceño L. y J. Gayet. 1992. Mud diapirism, fan sedimentation and strike-slip faulting, Caribbean Colombian Margin. Tectonophysics, 202, 335-349.

Viles H. y T. Spencer. 1995. Coastal Problems. Edward Arnold (Ed.), 350p.

Williams, S. J., Dodd, K. y K. Kraf & Gohn 1995. Coasts in crisis. U.S.geological Survey, Circular 1075, 32 p.

F E C H A DE RECEPCIÓN: 18/02/03 F E C H A DE A C E P TACIÓN: 6/02/04

INFLUENCIA DEL ESTUDIO DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LA DEFINICION DE POLÍTICAS DE MANEJO DEL ACUÍFERO DEL EJE BANANERO DE URABÁ

Autor: Vanessa Peredes

Subdirección de Gestión y Administración Ambiental de Corpourabá

Correo electrónico: vaneparedes@gmail.com

Fecha:

Lugar: Auditorio Himerio Pérez Empresas Públicas de Medellín

RESUMEN

El incremento del uso de las aguas subterráneas para riego en el Eje Bananero de Urabá ha dado lugar a una mayor presión sobre las aguas subterráneas, lo mismo que a la necesidad de definición de normas claras y establecidas con criterio técnico, para el manejo del recurso. Corpourabá con base en las labores de monitoreo continuo y los trabajos específicos desarrollados con entidades especializadas, ha definido políticas referentes a: separación mínima de pozos, concesiones, profundidad de sello sanitario, regímenes y caudales de explotación cerca de la costa; igualmente dicha labor ha permitido definir las líneas de trabajo a seguir.

ABSTRACT

The construction of wells for crop irrigation in the Eje Bananero de Urabá has increased the stress on the aquifer, and has created the need of clear management policies. Based on continuous monitoring and specific studies, Corpourabá has developed policies regarding: well separation, sealing, pumping rate close to the seashore. The study of the aquifer has also helped to define future research areas.

INTRODUCCIÓN

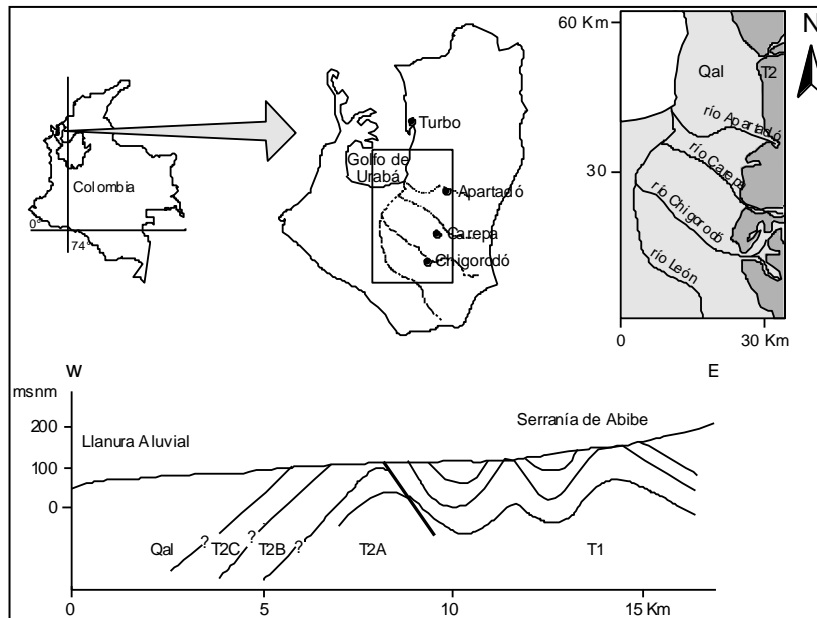
Como Eje Bananero de Urabá se conoce la zona dentro de la planicie aluvial de los ríos León-Atrato donde se concentra una alta actividad de cultivo y exportación de banano y plátano, que cubre aproximadamente 60.000 ha, generando gran demanda de recursos naturales, agua en este caso, para las actividades relacionadas con riego y beneficio de la fruta y para los desarrollos urbanos generados a partir del afianzamiento de la agroindustria.

Corpourabá como autoridad ambiental de la zona ha aplicado claramente el concepto que para una buena gestión y administración se requiere de un buen conocimiento del recurso y por esto ha desarrollado estudios específicos con entidades expertas en hidrogeología como son Ingeominas, Universidad Nacional Sede Medellín y en la actualidad realiza labores de estudio y monitoreo con la colaboración y cooperación horizontal con entidades estatales como el Ideam, CVS y Carsucre, labores que han permitido conocimiento más detallado de las características del acuífero y han dado lugar a nuevas inquietudes, generando tanto políticas de manejo y derroteros de lineamientos a implementar. Este documento presenta de forma resumida los avances alcanzados hasta la fecha, las políticas de manejo y la línea de trabajo a seguir.

ZONA DE ESTUDIO

La planicie aluvial Atrato León se encuentra ubicada en el noroccidente del departamento de Antioquia, está limitada al sur por el río Juradó, al norte por Bahía Colombia, al este por la Serranía del Darién y al occidente se extiende hasta el río Atrato, pero dentro de este estudio se considera sólo hasta el río León abarcando así aproximadamente 120.000 ha (fig. 1); el relieve es plano con una leve inclinación hacia el NW, donde las alturas varían entre los 50 msnm en Mutatá y los 0 m en el Golfo de Urabá. La temperatura promedio es de 28°C, la humedad relativa del 85% y precipitación que se

incrementa de norte a sur entre 2200 mm/año y 3800 mm/año, con una temporada seca entre diciembre y abril y una lluviosa entre mayo y noviembre.



**Figura 1. Ubicación general y geología zona de estudio
Geología tomada de Ingeominas 2005**

La geología de la zona está compuesta por depósitos aluviales de edad Cuaternario subyacidos por una secuencia sedimentaria terciaria (fig. 1). El material cuaternario es una secuencia aluvial compuesta por en capas finas de arcillas y limos intercaladas con gruesos tipo grava y arena; dicha secuencia se originó por la interacción de ríos de planicie con dinámica lenta y ríos de serranía con dinámica torrencial; no se conoce con exactitud el espesor total de esta secuencia, pero de acuerdo a los estudios geoelectrónicos de la región (Aguas Subterráneas 2003., Asesorías Geológicas 2003., Escobar 2003., Muñoz, y Valencia 1988), se estima en más 300 m en la zona sur que es la más profunda, mientras que en las cercanías a Apartadó se ha determinado en 150 m (Agrícola El Retiro S.A. 2005, CORPURABA 2005). La secuencia sedimentaria de edad Terciario tiene un espesor superior a los 10,000 m (Ingeominas 1995); dicha secuencia no presenta nomenclatura formal y en el estudio de Ingeominas (1995) se encuentra dividida en dos unidades de acuerdo a su ambiente de formación así: unidad T1 de origen marino dominada por una secuencia potente de lodolitas masivas con materiales gruesos en la base y unidad T2 de origen continental donde se alternan capas de areniscas, areniscas y conglomerados y lodolitas.

TRABAJO DESARROLLADO

El estudio del acuífero desarrollado por Corpourabá comprende acciones de: actualización bases de datos toma de niveles estáticos, análisis fisicoquímicos y bacteriológicos de las aguas, análisis de agroquímicos, análisis y consolidación de la información allegada en las perforaciones, y perforación de pozos de monitoreo.

Aunque no es un trabajo de estudio propiamente dicho, se considera vital como paso inicial el almacenamiento continuo y sistemático de toda la información en una base de datos, ya que permite su fácil consulta, proceso e intercambio. Este inventario actualizado nos muestra que en desde 194 se ha incrementado de forma notoria la perforación de pozos para riego y como en la actualidad el riego es el uso que mayor presión ejerce sobre el recurso (tablas 1 y 2).

MUNICIPIO	POZOS 1994	POZOS 2004	POZOS 2006	INCREMENTO %
Apartadó	83	136	177	113
Carepa	89	133	155	74
Chigorodó	59	93	125	111
Turbo	99	128	156	57
Total	330	490	613	85

Tabla 1. Número de pozos por municipio en el Eje bananero de Urabá

USO	No. POZOS	POZOS %	CAUDAL TOTAL ESTIMADO %	CAUDAL CONCESIONADO %
Agrícola - pecuario	305	49.8	25.5	9.8
Riego	61	10	55	88.6
Abastecimiento	85	13.9	17.6	0.9
Industrial	24	3.9	2.1	0.7
Sin uso - destruidos	131	21.3	0	0
Monitoreo	7	1.1	0	0
Total	613	100	100	

Tabla 2. Distribución de pozos por uso

La medición de niveles estáticos se realiza tres veces al año, en marzo, mayo y noviembre, para determinar los niveles a final del verano, inicio de la temporada de lluvias y final de la temporada de lluvias respectivamente, se tienen datos desde 1994, aunque sólo desde 2003 se tiene registro continuo anual. El análisis de los datos muestra que en períodos cortos hay un ciclo de descenso-ascenso-descenso que coincide con el ciclo anual de lluvias, mientras que a largo plazo a la fecha no se observan mayores variaciones (tabla. 3).

Una vez al año se hace la caracterización fisicoquímica de 50 pozos de la red de monitoreo, donde se miden 11 parámetros incluyendo los iones mayores y en 15 pozos se hacen determinaciones de agroquímicos. Un análisis preliminar muestra que durante el período muestreado no se han presentado variaciones sustanciales en las concentraciones de iones mayores de los pozos, pero es claro que se necesita trabajar más estos datos para obtener toda la información que puedan brindar. Se analizaron agroquímicos en 15 pozos (Aldrin, lindano, DDT, DDD, Endrin, Clorotalonil, Clorpirifos y Diazinon) y en ninguna muestra se detectó su presencia.

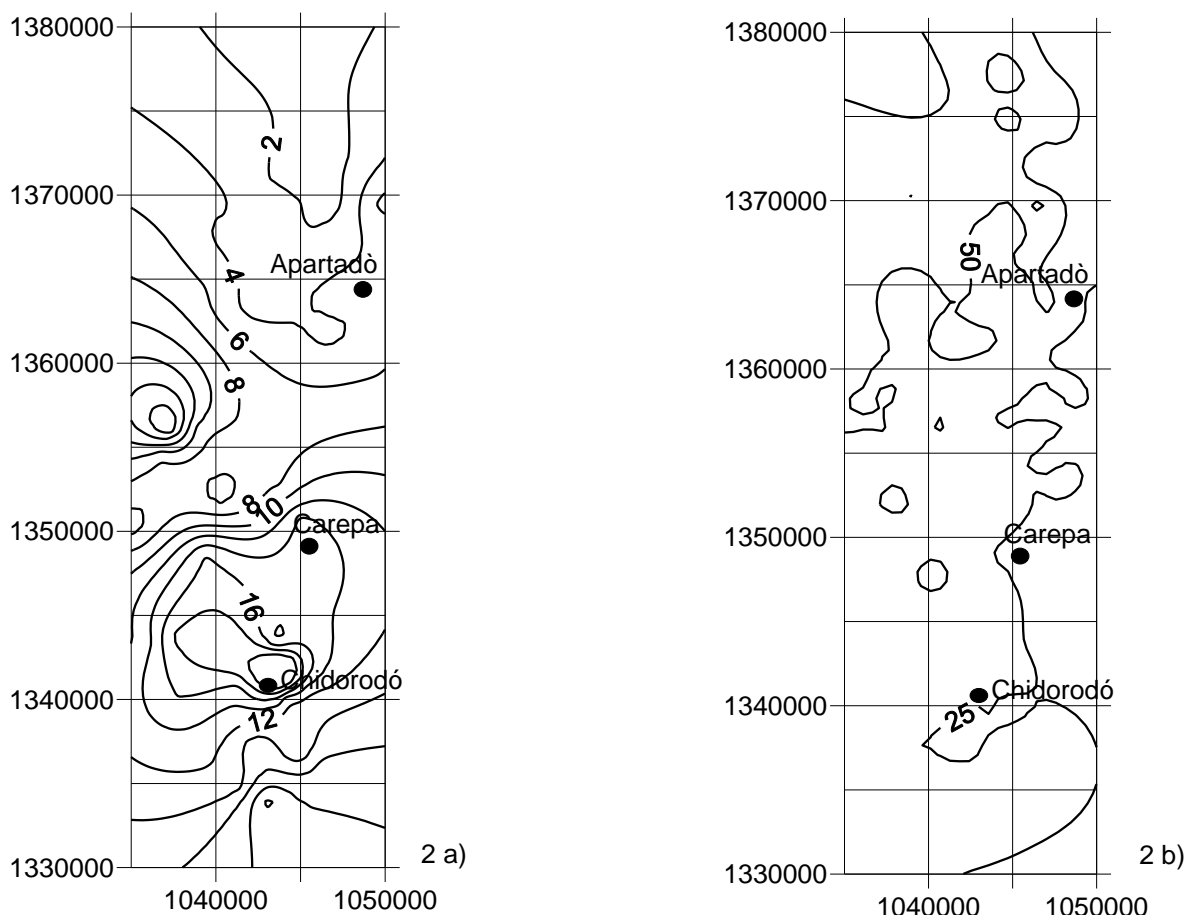
FECHA	VOLUMEN DE LA SUPERFICIE* SOBRE 0 MSNM EN 10 ⁶ M3	ALTURA PROMEDIO DE LA SUPERFICIE PIEZOMÉTRICA
Marzo 1994	14734.0	20.899
Agosto 1994	14723.3	20.884
Noviembre 1994	14620.9	20.739
Mayo 1998	14119.5	20.028
Julio 1998	14499.9	20.567
Septiembre 1998	14342.0	20.343
Mayo 2003	14767.5	20.947
Noviembre 2003	14905.9	21.143
Marzo 2004	13731.6	19.477
Mayo 2004	14894.2	21.127
Noviembre 2004	14473.1	20.529
Marzo 2005	13887.7	19.699
Mayo 2005	14059.4	19.942
Noviembre 2005	15037.4	21.330

Tabla 3. Comparación de volúmenes y alturas medias de las superficies piezométricas

*Calculado en un área uniforme, no cubre todo el acuífero y no representa la cantidad de agua almacenada.

Toda perforación nueva requiere entregar información de geología, diseño, hidráulica y registros de pozo, esto se almacena en bases de datos y se procesa para obtener mapas actualizados de diferentes características del acuífero como capacidad específica, conductividad hidráulica, transmisividad y profundidad de techo; los mapas obtenidos muestran como todos los parámetros presentan una clara gradación en dirección noroeste, desde la serranía hacia el mar, donde para los parámetros hidráulicos hay disminución y para la profundidad de techo hay aumento (figs. 2 a y b).

Dentro de las labores específicas de investigación Corpourabá ha perforado 2 piezómetros, uno de 60 m de profundidad perforado en la Serranía de Abibe sobre material terciario para monitorear el botadero de basuras abandonado de Apartadó y un segundo de 140 m en Chigorodó, en la zona de mayor uso del agua subterránea en riego, pozo que permitirá realizar pruebas de bombeo con observación a caudales más altos y a niveles acuíferos mas profundos que las pruebas que se tienen a la fecha.



**Figuras 2 a y b. a, Distribución espacial conductividad hidráulica en m/día
b Profundidad de techo del acuífero en m.**

Otra labor específica realizada por Corpourabá fue la toma e interpretación de 40 SEV con la colaboración del Ideam y Carsucre. A la fecha de este artículo los sondeos están interpretados y se está en trabajo de correlación con otros sondeos realizados en la zona; con este trabajo inicial se ha podido delimitar de manera clara la presencia de una capa subsuperficial de arcillas salinas que había sido encontrado en algunos SEV y en algunos registros de pozo (fig. 3). Esta capa tiene profundidad y espesor variables, su techo se encuentra entre los 3 y 8 m de profundidad y su base hasta los 65 m y al comparar el límite trazado para la capa de arcillas con la disposición con las curva de isoresistividad de 5 Ohm/m a 30 m de profundidad presentada por Ingeominas (1995), se observa que como ambos presentan la misma disposición aunque el limite actual presenta un desplazamiento de hasta 1.2 Km. al occidente, dicho límite fue trazado considerando la presencia de niveles con resistividad menor o

igual 4 Ohm/m basado en lo manifestado por Ingeominas (1995) como indicador de influencia de agua salada.

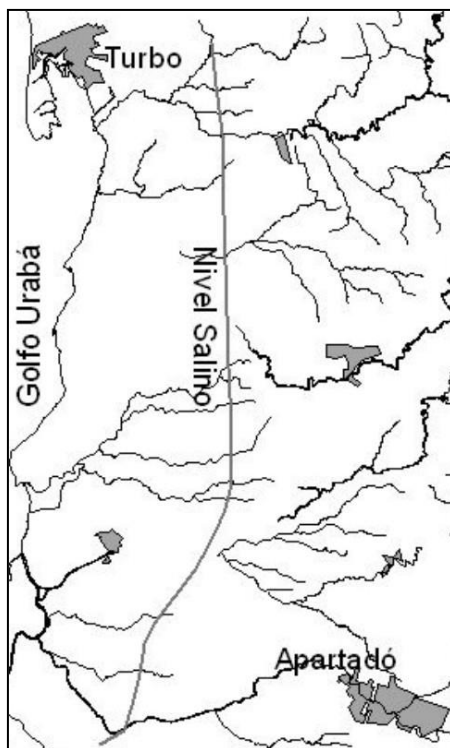


Figura 3. Límite general nivel salino subsuperficial de arcillas

POLÍTICAS ESTABLECIDAS

Una de las principales herramientas definidas para la gestión de las aguas subterráneas en el Eje Bananero de Urabá es la separación mínima entre pozos, la cual es de 1000 m para pozos de alto consumo y 750 m entre pozos de alto y bajo consumo. Estas distancias fueron determinadas con base en datos de pruebas de bombeo con observación realizadas por Ingeominas (1995) y consideran dos tipos de pozos porque en la zona hay una gran cantidad de captaciones de poca profundidad (40 – 50 m) y bajo consumo que podrían afectarse fuertemente si se tienen pozos de alto caudal cerca.

Respecto a la cuña marina, es poco lo que se conoce, pero aun así se ha establecido como política de manejo, que en un corredor de 1.5 Km. de ancho desde la línea de costa no se permiten pozos con caudales mayores a 40 l/seg y para hacer efectivo este cumplimiento se limita el diámetro de entubado a 8", el caudal se estableció definiendo una cantidad de agua que no fuese muy alta pero que a su vez no limitase excesivamente el aprovechamiento del acuífero y la distancia de 1.5 Km. se estableció multiplicando el radio de influencia por un factor de seguridad. A la fecha en dicha franja se encuentran solamente 10 pozos, todos con consumo menor a 6 l/seg. A su vez respecto al nivel salino se establece que todo pozo que se perfora deberá poner sello hasta la profundidad donde se detecte dicho nivel en registro de pozo.

El otorgamiento de concesiones se hace teniendo en cuenta tanto las características del pozo como las necesidades del solicitante, para lo cual se tienen establecidos parámetros para calcular consumos domésticos, de riego y de proceso de la fruta.

TAREAS PRINCIPALES A DESARROLLAR

Aunque el trabajo desarrollado ha permitido avanzar en el conocimiento y gestión de las aguas subterráneas y se debe continuar con la tarea de monitoreo básico (niveles y fisicoquímicos), es claro que se necesita seguir estudiando el acuífero en aspectos tales como: perforación de pozos de

observación, coeficientes de almacenamiento, influencia marina e hidrogeoquímica, donde las dos primeras labores pueden ser llevadas a cabo por La Corporación pero las dos segundas requieren de proyectos específicos de cooperación.

La red de monitoreo de aguas subterráneas ha perdido en los últimos años 5 pozos por manejo inadecuado por parte de los propietarios, por esto Corpourabá se ha dado a la tarea de perforar pozos de observación en puntos clave del acuífero, pozos que permitirán una mayor facilidad y precisión en la toma de datos e igualmente serán utilizados para trabajos específicos como pruebas de bobeo con observación y análisis geoquímicos detallados.

En el trabajo de Ingeominas (1995) se realizaron 3 pruebas de bombeo con observación en pozos de hasta 90 m, con éstas se determinaron coeficientes de almacenamiento de 0.002 y 0.0008 los cuales han sido utilizados para los diferentes cálculos realizados, pero la perforación de pozos más profundos obliga a la determinación de nuevos coeficientes, por lo que se tiene programadas pruebas de bombeo con observación en los puntos más críticos del acuífero.

La intrusión de la cuña marina es un riesgo presente en todo acuífero costero, por lo tanto es vital determinar el estado actual de dicho proceso en el acuífero del Eje Bananero de Urabá, ya que al respecto se tiene poco conocimiento y lo único que se ha determinado con claridad es la presencia de un nivel subsuperficial de arcillas salinas, las cuales pueden ser causadas por la dinámica de la influencia marina actual o por procesos de génesis de dicha capa.

Aunque se realiza una medición anual de parámetros fisicoquímicos, Corpourabá no cuenta con las herramientas requeridas para obtener toda la información que dichos datos pueden brindar y se considera de importancia poder procesar la información actual y compararla con la obtenida en el trabajo de Ingeominas (1995), para determinar si se presentan cambios en el acuífero a nivel de hidrogeoquímica y saber que indican dichos cambios.

CONCLUSIONES

Los trabajos de investigación del acuífero adelantado por Corpourabá han dado lugar a un mejor conocimiento del acuífero del Eje Bananero de Urabá, conocimiento que ha servido para el establecimiento de políticas claras de gestión definidas con argumentos técnicos y a su vez definir líneas de trabajo a seguir.

La perforación de pozos de riego ha aumentado la presión sobre el recurso y ha generado nuevas necesidades de conocimiento y ante esto Corpourabá ha definido políticas claras en cuanto a la perforación de nuevos pozos y otorgamiento de concesiones y adelanta acciones para obtener la información requerida dadas las nuevas condiciones de explotación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agrícola El Retiro S.A. 2005 estudio geoelectrico de 14 fincas bananeras.

Aguas Subterráneas LTDA. 2003. Exploración de aguas subterráneas, Finca Caribe 1, Municipio de Apartadó, Departamento de Antioquia. Estudio Para C. I. Banafut, Bogotá, 53 p.

Asesorías Geológicas. 2003. Estudio geoelectrico para Corbanacol, Construcción de Acueducto Multiveredal La Pola - Puerto Cesar, Municipio de Turbo. Apartadó, p 1 - 30.

Corpourabá. 2005. Expediente 160102-021-05 Permiso de perforación de pozo profundo y concesión de aguas subterráneas de la finca Doña Francia, informe de perforación, Apartadó.

Escobar, A. 2003. Estudio geoelectrico del Eje Bananero de Urabá. Informe técnico para Corpourabá - Municipio de Apartadó. Apartado, 19 p.

Ingeominas. 1995. Evaluación del agua subterránea en la región de Urabá, Departamento de Antioquia. Bogotá, 295 p.

Muñoz, V. y Valencia, M._1988, Modelo geoelectrico para la exploración de aguas subterráneas en fincas bananeras de Turbo, Antioquia, Colombia. Tercer Simposio Colombiano de Hidrogeología, Bogotá, p 87 - 111.

LAS AGUAS SUBTERRANEAS EN EL BAJO CAUCA ANTIOQUEÑO: ¿UN RECURSO ESTRATÉGICO?

Autor: Ingeniero Civil especialista en Sistemas de información geográfica Luis Carlos Naranjo Villegas, profesional especializado de Corantioquia

Correo electrónico: lnaranjo@corantioquia.gov.co

Fecha:

Lugar: Facultad de Salud Pública de la Universidad de Antioquia, Medellín.

RESUMEN

Aún existiendo importantes corrientes de agua superficial en el Bajo Cauca Antioqueño como lo son los ríos Cauca, Man, Nechí y Cacerí, las condiciones de calidad del recurso hídrico en estas corrientes ha llevado a que las aguas subterráneas constituyan una, sino la principal, fuente de abastecimiento de agua en la región. Entre la cuenca del río Man y el norte del municipio de Caucasia se extraen diariamente desde unas 1800 captaciones, más de 14 millones de litros de agua subterránea.

Corantioquia, institución que por ley es responsable de velar por la sustentabilidad de los recursos naturales renovables, es consciente de que es necesario conocer el medio físico para poderlo usar y administrar adecuadamente. El área de interés hidrogeológico en el Bajo Cauca Antioqueño supera los 3.000 km² y es por eso que desde el año 2001, con la Universidad de Antioquia, viene realizando en esta región una serie de estudios que permitan a todos entender donde, cuanta y en qué condiciones se encuentran almacenadas las aguas subterráneas en el Bajo Cauca Antioqueño.

INTRODUCCIÓN

Las aguas subterráneas son aquellas que se encuentran ubicadas en la litosfera, por debajo de la superficie terrestre, ocupando espacios porosos o cavidades existentes en las rocas.

La hidrogeología o hidrología subterránea, es aquella parte de la hidrología que estudia el almacenamiento, circulación y distribución de las aguas subterráneas en las formaciones geológicas, teniendo en cuenta sus propiedades físicas y químicas, sus interacciones con el medio físico y biológico y sus reacciones a la acción del hombre. Es también un instrumento con que cuenta el hombre para controlar y utilizar el agua, y como tal, constituye un elemento esencial de los recursos naturales.

Los Acuíferos son formaciones geológicas o capas de rocas saturadas o parcialmente saturadas que por sus características físicas permiten el movimiento del agua bajo la acción de la fuerza de la gravedad o bajo la acción de fuerzas de presión, en condiciones tales que hacen adecuada su explotación. Es decir, que tienen capacidad de conducir o transmitir y almacenar el agua (la mayoría también tienen capacidad de recibirla).

La ausencia de un sistema de gestión adecuado para el recurso hídrico subterráneo genera efectos directos de gran importancia como son:

- Desconocimiento de la oferta hídrica subterránea.
- Desconocimiento de la demanda.
- Decisiones administrativas erróneas o no apropiadas. Al no conocer la oferta y la demanda hídrica subterránea no se tiene una confiabilidad en la toma de decisiones frente al otorgamiento de concesiones de aguas subterráneas.
- Alta amenaza a la contaminación de los acuíferos en su jurisdicción.

- Alta vulnerabilidad a la contaminación de los acuíferos.
- Interferencia de pozas de bombeo.
- Disminución del caudal base de fuentes superficiales.
- Incremento en las enfermedades de origen hídrico al desconocer las características físico químicas y bacteriológicas de las aguas subterráneas utilizadas para satisfacer las necesidades de la población.

Un recurso natural inagotable o que puede autorenovarse en tiempos comparables a la vida humana, es un recurso renovable; uno irrecuperable o cuya renovación natural sea excesivamente lenta, es un recurso no renovable. El estado de deterioro que ha alcanzado la calidad del agua amenaza con ubicarla hoy dentro de los recursos no renovables.

Las condiciones de evolución de la tierra y la dinámica del ciclo hidrológico, han configurado una disponibilidad de agua en el planeta, según la cual el agua dulce existente en la hidrosfera es de $1.380.000 * 10^6 \text{ hm}^3$ y de ella el 30.1 % se encuentra almacenada en sistemas acuíferos (68.7 % en glaciares y casquetes polares), es decir, es agua subterránea.

Los recursos de agua dulce del mundo están sufriendo una presión cada vez mayor, y los sistemas de aguas subterráneas resultan especialmente amenazados. Alrededor de un tercio de los recursos de agua dulce del mundo se encuentran en acuíferos. Los sistemas de acuíferos son una parte esencial del ciclo hidrológico, recolectando y almacenando infiltración y escurrimiento de agua de superficie que de lo contrario se perdería a la evaporación o al mar. Estos proveen un almacenamiento natural de agua dulce en una forma que permite un fácil acceso en períodos de escasez o sequía, o la conservación del recurso como reserva para uso futuro. Dependiendo de su ubicación y geología, realizan otras funciones beneficiosas, entre ellas la purificación del agua y la asimilación de los desechos, la mantención de humedales, el abastecimiento de aguas superficiales como fuente, y la constitución de una presa de almacenamiento natural para recarga artificial.

Los recursos de aguas subterráneas, sin embargo, no son ilimitados, y están sujetos a problemas cada vez mayores, no siempre reconocidos, de agotamiento y contaminación; fácilmente se pierden o resultan contaminados, y son, por naturaleza, difíciles de reponer. Si bien las aguas subterráneas han ocupado un asiento posterior en la mayor parte de los debates ambientales, la necesidad de contar con una gestión más eficiente pero sostenible es aplicable quizás más a las aguas subterráneas que a ningún otro abastecimiento de agua. Los recursos de aguas subterráneas son vulnerables a degradación inducida por las actividades humanas o a gestión no sostenible, de tres formas amplias: a través (i) del agotamiento del recurso, (ii) de la contaminación química o biológica, (iii) y de la salinización, un proceso natural que puede ser inducido por la actividad humana asociada a tipos de riego y extracción excesiva en zonas costeras.

La Constitución Política de Colombia, consagra el uso de los recursos naturales como uno de los derechos colectivos y del ambiente, asignándole al Estado la planificación de su manejo y aprovechamiento, dirigida a garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución.

Siendo congruente con lo anterior, la Ley 373 de 1997 modifica de manera sustancial el sistema de administración de los recursos hidrogeológicos, pues con anterioridad a la citada ley, el decreto 1541 de 1984 definía al permiso de exploración como el instrumento para la toma de decisión frente al otorgamiento o no de concesiones de aguas y este permiso, se otorgaba a quien estuviera interesado en aprovechar las aguas subterráneas en un área no mayor de 1000 hectáreas. El artículo 10 de la ley 373 de 1997, por el contrario establece que:

“Para definir la viabilidad del otorgamiento de las concesiones de aguas subterráneas, las Corporaciones Autónomas Regionales y demás autoridades ambientales realizarán los estudios hidrogeológicos, y adelantarán las acciones de protección de las correspondientes zonas de recarga.

En nuestra geografía regional, el agua subterránea es un recurso natural que se explota desde hace décadas para el consumo humano, para uso en la industria o la agricultura. El Urabá, el Oriente

Antioqueño, el Magdalena Medio, el Valle de Aburrá, el Bajo y Medio Cauca son regiones donde la explotación del agua subterránea de acuíferos libres o profundos se hace de manera regular.

Corantioquia adelanta desde el año 2000 la realización de estudios que le permitan cada día una mejor aproximación al conocimiento del potencial hídrico subterráneo en el territorio de su jurisdicción:

- 2001, "Evaluación del Potencial de los Acuíferos de la Zona de Yondo", "Inventario y Caracterización de las Aguas Subterráneas en el Casco Urbano del Municipio de Caucasia".
- 2002, Evaluaciones hidrogeológicas en el Magdalena Medio entre Puerto Berrío y Puerto Nare; y en el Bajo Cauca, entre Caucasia y Cáceres.
- 2003, Evaluaciones Hidrogeológicas en el Occidente Antioqueño y al Norte del Municipio de Caucasia.
- 2004, Evaluación Hidrogeológica en la cuenca del río Caserí.

La región del Bajo Cauca Antioqueño (Figura 1), con una extensión de 8.485 km², localizada al noreste del departamento de Antioquia, está conformada por seis municipios ubicados entre las serranías de Ayapel, en la cordillera Occidental y San Lucas, en la cordillera Central, estos municipios son: Cáceres, Tarazá, Caucasia, Zaragoza, El Bagre y Nechí. El Bajo Cauca es una región rica y diversa social y culturalmente. Sus habitantes, más de 200.000, se distribuyen el 57% en la zona urbana y el 43% en áreas rurales.

La mayor parte del territorio se encuentra en alturas comprendidas entre los 30 y 1.000 m.s.n.m.. La planicie aluvial del territorio de Cáceres, Caucasia, El Bagre, Nechí, y Zaragoza, esta bañada por los ríos Man, Cauca y Nechí y cientos de pequeños afluentes. En esta inmensa llanura, flanqueada por montañas, se forman numerosas ciénagas con una extensión de más de 40.000 hectáreas, conectadas con los ríos mediante caños, formando complejos sistemas de lagos, pozas, pantanos y playones que retienen el agua de las crecientes y la liberan lentamente en el estiaje. Sin lugar a dudas una de las principales riquezas naturales del Bajo Cauca la constituye este complejo sistema cenagoso en el que se desarrolla una compleja diversidad biológica.

Aun existiendo fuentes de agua superficial en el Bajo Cauca Antioqueño como lo son los Ríos Cauca, Man, Nechí y Cacerí y un importante conjunto de ciénagas y humedales, las condiciones de calidad del recurso hídrico en estas corrientes, afectadas por el desarrollo de actividades económicas que han traído drásticas consecuencias sobre el ambiente, ha llevado a que las aguas subterráneas constituyan una, sino la principal, fuente de abastecimiento de agua en la región.

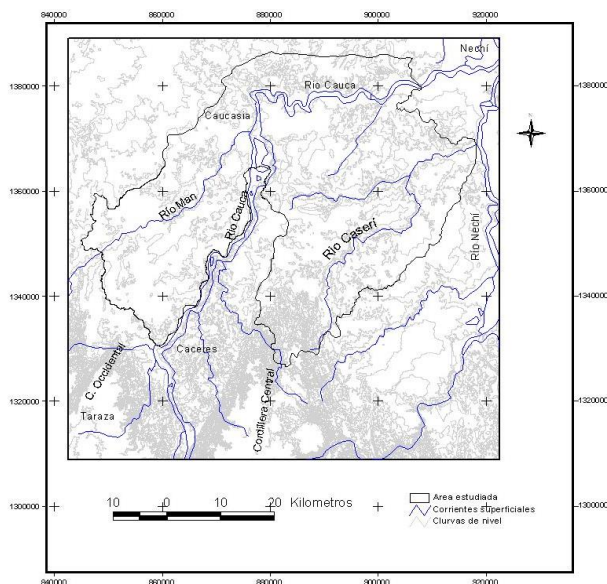


Figura 1. Localización del bajo cauca antioqueño y del área con exploración hidrogeológica

Fuente: Betancur 2005.

Sin embargo, este recurso también se ve amenazado por su creciente uso y explotación irracional, además del uso inadecuado del suelo en zonas de recarga de acuíferos, lo que pone en riesgo la única fuente de abastecimiento de relativa buena calidad que queda disponible.

El Bajo Cauca es la puerta de entrada de Antioquia a la Costa Atlántica al encontrarse en límites con los departamentos de Córdoba, Sucre y Bolívar. Cauca ha sido históricamente el centro de servicios más importante en la región y establece comunicación con todos los demás municipios a través de la red vial conformada por la Troncal de la Paz y las vías Cauca-Nechí y Zaragoza-Cauca. Este municipio cuenta además con la red fluvial de los ríos Cauca y Nechí.

Explotándose de manera no planificada, el agua subterránea se ha constituido en la principal fuente de abastecimiento para satisfacer la necesidad de recurso hídrico que el Estado no proporciona. Desde más de 2.000 captaciones (pozos y aljibes) se extraen diariamente más de 26 millones de metros cúbicos de agua almacenada en los acuíferos libre y confinado que existen en la región.

MODELO CONCEPTUAL DEL SISTEMA ACUÍFERO DEL BAJO CAUCA

La definición de las características hidrogeológicas de una región se logra a partir de la realización de una serie de actividades exploratorias y del análisis, correlación e interpretación de los resultados de ellas.

Un punto de agua es un lugar, obra civil, o circunstancia que permita un acceso directo o indirecto al acuífero que se considere. En este sentido caen dentro de la definición anterior todas las perforaciones existentes, ya sean o no explotadas, abandonadas e incluso destruidas, las fuentes o surgencias que en principio deben ser consideradas como aliviaderos naturales de los acuíferos (Custodio y Llamas, 1996).

Por medio de la ejecución de los SEV se determina la variación de la resistividad de las rocas en el subsuelo (hasta el basamento) y la identificación de las capas geoelectricas. La correlación de esta información con la obtenida en fuentes secundarias, la evaluación geológica y el reconocimiento de los puntos de agua, permite definir la distribución espacial de los acuíferos y su geometría.

El método geoelectrico permite, a partir de los valores y contrastes de resistividad, determinar las profundidades a las que se encuentran las unidades con diferentes valores de resistividad, partiendo de la interpretación de una curva observada de resistividades aparentes. La interpretación de las curvas de sondeo obtenidas en campo con parámetros teóricos y con los registros eléctricos de columnas estratigráficas conocidas, permite la interpretación del sondeo (Orellana, 1982).

MODELO GEOMÉTRICO DE LOS ACUÍFEROS.

Retomando la información obtenida a partir del análisis de columnas estratigráficas, SEV y de su interpretación desde el punto de vista hidrogeológico, se construyen las bases de datos con las cuales se alimenta el S.I.G. para realizar las operaciones de análisis espacial que permitan modelar la geometría de los acuíferos de la zona de estudio.

Partiendo de la nivelación de los puntos de agua se obtienen las superficies piezométricas del agua almacenada en un acuífero y de allí se deduce la red de flujo subterráneo.

Mediante interpolación geoestadística utilizando funciones SIG, se obtienen las superficies piezométricas para las unidades hidroestratigráficas y de ellas se deducen las líneas de flujo.

En términos generales, la recarga se puede definir como el proceso por el cual un acuífero se abastece de agua procedente del entorno que lo limita; dicha agua puede provenir de la infiltración de agua lluvia, de corrientes superficiales, de unidades hidrogeológicas adyacentes o de acciones antrópicas.

Dentro de los criterios más importantes desde el punto de vista geológico y geomorfológico a tener en cuenta en la determinación de las zonas de recarga de un acuífero están el grado de pendiente que presenta el terreno a evaluar, la cobertura vegetal y la textura del suelo.

En lo que se refiere a la determinación de la geometría de los acuíferos, un SIG aporta varios instrumentos útiles para modelar estos sistemas los cuales consisten básicamente en una serie de subrutinas de interpolación, que basándose en una muestra de puntos aleatoria o regularmente espaciada, generan superficies tipo GRID (matriz) en las cuales cada celda recibe un valor estimado a partir del comportamiento estadístico de una población de referencia.

Estas herramientas permiten modelar y simular diversos fenómenos, siempre y cuando, estos puedan ser representados como una medida de magnitud, sin embargo debe tenerse en cuenta que:

- El resultado del modelo guarda una estrecha relación con la veracidad de la información estratigráfica alimentada.
- Que la información disponible es escasa.
- Que en las áreas con baja densidad de pozos los datos de profundidad de las interfases entre estratos y espesor de las formaciones, corresponden al producto de una interpolación o extrapolación bilineal de la información de la vecindad.
- Que el modelo puede ser enriquecido y ajustado a medida que se obtenga más y mejor información.
- Que la nueva información que se alimente puede afectar negativamente la precisión del modelo, sino se cumple con unos estándares mínimos de precisión y calidad de la información.

MODELO CONCEPTUAL DEL SISTEMA ACUÍFERO DEL BAJO CAUCA.

El principal objetivo de la investigación hidrogeológica básica es el de obtener una idea mental de un sistema acuífero lo más próxima posible a la realidad, es decir un modelo conceptual, este se convierte en una herramienta para la toma de decisiones en relación a la realización de nuevos estudios que permitan validar el sistema, ejecutar y calibrar modelos numéricos y diseñar e implementar medidas de gestión tendientes a garantizar la sostenibilidad de las aguas subterráneas.

Un modelo conceptual de un sistema acuífero se concibe a partir de la identificación de las unidades hidroestratigráficas, la definición de sus propiedades geométricas e hidráulicas, la definición de las superficies piezométricas y las redes de flujo y la evaluación de la recarga.

Mediante trabajo directo en campo en la región del Bajo Cauca Antioqueño se han inventariado a la fecha 1.927 puntos de agua, 1837 aljibes, 70 pozos y 20 manantiales, es importante señalar sin embargo que el número de captaciones en la zona explorada duplica esta cifra. En la región el agua subterránea se usa para consumo doméstico, abastecimiento público, en la ganadería y para riego y se estima que la cantidad de agua extraída anualmente es del orden de 26 millones de metros cúbicos.

De los 70 pozos inventariados sólo 30 cuentan con columna estratigráfica obtenida al momento de la perforación, y de ellas únicamente cinco han sido descritas cuidadosamente por profesionales de la geología, las demás fueron levantadas por los técnicos que realizaron las actividades de perforación.

Las actividades del inventario permitieron también realizar la nivelación para épocas de invierno y verano, a partir de las cuales se obtuvieron luego las superficies freática y piezométrica de los acuíferos y se identificaron de manera preliminar las direcciones de flujo del agua subterránea.

Con la realización de casi 100 sondeos eléctricos verticales, mediante su correlación con algunas columnas estratigráficas y la posterior interpretación se logró obtener un modelo estratigráfico regional a partir del cual se definieron las unidades hidrogeológicas del Bajo Cauca Antioqueño. Para la modelación de la geometría del sistema acuífero, que comprende profundidades y espesores de cada unidad, se utilizaron las herramientas de análisis espacial que posee el ArcGIS, software para manejo

de Sistemas de Información Geográfica, SIG. En la figura 2 se presenta el mapa hidrogeológico obtenido. Las unidades hidrogeológicas adoptadas fueron:

- **Unidad hidrogeológica U1:** Conformada por un horizonte de arcilla y suelo que se extiende a través de toda la zona presenta espesores entre 2 y 9 metros.
- **Unidad hidrogeológica U2:** En ella se conjugan los depósitos aluviales pertenecientes a las llanuras aluviales de los ríos Cauca, Caserí y Man, de sus principales afluentes y las terrazas aluviales. U2 tiene espesores entre 20 y 90 m, los sitios más potentes se localizan hacia el caso urbano de Caucasia, en la localidad de Jardín y cerca de las confluencias de los ríos Man y Cauca y de los ríos Caserí y Nechí. Esta unidad constituye un acuífero libre; su extensión es de 450 km², tendría un volumen de 15.739 millones de m³.
- **Unidad hidrogeológica U3:** Constituida por saprolitos no consolidados del Miembro Superior de la Formación Cerrito, se comporta como un acuífero libre donde aflora en superficie y como un acuífero semiconfinado cuando se encuentra por debajo de los depósitos aluviales de U2. U3 tiene espesores de 60 m al occidente en Santa Rosita y de 115 m hacia Alcalá y Kilómetro 18, cerca al Cauca disminuye su espesor y puntualmente se pincha contra U2. Tiene una extensión de 1.600 km² y su volumen sería de unos 30.879 millones de m³.

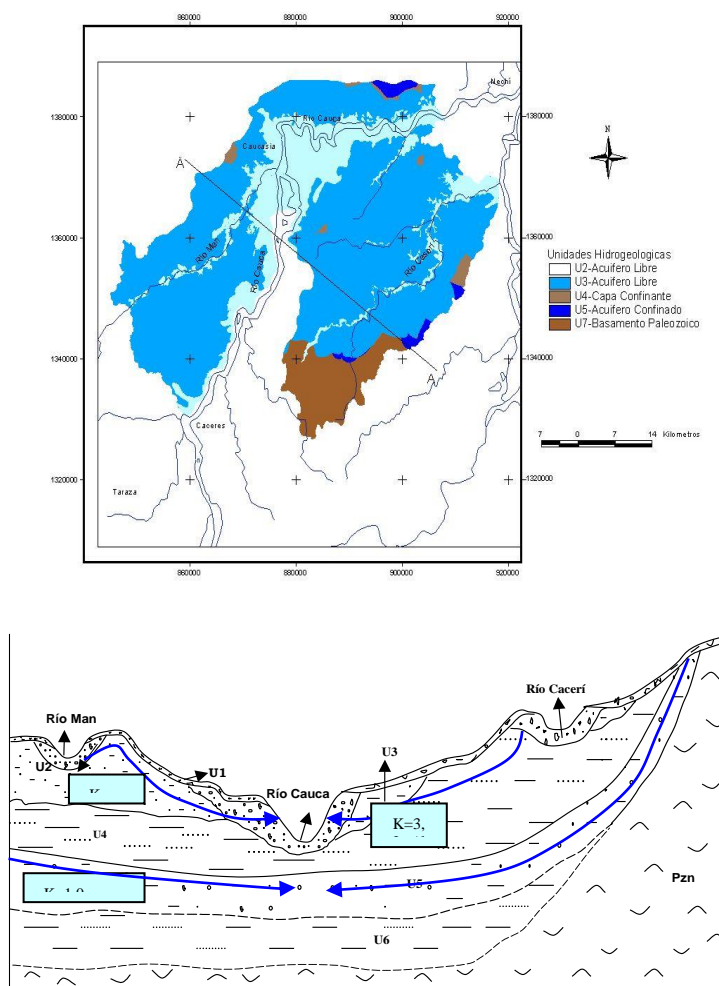


Figura 4. Mapa hidrogeológico preliminar y parcial del bajo cauca antioqueño y corte interpretativo

- **Unidad hidrogeológica U4:** Subyace a las unidades U2 o U3. Está constituida por el Terciario del Miembro Medio de la Formación Cerrito, su extensión donde aflora es de 70 km², es una unidad confinante.
- **Unidad hidrogeológica U5:** Correspondiente al Miembro Inferior de la Formación Cerrito, se comporta regionalmente como un acuífero confinado con zonas de recarga hacia el norte del área de estudio, y hacia las partes altas de las cuencas de los ríos Man y Caserí, su espesor no ha sido determinado.
- Por debajo de U5, al norte, existirían antiguas secuencias de rocas sedimentarias, U6, y al sur se localizaría el basamento formado por rocas metamórficas fisuradas de edad Paleozoica.

CONCLUSIONES

Ante la amenaza global de transformación del agua en un recurso natural no renovable, la gestión de las aguas subterráneas debe comprender una serie de acciones orientadas a la protección, conservación, administración, uso y manejo de los embalses subterráneos. El pilar de esa gestión debe ser la retroalimentación de las funciones de planificación, ejecución y control, materializadas a través de mecanismos técnicos legales, administrativos, económicos, sociales y educativos establecidos a partir del conocimiento de los sistemas acuíferos, del análisis de la relación oferta demanda y de la aplicación de medidas concertadas.

La gestión de las aguas subterráneas comprende una serie de acciones orientadas a la protección, conservación, administración, uso y manejo de los embalses subterráneos con miras a mantener su atributo de recurso natural renovable, en armonía con las normas que los reglamentan.

La sostenibilidad del agua subterránea, como la de cualquier otro bien natural depende del uso racional que de ella se haga. Toda aproximación que se intente y se logre en pos de conocer la disponibilidad de recurso hídrico presente en los acuíferos, apunta hacia la posibilidad de contar con elementos que sirvan de apoyo a la toma de decisiones en relación con su adecuada explotación de manera que se tengan los elementos necesarios para definir un sistema de gestión apropiado que permita establecer su ordenación y las medidas de manejo requeridas para evitar su deterioro.

Corantioquia institución que por ley es responsable de velar por la sustentabilidad de los recursos naturales renovables, es consciente de que es necesario conocer el medio físico para poderlo usar y administrar adecuadamente. Es por eso que desde el año 2001, con la Universidad de Antioquia, viene realizando en esta región una serie de estudios que permitan a todos entender donde, cuanta y en qué condiciones se encuentran almacenadas las aguas subterráneas en el Bajo Cauca Antioqueño. Como fruto de este proceso se entregan los resultados logrados mediante la ejecución de los proyectos Evaluación Hidrogeológica y Vulnerabilidad de Acuíferos entre los Municipios de Caucaasia y Cáceres (año 2002), Evaluación Hidrogeológica y Vulnerabilidad de Acuíferos al norte del Municipio de Caucaasia (año 2004) y Evaluación Hidrogeológica y Vulnerabilidad de Acuíferos en la cuenca de Cacerí (año 2005).

Los estudios de exploración hidrogeología en el Bajo Cauca Antioqueño realizados a la fecha, han puesto en evidencia que más allá de la necesidad de abastecimiento de agua a la comunidad, existen importantes reservas de agua subterránea en la región. No obstante la gran magnitud de los esfuerzos, el modelo hidrogeológico obtenido es un modelo preliminar dado que se ha construido fundamentalmente a partir de técnicas de exploración indirectas confrontados con muy pocos datos de perforaciones que permitan una observación directa de la naturaleza del subsuelo, además falta aproximadamente de 25% del área con potencial hidrogeológico por evaluar.

Las investigaciones en curso están encaminadas a ajustar y en lo posible validar el modelo conceptual existente, para ello se están realizando análisis mediante técnicas hidrogeoquímicas e isotópicas las cuales se espera pongan en evidencia nuevos aspectos del sistema acuífero relacionados con las condiciones de circulación y tiempo de residencia de las aguas subterráneas.

La utilización continua de técnicas de modelación numérica permitiría realizar sucesivos ajustes al modelo conceptual, verificarlo y utilizarlo cada vez con menor incertidumbre como herramienta de simulación con fines predictivos y propósitos de gestión del recurso hídrico subterráneo.

La integración de técnicas hidrogeológicas con la interpretación de la información obtenida a partir de sensores remotos y la utilización de herramientas de modelación espacial ayudaría a investigar y entender complejos procesos como los de la recarga y la relación aguas subterráneas, corrientes superficiales y complejo de humedales en el Bajo Cauca.

Por último, es indispensable desde ya empezar a establecer los lineamientos para la gestión integral del recurso hídrico en el Bajo Cauca.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BETANCUR T. Estado actual y perspectivas de la Investigación hidrogeológica en el Bajo Cauca Antioqueño. Boletín de Ciencias de la Tierra, diciembre 2005.

BETANCUR T. Métodos de investigación en hidrogeológica, 2004.

Corantioquia. Normatividad Ambiental Básica. Medellín, 1999.

Corantioquia – HIDROGEMA. Inventario y Caracterización de las Aguas Subterráneas en el Casco Urbano del Municipio de Cauca. 2001.

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

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

Corantioquia – Universidad de Antioquia. Evaluación hidrogeológica y vulnerabilidad de acuíferos en la cuenca del Río Cacerí 2005.

Corantioquia – Universidad de Antioquia. Las Aguas Subterráneas: Recurso estratégico en el Bajo Cauca Antioqueño. 2004.

MEJIA O. La Geoestadística como herramienta para Monografía especialización en Sistemas de Información Geográfica, Universidad San Buenaventura, 2006.

NARANJO L. Hipótesis del Modelo Geométrico Conceptual del Sistema Acuífero no explorado Monografía especialización en Sistemas de Información Geográfica, Universidad San Buenaventura, 2006.

PROYECTO ESTABLECIMIENTO DE ÁREAS DE RESERVA PROGRAMA ADMINISTRACIÓN DE ECOSISTEMAS ESTRATÉGICOS DE LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL CENTRO DE ANTIOQUIA (CORANTIOQUIA)

Autor: Rosa Eugenia Galeano .Corantioquia Suroeste.

Correo electrónico:

Fecha:

Lugar: Facultad de Salud Pública de la Universidad de Antioquia, Medellín.

RESUMEN

Las Áreas de Reserva, se definen como zonas que por poseer características particulares de flora, fauna, belleza paisajística o patrimonio histórico-cultural deben ser preservadas, conservadas y manejadas para que las disfruten las generaciones presentes y futuras de nuestra región. Su delimitación, declaración y manejo debe estar fundamentada en estudios ecológicos, sociales, económicos, culturales y arqueológicos.

Posee formaciones kársticas, representadas por "montes pepinos", grutas, cavernas y cuevas que albergan especies dispersoras de semillas como los guácharos y los murciélagos. Presenta bosques tropicales asociados a las cavernas con presencia de fauna y flora endémica. La quebrada Guardasol, al encontrarse con la Alejandría, conforma el río Alicante. Por su belleza paisajística y escénica es un sitio de gran potencial ecoturístico.

ABSTRACT

The protected areas are that have particular characteristics of flora, fauna, beautiful landscapes and a historical and cultural patrimony and / or they have a strategic placing for a hidrycal regulation, and strong slopes and because of this reason they must be preserved, kept, recuperated and managed to the enjoyment of the present and further generations of our region so that it can be guaranteed the supply of environmental basic services for the socioeconomical development.

CAÑÓN DEL RÍO ALICANTE (Alicante River Canyon)

Location: it is situated in the jurisdiction of the municipalities of Maceo and Puerto Berrío.

Area: 6.292 hectares.

Importance: This area has karstic formations (calcareous formations) represented by "montes pepinos" (cucumber mounts), grottos, caves and caverns that hold birds species that are able of dispersing feeds, those species are: the guacharos and the bats. This zone presents tropical forests asociated to the caverns holding endemic flora and fauna. The stream Guardasol encounters the stream Alejandría and they form the Alicante River. This is a place with a great ecotourist potential because of its beautiful sceneries and landscapes.

INTRODUCCIÓN

De acuerdo con el proyecto "establecimiento de Áreas de Reserva de Corantioquia, Las Áreas de Reserva, se definen como zonas que por poseer características particulares de flora, fauna, belleza paisajística o patrimonio histórico-cultural deben ser preservadas, conservadas y manejadas para que las disfruten las generaciones presentes y futuras de nuestra región. Su delimitación, declaración y manejo debe estar fundamentada en estudios ecológicos, sociales, económicos, culturales y arqueológicos.

Las Áreas contribuyen a la conservación de la biodiversidad de los recursos naturales y culturales, facilitan las actividades de investigación, moderan y mantienen la estabilidad del clima local; protegen los suelos y las cuencas hidrográficas; proveen de espacios para la recreación y ayudan a la conservación del patrimonio cultural, arqueológico, hídrico y paisajístico; además de facilitar el fomento a las actividades de educación ambiental y ecoturismo.

Con el fin de garantizar una buena representatividad ecosistémica, se han identificado y caracterizado 14 Áreas de Manejo Especial ubicadas en diferentes pisos térmicos tales como: páramos, bosques andinos y pisos tropicales húmedos y secos. Las áreas de reserva, suman en su totalidad 444.449 ha, 12.4 % del área total de la jurisdicción. Además la Corporación hace partícipes a los municipios en la identificación y consolidación de reservas de carácter local, acompañándolos en el proceso de declaratoria y en la puesta en marcha de acciones que permiten su conservación y recuperación. La Corporación ha avanzado en la caracterización de algunas de estas áreas y dispone de estudios y planes de manejo de la mayoría, que permiten definir los usos del suelo y las acciones encaminadas a la protección de las mismas.

MARCO TEÓRICO

El proyecto Establecimiento de áreas de Reserva, nació con La corporación en el año 2005, con su creación. Desde ese entonces se inició con la identificación de los ecosistemas estratégicos o áreas de reserva o protegidas, con el fin de poder incluir la conservación y manejo de estos ecosistemas en el plan de gestión de corantioquia 1998-2006 y sus respectivos planes de acción.

Como es sabido existen ecosistemas estratégicos del orden nacional, manejados por la Unidad Administrativa Especial del Sistema de Parques Nacionales Naturales, del orden regional, que son administrados por las corporaciones de acuerdo con la Ley 1999 de 1993 y los de orden local, iniciativas municipales, que se apoyan desde La Corporación.

Dentro del proyecto "Establecimiento de Áreas de Reserva, entonces, se trabaja en cuatro niveles: las áreas de amortiguamiento del Parque Nacional Natural Paramillo y del parque Nacional Natural de Las Orquídeas; las áreas de reserva regionales cuando tiene área de influencia de dos o más municipios de la jurisdicción; las áreas de reserva locales llamadas así por estar inmersas dentro de un solo municipio y los humedales de montaña y de planicies aluviales.

Para cada ecosistema, se realiza el plan de manejo que contiene los diagnósticos biofísico y socioeconómico, así como los usos actuales y potenciales del suelo y los conflictos de uso. Con esta información y de acuerdo con las características de la zona se hace una delimitación, se identifica la figura jurídica que se ajuste a las condiciones del área de reserva y que esté enmarcada en la Ley, se define la zonificación y se formulan una serie de programas y proyectos con un horizonte a diez años para iniciar su ejecución de acuerdo con los recursos económicos adscritos al proyecto año a año.

De otro lado, se elabora un modelo de acuerdo para que la Oficina Asesora Jurídica de Corantioquia, lo evalúe revise y luego sea presentado al consejo directivo para su declaratoria en el caso de las reservas regionales o para ser presentado a los concejos municipales cuando son áreas de reserva locales. Algunas áreas de reserva con potencial ecoturístico, poseen un documento denominado plan de manejo o desarrollo ecoturístico que no solo identifica los sitios con mayor potencial, sino que también los caracteriza y propone su amoblamiento siempre y cuando lo requiera, propone una figura administrativa y la sostenibilidad de esta actividad en un horizonte de diez años.

Los humedales, se intervienen de dos formas: a los complejos de humedales de las llanuras aluviales de los ríos Cauca y Magdalena se les hace plan de manejo incluyendo acciones ecoturísticas siempre y cuando presenten bellezas escénicas y paisajísticas que así lo ameriten, así como a los de montaña y de otro lado se realizan limpiezas de los espejos de agua y de sus caños en forma manual con la participación activa de las comunidades que habitan los alrededores y se usufructúan de estos ecosistemas, acompañadas con educación ambiental.

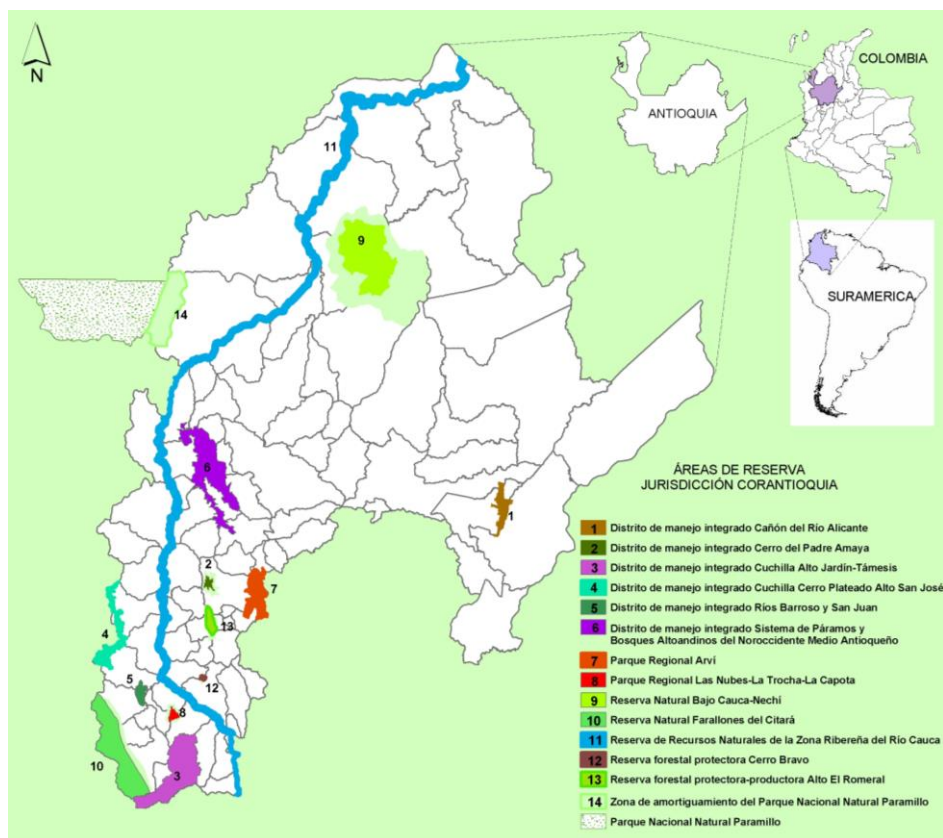
OBJETIVO DEL PROYECTO

Desarrollar un sistema de áreas protegidas para la conservación y recuperación de los recursos naturales, a través de la identificación, delimitación y protección de las áreas de especial valor por su representatividad ecosistémica y su riqueza natural

ÁREAS DE RESERVA DE CARÁCTER REGIONAL

En la actualidad se tienen identificadas, delimitadas y caracterizadas 14 áreas de reserva de carácter regional, que se intervienen año a año, partiendo del plan operativo y de inversión y de acuerdo con los recursos existentes. En la siguiente figura se presenta la ubicación de las reservas en la jurisdicción de Corantioquia:

- Parque Regional Arví
- Distrito de Manejo Integrado de los Recursos Naturales Renovables del Sistema de Páramos y Bosques Altoandinos del Noroccidente Medio Antioqueño
- Distrito de Manejo Integrado de los Recursos Naturales Renovables de la Cuchilla Jardín- Támesis
- Reserva Natural de los Farallones del Citará
- Parque Regional Nubes-Capota-Trocha
- Distrito de Manejo Integrado de los Recursos Naturales Renovables del Cerro del Padre Amaya
- Reserva Forestal Alto El Romeral
- Reserva Forestal Cerro Bravo
- Distrito de Manejo Integrado de los Recursos Naturales Renovables de los Ríos Barroso y San Juan
- Reserva de Recursos Naturales de la Zona Ribereña del Río Cauca
- Reserva Natural Bajo Cauca–Nechí
- Distrito de Manejo Integrado de los Recursos Naturales Renovables de la Cuchilla Alto San José–Cerro Plateado
- Zona de Amortiguamiento del Parque Nacional Natural Paramillo



CAÑÓN DEL RÍO ALICANTE

Su figura jurídica también se denomina distrito de Manejo Integrado de Los Recursos Naturales Renovables. Se localiza en jurisdicción de los municipios de Maceo y Puerto Berrío, con un área de 6.298 hectáreas.

Posee formaciones kársticas, representadas por "montes pepinos", grutas, cavernas y cuevas que albergan especies dispersoras de semillas como los guácharos y los murciélagos. Presenta bosques tropicales asociados a las cavernas con presencia de fauna y flora endémica. La quebrada Guardasol, al encontrarse con la Alejandría, conforma el río Alicante. Por su belleza paisajística y escénica es un sitio de gran potencial ecoturístico.

La reserva posee plan de manejo y plan de manejo ecoturístico que se ha venido ejecutando a lo largo del tiempo con las siguientes acciones:

Con participación activa de la comunidad de la zona que son aproximadamente 27 familias, denominadas "parceleros" por poseer fincas de aproximadamente 40 hectáreas cada una, adjudicadas por el antiguo INCORA, hoy INCODER desde hace 12 años, se han establecido 50 parcelas agoroforestales de una hectárea cada una, 295 hectáreas de enriquecimiento y 119 hectáreas de reforestación protectora-productora.

Con el Instituto von Humboldt, desde hace dos años, a través de convenios, se hizo un inventario de la avifauna de la reserva, con el fin de declararla como AICA (Área de Interés para la Avifauna); dicha declaratoria se logró por parte de este Instituto en 2004 y actualmente se estudian las poblaciones de tres especies en vía de extinción: loro cabeciamarillo, paujil de pico azul y guácharo.

En materia arqueológica se hicieron diversas prospecciones arqueológicas y se encontró que en las cuevas hay gran cantidad de pinturas rupestres, cuyos vestigios de población datan desde hace 4.000 o 5.000 años. Estas poblaciones ocupaban el área del Magdalena medio, concentrándose principalmente en el área de influencia de la reserva, por cuanto usaban las cavernas como centros ceremoniales y los abrigos rocosos como viviendas. Estos hallazgos, potencian aún más el ecoturismo en la zona.

Dado el gran potencial ecoturístico que tiene la reserva, se capacitaron y contrataron seis guías y guardabosques habitantes de la reserva y se construyó un puente en madera y se adecuaron 1.500 m.l. de senderos, concertados con la comunidad. Allí el municipio de Maceo, posee una hacienda, denominada Santa Bárbara, que sirve como alojamiento a los visitantes de la reserva.

La socialización de todas y cada una de las actividades que se realizan en la zona, se hace con los habitantes adultos, así como con los niños y jóvenes de la reserva, haciendo uso de plegables y pendones.

