

Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables
Dirección General de Información e Investigación del Ambiente
Dirección de Hidrología
División de Aguas Superficiales

EL PROBLEMA DE LA CONTAMINACION DEL RIO TUY Y LA NECESIDAD DE
PLANIFICACION DE LOS RECURSOS HIDRAULICOS EN LA CUENCA

Caracas, Mayo, 1986

Autor: David Pérez Hernández

I N D I C E

	Pág.
1. INTRODUCCION	1
2. LAS FUENTES DE CONTAMINACION	2
3. EL ESTADO DE LA INFORMACION HIDROLOGICA	5
4. DATOS HIDROLOGICOS-RESUMEN	5
5. NECESIDAD DE LA PLANIFICACION DEL USO Y MANEJO DE LOS RECURSOS NATURALES RENOVABLES EN LA CUEN <u>CA</u> DEL TUY	6
6. LIMITACIONES PARA LA PLANIFICACION	10
7. MEDIDAS DE CONTROL	13
8. EL PROGRAMA DE MEDICIONES-MARZO DE 1986	15
9. RECOMENDACIONES	22
10. BIBLIOGRAFIA	23

EL PROBLEMA DE LA CONTAMINACION DEL RIO TUY Y LA NECESIDAD DE PLANIFICACION DE LOS RECURSOS HIDRAULICOS EN LA CUENCA

1. INTRODUCCION

Después de practicarse a principios de marzo de 1986, un reconocimiento general de la cuenca del río Tuy, realizando mediciones de velocidades en numerosas secciones del río, en coordinación con profesionales de la Dirección General Sectorial de Planificación y Ordenación del Ambiente (DGSPOA), no se abriga la menor duda en catalogarlo como el río que ofrece a nivel nacional, los más altos índices de contaminación de sus aguas, tanto por residuos orgánicos como productos químicos resultantes del desarrollo industrial. Además como consecuencia del acelerado crecimiento poblacional, el urbanismo, y más recientemente con el trazado de la autopista hacia oriente, se prevee que se produzca un incremento notable de la producción y suministro de sedimentos hacia los cursos fluviales, contribuyendo a hacer más compleja la situación actual de preservación y de conservación de los recursos naturales, y por consiguiente, más costosos y difíciles de resolver los problemas que de ello se deriva.

Este informe además al permitir reportar los datos de las mediciones de velocidades realizadas en bajos caudales (época seca) así como las correspondientes a las propiedades de los sedimentos captados en algunas localidades, trata de mostrar la naturaleza de los problemas y los efectos que tanto a corto como a largo plazo, pueden aparecer con graves consecuencias, especialmente de índole bio-sanitarias, que signifiquen una seria limitación para el desarrollo integral de la cuenca y el manejo y aprovechamiento de sus recur

sos naturales .

2. LAS FUENTES DE CONTAMINACION

En base a los análisis preliminares, de la Dirección de Investigación del Ambiente y la Dirección General Sectorial de Planificación y Ordenación del Ambiente, relacionados con la contaminación del río Tuy, se estima que actualmente una carga contaminante equivalente a la suministrada por cerca de 7.5 mill. de habitantes se moviliza a través del Tuy, correspondiendo al río Grande un 10%, al río Guaire un 78% y/a la zona baja del Tuy un 11%; mientras que el origen de las fuentes de contaminación se discriminan según los sectores altos de la cuenca, con un predominio de contaminantes producidos por fuentes industriales, hacia el sector medio el suministro proviene de poluentes derivados de la actividad humana y hacia el Tuy bajo derivado de residuos orgánicos, donde las cochineras representan el más significativo aporte .

Mientras que el río debe visualizarse como un sistema global de transporte de materiales (agua, sedimentos, contaminantes), debe reconocerse que la concentración de poluentes y los efectos que ellos producen de uno a otro sector dependen de la naturaleza, eficiencia de mezcla y capacidad autopurificadora del río, hidráulica del sistema de drenaje, las características físico-química de las aguas e hidroclimáticas de la cuenca, por lo tanto afrontar un problema de control de contaminación, requiere de la consideración de múltiples variables interrelacionadas, para muchas de las cuales, se carece de suficiente y adecuado conocimiento al presente .

Es un hecho sin embargo, que tales contaminantes siendo de diferente origen y sometidos a transportes de distintas escalas dentro del canal hasta llegar al Mar Caribe, experimentan transformaciones y pueden afectar otros recursos como los suelos, contribuir a modificar la ecología y el habitat tanto en los propios canales como en las planicies fluviales, e incluso, incorporarse a otros sistemas de flujo como el subsuperficial, produciendo efectos a una extensión mucho mayor, tanto espacialmente al afectarse otros medios físicos, como temporal, dado que bajo tales circunstancias los tiempos de residencia de los contaminantes se incrementan notablemente. Un hecho adicional posiblemente más grave pero inevitable, en cuencas sometidas a alto desarrollo demográfico y pronunciada actividad humana, es el atinente al excesivo aporte de materiales sólidos, producidos a través de la erosión natural e incrementados particularmente en la cuenca del Tuy, como resultado del trazado vial de la autopista hacia oriente, lo cual viene a añadirse al de explotación de aluviones bajo cuestionables criterios técnicos, o la practica de urbanismo acelerado en suelos altamente erosionables en los bordes a los grandes centros de población. El río Tuy, de hecho, posee un elevado transporte de sedimentos, pero bajo las circunstancias actuales tales magnitudes, se deben incrementar considerablemente, dado que se trata de la perturbación de suelos de carácter fino, bajo condiciones de altas pendientes en zonas con un elevado régimen pluviométrico. Todo ello conduce a un complejo problema para el manejo de los recursos naturales de la cuenca, algunos de los cuales van a demandar enormes gastos para su futura solución o la implementación

de medidas de control que rendirían mayores beneficios cuanto más urgentemente sean adoptadas.

3. EL ESTADO DE LA INFORMACION HIDROLOGICA

La cuenca del Tuy cuenta con una apropiada red de estaciones meteorológicas, y ello ha determinado junto con la disponibilidad de estaciones hidrométricas, el que se disponga de varios estudios hidrológicos*, así como de índole climática.

En los últimos años sin embargo, estaciones tan importantes como el río Grande-Carpintero, Tuy-Clavo y Tuy-San Antonio, han sido dañadas por crecientes, interrumpiéndose los registros hidrológicos y es recientemente, cuando se han recuperado y se van a reiniciar mediciones a través de la Zona N°1, para actualizar registros de niveles-caudales líquidos-sedimentación.

4. DATOS HIDROLOGICOS-RESUMEN

Los datos de las estaciones hidrométricas más bajas en la cuenca del río Tuy, indican que para la del Clavo, donde el área de drenaje es de 5820 Km^2 , y para el lapso 1966-1973, el escurrimiento anual fué de $2040 \times 10^6 \text{ m}^3$, con un transporte sólido de $4 \times 10^6 \text{ t/año}$, siendo la concentración media de 1870 ppm. Incrementos del transporte que duplican al promedio, se han registrado en años anómalos como el de 1970, cuando el volumen líquido solo se incrementó en 30%. Mientras que la mayor fracción del transporte

* Ver archivo Técnico de Documentación. Dirección de Hidrología.

sólido del río Tuy es fino, se estima que debido a las actividades humanas en la cuenca, especialmente producidas por el urbanismo y desarrollo vial, el acarreo sólido promedio ha podido duplicarse en los últimos años.

En el río Grande-Carpintero ($A= 720 \text{ Km}^2$), durante el período 1963-1973, el escurrimiento anual fué de $150 \times 10^6 \text{ m}^3$ con $220 \times 10^3 \text{ t/año}$ de arras tre sólido, también produciéndose un incremento del doble del transporte para el año 1970, aun cuando el caudal no varió significativamente del promedio. Ello indica que procesos tales como derrumbes, desplomes, asentamientos y en general movimientos gravitacionales de masas de materiales, ejercen una gran importancia como fuentes de suministro sólido al río. Ello fué verificado en forma generalizada, en múltiples cortes de taludes en la vía hacia Oriente, así como en las faldas de cerros con suelos sometidos a desforestación en altas pendientes, durante las lluvias intensas del pasado mes de Diciembre en la cuenca del Tuy.

En relación a los rendimientos líquidos-sólidos de la cuenca superior, se sugiere al interesado documentarse en estudios hidrológicos previos (1).

5. NECESIDAD DE LA PLANIFICACION DEL USO Y MANEJO DE LOS RECURSOS NATURALES RENOVABLES EN LA CUENCA DEL TUY.

Fomulados los conflictos ambientales, así como las características del desarrollo Demográfico-Industrial en la cuenca, debe reconocerse la necesidad de formular esquemas de planificación y manejo de los Recursos Naturales, que permitan reglamentar y hacer un ordenamiento de sus usos, como me dio de reducir el deterioro y daños causados a los mismos al presente, y los

cuales van a alcanzar magnitudes y grados de complejidad mucho mayores a un relativo corto plazo, con el agravante de que las inversiones requeridas para su solución a posteriori, serían más elevadas ante las limitaciones impuestas por asignaciones y presupuestos cada vez más reducidos, para atacar este tipo de problemas. Tales actividades se ven justificadas, además por las siguientes razones:

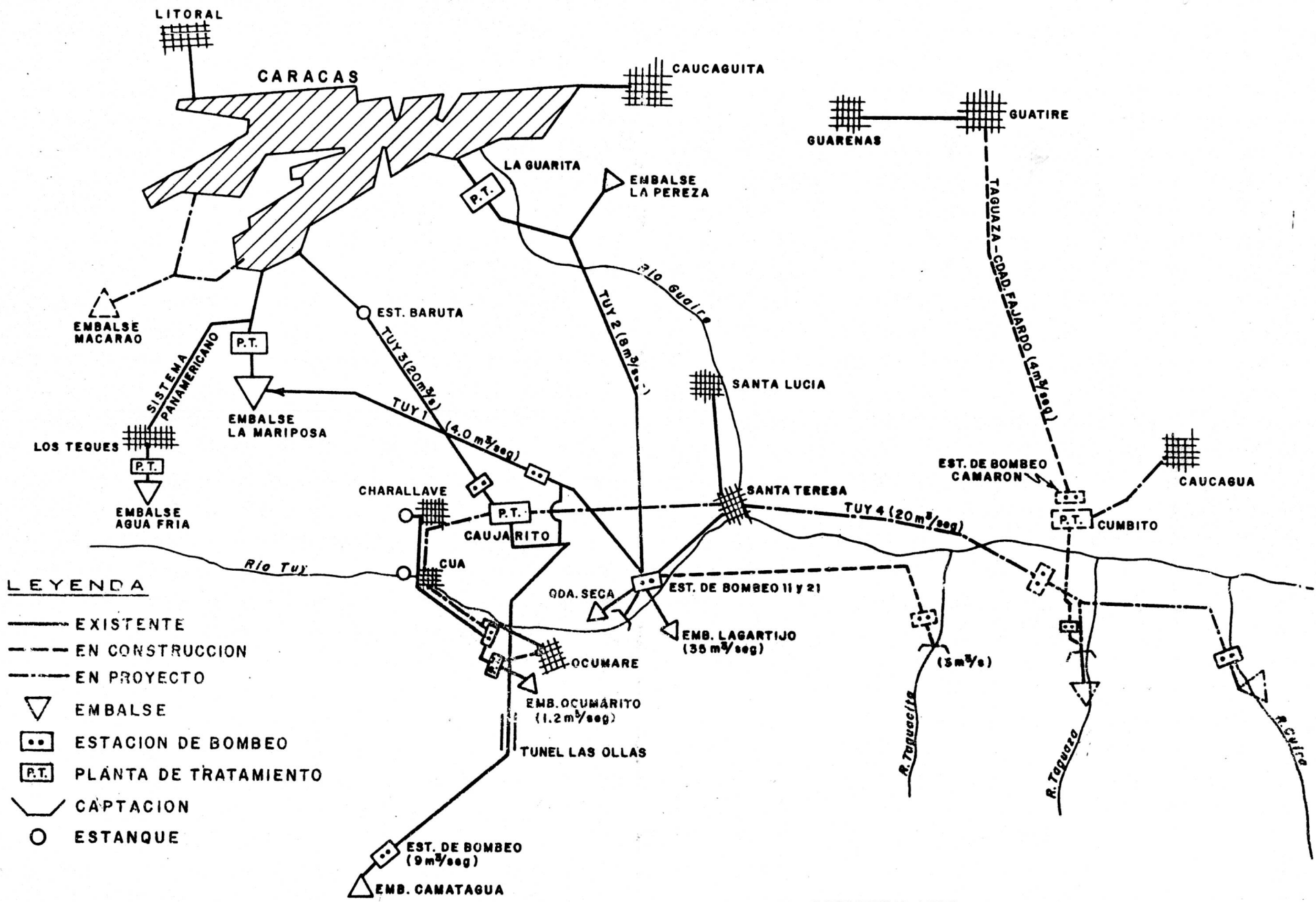
1. El crecimiento poblacional y el desarrollo industrial en numerosos sectores de la cuenca, señalan una tendencia a mayor intensificación y crecimiento, con la incorporación de nuevas industrias y la descentralización desde el área metropolitana hacia el Tuy medio e inferior, lo cual produce incrementos notables de las demandas bioquímicas de oxígeno (hasta 50.000 mg/l), sin que se adopten normas para reducir los efectos ecológico-ambientales en los ríos y tributarios afectados por dichos suministros.
2. Los efectos de contaminación de las aguas van más allá del solo daño a las superficiales, mientras que éstas al estar en contacto con las aluviones e infiltrarse en los acuíferos del valle, crean deterioro de los almacenamientos subterráneos, produciendo una contaminación que es más conflictiva que la de las primeras, ya que tomaría muchos años y tal vez no se logre llevar a estos depósitos, a las condiciones originales en lo relativo a calidad y grado de pureza de las aguas.

3. No existe actualmente un debido conocimiento de los contaminantes en lo relativo a: concentración de descargas, capacidad de dilución y transporte, infiltración vertical en los lechos, tiempos de residencia en los cuerpos de agua, capacidad de autopurificación de los ríos, relación con la hidrología y la sedimentación, etc., que permitan fijar criterios de la magnitud real del problema, y especialmente, que lleve a la definición de normas para el control de la calidad del agua. Así, poblaciones ribereñas al cauce del Tuy, especialmente, las situadas en dirección a aguas abajo, están experimentando efectos que se traducen en enfermedades infecto-contagiosas, deterioro del valor estético y paisajístico del ambiente, al afectarse tanto las aguas como los suelos y el aire, limitaciones para el uso del agua con otros fines y, últimamente, la limitación de usar estas áreas marginales al cauce para urbanismo.

4. Mientras que el agua trasvasada para el abastecimiento del área Metropolitana de Caracas, se transporta parcialmente* a través de un tramo del río Tuy, con elevado índice de contaminación, es procedente señalar que muchos constituyentes iónicos y disueltos, de naturaleza química compleja como trazas, minerales pesados secundarios, etc., se incorporan a las aguas de abastecimiento y los mismos no pueden ser controlados y eliminados mediante los sistemas de tratamiento en las plantas convencionales. Ello representa un serio problema sanitario para las poblaciones, quienes deben recibir un agua de baja cali-

*Véase Croquis "A"

CROQUIS "A"
SISTEMA DE ABASTECIMIENTO REGION METROPOLITANA



REFERENCIA: INOS

dad y con elementos cuyos efectos sobre la salud, no son bien conocidos y controlados por el INOS.

5. El problema de la contaminación en los ríos y tributarios principales, no debe desvincularse de los efectos que se producen sobre las zonas costeras litorales tales como lagunas, estuarios y las playas, sitios finales de disposición de las aguas contaminadas. Ello daña las playas seriamente, y las hace de uso restringido para el turismo y la recreación, aspectos estos significativos en el Tuy bajo, aparte de producirse influencias indeseables sobre la ecología y el habitat de especies marinas, que cumplen allí parte importante de sus ciclos de reproducción y desarrollo, lo cual conduce a un empobrecimiento de los recursos pesqueros. Ello, en un país donde el mar por su extensión y sus recursos, va a desempeñar un significativo papel futuro como fuente de alimentos protéicos, alternativa para generar divisas, etc, lleva a asignarle un carácter prioritario al control de este problema en la cuenca del Tuy.

6. LIMITACIONES PARA LA PLANIFICACION

Existen aspectos, relacionados con las propiedades físico e hidroclimáticas de la cuenca así como derivadas de la deficiencia de información, que añadidos a la rapidez con que se están produciendo los cambios inducidos artificialmente, muchos de los cuales no están completamente bajo control de las Dependencias Gubernamentales, que hacen de la labor de planificación

de los recursos hidráulicos en la cuenca una difícil tarea. Desde el punto de vista de sus áreas de influencia las actividades de medición y control hidrometeorológico, competen a tres zonas administrativas diferentes y aun cuando pueden uniformizarse los criterios de medición, es de señalar que la estructura de la red, así como los sitios seleccionados de medición y muestreo, deberían adecuarse a los objetivos de generación de información básica, para un propósito muy definido, como es el de control de la contaminación. Las Dependencias de Administración del Ambiente, así como los Consejos Municipales que son varios, ejercen distintas normativas para asignar autorizaciones para el aprovechamiento y uso de los recursos naturales, no disponiéndose aun de las normas y reglamentos apropiados (especialmente de la ley de aguas) para el manejo de los mismos.

Muchas industrias y tipos de desarrollo agropecuario no fundamentan técnicamente sus proyectos y ciertamente se carece por parte de las Dependencias de Administración Ambiental, de los medios efectivos para ejercer un control del uso y manejo de los recursos, de modo no se contemplan objetivos de preservación del ambiente, los que serán más valiosos en un futuro, tales como los de valorización del paisaje, preservación de parques nacionales, y zonas silvestres, conservación de sitios de recreación, preservación de la calidad y productividad de los suelos, conservación de bosques naturales y mantenimiento de las condiciones ambientales, dentro de standards de calidad referidos a los recursos aguas, suelos y aire. Así, el propósito fundamental de las empresas es el de maximizar beneficios económicos, cuestión muy loable en el estricto sentido económico, sin importar que luego el agua no pueda ser

usada para ningún fin, que la tierra no dé productividad, que la población esté expuesta a sufrir epidemias y enfermedades ó que se haga inapropiado el ambiente para su habitabilidad, aparte de tener que sufragar gastos e impuestos cada vez crecientes, por el mejoramiento de los servicios de suministro de agua, recurso este limitado en su aprovechamiento debido a que las industrias no toman medidas de control de la contaminación.

Otra consecuencia inmediata derivada de las anteriores y que se viene observando en diferentes sectores de la cuenca, es la transformación de la sociedad rural, con hábitos tradicionales hacia la agricultura y el laboreo en las partes bajas y planas del valle, donde tenía disponibilidad de agua de buena calidad para el riego, por la migración y expansión hacia zonas más elevadas y en altas pendientes con lo cual, además de reducir las áreas boscosas naturales, contribuye a acelerar los procesos erosionales, trasladándose los problemas de conservación a otros sectores. Esta tendencia se va a acelerar en el futuro con el crecimiento de la población y la descentralización de las industrias y establecimiento de nuevas ciudades satélites, desde los grandes centros urbanos.

En resumen, considerando que son numerosas y complejas las limitaciones para ejercer actualmente el control de la contaminación en el río Tuy, y dado que las medidas de planificación que se adopten dejarán sentir los efectos después de un tiempo, es procedente ir tomando previsiones y soluciones que contribuyan a minimizar los efectos de la contaminación de las aguas y el deterioro ambiental.

7. MEDIDAS DE CONTROL

En cuencas donde se dispone de extenso y un alto cúmulo de información básica en diversos aspectos del medio ambiente, como son en las áreas de geología, hidrología, hidráulica del flujo, evaluación de la contaminación etc, el adoptar medidas correctivas y practicar los análisis de proyectos ingenieriles no es una tarea compleja, y ello conduce con certeza a la adopción de la alternativa más eficiente, técnica y económicamente para la solución de un problema como el que nos ocupa. La situación cambia cuando en los sistemas fluviales que son altamente dinámicos y complejos, tales facilidades no existen, así que el basamento de la planificación está ausente y entonces debe recurrirse a la improvisación. Esto ha hecho mucho daño en el pasado, y no se dispone actualmente de recursos económicos en el país para seguir en esta dirección.

En la cuenca del Tuy se plantea la posibilidad de ejercer medidas a corto y mediano plazo, las primeras pueden concebirse y ponerse en práctica aun con una limitada información en los aspectos antes citados, otras necesariamente deben fundamentarse en una mejor calidad de la información, lograda a través de estudios e investigaciones interdisciplinarias. Las medidas señaladas a continuación se han experimentado en cuencas con problemas similares, poniéndose en práctica un conjunto combinado de ellas, algunas son específicas, y su implementación en el tiempo, puede depender de como evolucione el problema, del grado de conocimiento que se logre sobre los cuerpos de agua y métodos de control de la contaminación, del establecimiento defi-

nitivo de las normas deseadas de control y fundamentalmente, de la disponibilidad de recursos económicos.

Entre ellos son de mencionarse:

- a) El modificar los proyectos de industrialización, tal que las industrias generen contaminantes menos dañinos (biodegradables, por ejemplo) ó con bajos niveles de DBO y DQO.
- b) Autorizar desarrollos industriales que produzcan bajos niveles de contaminación, o exigir como requisito del proyecto, la necesidad de contemplar sistemas de tratamiento.
- c) Reglamentar los usos del agua, para lo cual se precisa de disponer de una normativa jurídica que debe ser respetada y cumplida, tanto por Dependencias Oficiales como por el sector privado.
- d) Incrementar la capacidad autopurificadora de los canales naturales mediante la aereación, ya sea construyendo estructuras de control, ó embalses reguladores.
- e) Practicando tratamiento de las aguas mediante procesos de tipo primario, secundario ó terciario.
- f) Reubicar centros y granjas porcinas hacia sitios menos susceptibles a los daños de la contaminación, en combinación a lo señalado en d y e.
- g) Incrementar la capacidad de dilución de los canales a través del tras

vase de cuencas vecinas.

- h) Evitar que los caudales de ríos no contaminados se mezclen con los flujos con altos niveles de contaminación.

Es procedente señalar que durante el programa reciente de mediciones de velocidades en el río Tuy, el Profesor Luis Franceschi, mencionó la posibilidad de trasvasar excedentes del Lago de Valencia hacia la cuenca del Tuy, como vía de incrementar el poder de dilución de los flujos y mantener regulados los niveles del Lago; también sugiere la idea de aprovechar los caudales de tributarios de la cuenca alta como el Guare, Cagua y otros de relativa importancia en escurrimiento, para diversos fines, antes de que se produzca la mezcla con las aguas altamente contaminadas del río Tuy. Ello obviamente, favorece en la actualidad el poder diluyente de los flujos, con lo cual se reduce la concentración de los contaminantes, y se mantiene en el río niveles menos críticos de polución, especialmente en bajos caudales, pero ambas propuestas ameritan ciertamente, la consideración de un análisis técnico-económico y deben ser contempladas necesariamente como alternativas viables, para contribuir al control de la alta contaminación en el río Tuy.

8. EL PROGRAMA DE MEDICIONES-MARZO DE 1986

A principios del mes de marzo se programó la realización de mediciones de velocidades en algunos sitios del río Tuy, donde por la facilidad de acceso así como por la existencia de puentes, se pudiese en el menor tiempo posible, realizar mediciones de las velocidades, lo cual además de permiti

tir obtener una idea de sus variaciones y magnitudes bajo condiciones de mínimos caudales en la época seca, ayude a evaluar objetivamente el problema de la contaminación, a través de los diferentes sectores. Anteriormente, la Dirección de Investigación del Ambiente, había realizado mediciones de velocidades y caudales para la realización de un estudio sobre la contaminación del río, y los resultados ahora obtenidos, permitirían hacer comparaciones, con miras a la posible utilización y calibración de modelos de contaminación de las aguas.

Las Tablas anexas son un resumen de los resultados obtenidos y se considera que no ameritan un detallado análisis, excepto algunos breves comentarios.

En general las velocidades obtenidas han resultado ser relativamente bajas, y mientras en el Tuy bajo las reducidas pendientes pueden ser el factor de control dominante, hacia la parte alta, donde el flujo ocurre generalmente en lechos gravosos y de peñones, la resistencia hidráulica del contorno aluvial es sin duda de mucha importancia en determinar este comportamiento del flujo.

No hubo problemas para la práctica de mediciones en la parte inferior, más en el sector del río comprendido entre Ocumare del Tuy y las Cabezas, en el Consejo y Tejerías, donde las aguas tienen elevadas concentraciones de electrolitos y residuos químicos, resultantes de la actividad industrial, lo que se manifiesta en cambios frecuentes y en cortos trechos de la coloración de las aguas, con desprendimiento de gases y materias volátiles irritantes, las mediciones de velocidades con correntímetros tipo SEBA y GURLEY

MEDICIONES DE VELOCIDADES EN EL RIO TUY Y ALGUNOS DE SUS TRIBUTARIOS
4-5/03/86

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
Río-Estación (Instrumento)	Fecha	Prof. (m)	Margen	Prof. OBS (m)	Rev.	Tiempo (seg)	Vel. (ms ⁻¹)	Observaciones
Tuy-Puente San Juan (Seba)	04/03/86	2,98	Izquierda (MI)	(0,59)	84	40	0,70	Ancho de la sección b = 44 m. Sedimentos finos en la planicie flu- vial . Concentración elevada de sedimentos fi- nos (estimado 300 mg/l).
				(1,78)	79	40	0,65	
				(2,38)	78	40	0,65	
		2,00	Centro (C)	(0,56)	84	40	0,70	
				(1,36)	68	40	0,57	
(1,76)	59	40	0,50					
Tuy-El Clavo (Seba)	04/03/86	1,05	(C)	(0,37)	67	40	0,56	Sedimentos finos en sus- pensión. Vertical a 28 m de la margen derecha.
				(0,79)	81	40	0,67	
				(1,00)	40	40	0,34	
Tuy-Panaqui- re (Seba)	04/03/86	2,06	(C)	(0,57)	143	40	1,17	Alto transporte sedimen- tos finos. En el bajo Tuy alta sinuosidad del canal, taludes verticales limosos
				(1,50)	117	40	0,97	
				(1,81)	100	40	0,83	
Grande-Car- pintero (Gurley)	04/03/86	0,42	(C)	(0,08)	61	40	1,04	Sección mojada b=8m. Temp. 27° C, lecho gravo-arenoso son rápi- dos.
				(0,25)	50	40	0,85	
				(0,34)	46	40	0,78	
Araira-Acceso Pobl. (Gurley)	04/03/86	0,47	(C)	(0,09)	25	40	0,43	Canal torrencial, se mi- dió en tramo con control aguas abajo, lecho de pe- ñones y gravas, aguas límpias.
				(0,28)	20	40	0,35	
				(0,38)	16	40	0,28	
Tuy-Pte. Ocu- mare (Gurley)	05/03/86	0,74	(C)	(0,58)	8	40	- ? -	Resultado dudoso, no funcionó sistema eléc- trico, se sugiere repe- tir la medición.

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
Río-Estación (Instrumento)	Fecha	Prof. (m)	Margen	Prof. OBS (m)	Rev.	Tiempo (seg)	Vel. (ms ⁻¹)	Observaciones
San Pedro-San Pedro (Gurley)	05/03/86	0,15	(C)	(0,09)	44	40	0,75	Estación hidrométrica. Caudal concentrado en la margen derecha. Lecho gravo-arenoso.

NOTAS:

- Se sugiere practicar las mediciones de velocidades con un correntímetro electrónico tipo PVM-2A

- Como verificación de las velocidades aplíquese las ecuaciones siguientes:

Correntímetro Gurley 622:

V (m/seg)	$V = 0,666 N + 0,013$	$N < 1$
	$V = 0,677 N + 0,002$	$N > 1$

Correntímetro Seba:

V (cm/seg)	$V = 31,36 N + 2,02$	$N < 0,56$
	$V = 32,55 N + 1,35$	$N > 0,56$
	$V = 34,59 N - 11,09$	$N > 6,10$

N - número revoluciones / Tiempo de lectura

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
Río-Estación (Instrumento)	Fecha	Prof. (m)	Margen	Prof. OBS (m)	Rev.	Tiempo (seg)	Vel (ms ⁻¹)	Observaciones
Tuy- 30m. de la Conf. Ocu- marito (Gurley)	05/03/86	0,64	(C)	(0,13) (0,38) (0,51)	24 23 18	40 40 40	0,41 0,40 0,31	Se midió aguas abajo de arenera el sitio, alta con- taminación y transporte sólido. Se captaron mues- tras sedimento suspendido.
Tuy-Pte. Marín (150 m aguas arriba) (Gurley)	05/03/86	0,60	(C)	(0,12) (0,36) (0,48)	52 41 35	40 40 40	0,88 0,70 0,60	Elevada contaminación aguas de color negro, olores fuer- tes y desagradables.
Tuy Hda. Mar- quéz (Gurley)	05/03/86	0,55	(C)	(0,11) (0,33) (0,44)	36 32 24	40 40 40	0,61 0,55 0,41	Tramo gravo-arenoso con rápidos (espumas en super- ficie) persiste color ne- gro del agua.
Tuy-Conf. Caño Topo (Gurley) 721000 E 11247 N	05/03/86	0,40	(C)	(0,08) (0,24) (0,32)	57 34 28	40 40 40	0,96 0,58 0,48	Se midió en tramo situado aguas arriba Pte. Tacata, Aguas de color negro, olor desagradable, lecho gravoso.
Tuy-Hda. Ba- rrios (Gurley)	05/03/86	0,10	(C)	(0,06)	19	40	0,33	Antigua Estación MOP, alta concentración de sedimentos finos atribuida a laboreo de aluviones. Se captó muestra.
Tuy-Consejo Hda. Ingenio (Gurley)	05/03/86	0,15	(C)	(0,08)	28	40	0,48	Medición dudosa debi- do a la composición química del agua e in- terferencia con el ins- trumento.
Tuy- 100 aguas arriba confl. río Cagua.	05/03/86	-	-	-	-	-	-	No se logró medir de- bido al efecto anterior.
Río Cagua -50 m. Confl. río Tuy (Gurley)	05/03/86	0,15 0,11 0,09	(C) MD MI	(0,09) (0,07) (0,05)	23 20 17	40 40 40	0,40 0,35 0,30	Río de lecho gravo-arenoso aguas limpias, balneario pú- blico, se midió a 80 m de la confluencia con el Tuy. Se captó muestra del material de lecho.

se hicieron no factibles de definir, al interferir la calidad del agua (solución electrolítica altamente conductora) con el sistema de trasmisión de la energía eléctrica en los instrumentos.

Esta situación es la primera vez que se detecta en un río de Venezuela*, y ello es indicativo del alto grado de polución que existe en las aguas, planteando la necesidad de elegirse nuevos métodos de medición; a su vez, ello lleva a la necesidad de revisar la precisión de las mediciones anteriormente realizadas por la DIA, ó en su defecto, si tal interferencia no se registró debido a que las aguas no tenían los niveles actuales de polución, entonces debe deducirse, que el período requerido para que las aguas alcanzarán una condición de "Caldo químico", ha sido muy breve.

En algunas secciones del río se captaron muestras de sedimento suspendido y material del lecho.

En el río Grande-Carpintero la concentración media obtenida de la composición de tres muestras captadas en verticales localizadas 1 central y dos a 1/3 de las márgenes, indicó un valor de 285 mg/l. En el sitio de la confluencia del río Tuy con el canal de Ocumarito, se midió la concentración del sedimento 25 m antes y después de la misma, los valores obtenidos fueron respectivamente 472 y 382 mg/l, lo cual indica que la reducción de la concentración después de la unión es de 20%, pero unos 100 m aguas abajo se observa mezcla casi total de los flujos, lo cual es favorecido por el carácter fino de las partículas y la turbulencia del flujo. Esta situación se produce en

* No observado ni en el río Guaire.

numerosos tributarios a lo largo del río Tuy (Guare, Cagua, Caño Topo, etc), aun cuando en las proximidades a las confluencias, la mezcla no es efectiva, notándose claramente separación de las aguas, tal vez como resultado de las notables diferencias en la densidad, peso unitario de las suspensiones y el tipo de sedimento suspendido en cada río.

Finalmente, se captó una muestra en suspensión del río Tuy-Hda. Barrios, donde aguas arriba se ha venido explotando arenas y aluviones para la construcción.

La concentración resultante medida fué de 630 mg/l todo en la fracción $\leq 0,062 \mu\text{m}$, el caudal para esa fecha (05/03/86) fué de 120 Lps, comparando las magnitudes respecto a las medidas hace 18 años se encuentra que el rango de la concentración referida a los bajos caudales ($Q < 200$ Lps), estaba comprendida entre 1-10 mg/l, lo cual representa un incremento notable y ello debe ser muy superior al aumentar los gastos del río durante la época de crecientes.

Una muestra del material de lecho del río Cagua captada 50 m aguas arriba de su confluencia con el río Tuy, indicó que se trata de una arena-gravosa (30% de grava y 70% de arena), siendo de alta redondez las partículas gruesas, quienes alcanzan a tamaños máximos de 5 cm de diámetro. El tamaño medio del material fué de 6 mm, el río presentaba aguas muy claras con concentraciones que no exceden a 25 mg/l, siendo utilizado como balneario público.

9. RECOMENDACIONES

El Tuy es un río que amerita por sus niveles actuales de contaminación y la forma como se está desarrollando la actividad humana en la cuenca, que el Gobierno Nacional a través del MARNR, adopte medidas inmediatas para que se controle este problema, el cual puede alcanzar un grado de complejidad tal, que haría muy difícil y costosos los métodos de tratamiento, no descartándose que dado los valores de concentración, así como por la compleja naturaleza química de los contaminantes, se alcancen condiciones irreversibles que afecten a diversos recursos naturales y cuerpos de agua, desde donde sería muy difícil eliminarlos, tal como es el caso de contaminación de las aguas subterráneas o de las zonas costero-litorales.

Como fase inicial y apoyo a la planificación de los recursos hidráulicos en la cuenca, es fundamental que se reactiven las mediciones hidrológicas y de calidad de las aguas en diversas estaciones de la cuenca, algunas de las cuales se encuentran en fase actual de recuperación, esto plantea realizar actividades de coordinación entre distintas Zonas Administrativas y asignación de recursos, tanto económicos como de especialistas en distintas direcciones del MARNR, para dedicarse a la tarea de diagnosticar y evaluar mejor el problema y sentar las bases, para adoptar algunas de las soluciones consideradas previamente.

Medidas a corto plazo similares a las que se han venido adoptando en el Lago de Valencia, deben ser puestas en práctica y debe comenzarse a controlar las actividades industriales, exigiendo de las industrias la adopción de

medidas correctivas a la contaminación, de otra forma el proceso de descentralización industrial del área metropolitana, está determinando el traslado de problemas hacia otros ambientes, con el agravante de que no se toman las medidas preventivas.

En el aspecto sanitario es procedente evaluar riesgos de enfermedades contagiosas, en los sectores del río donde existe una alta concentración de población, especialmente en poblaciones ribereñas que a veces utilizan el agua ignorando los riesgos para la salud.

La ejecución de éstas medidas contribuirán a conocer mejor diversos aspectos de la naturaleza del río y sus problemas, facilitarían la adopción de las medidas correctivas y lo que es más importante, contribuirían a preservar en un bajo grado de perturbación, las condiciones naturales de la cuenca, aprovechándose sus recursos de un modo ordenado y sin contradicciones con el desarrollo.

10. BIBLIOGRAFIA

- (1)- PEREZ H. DAVID (1968) "Revisión y Análisis de la Sedimentación en la Cuenca del Río Tuy," MOP (División de Hidrología DGRH).
- (2)- Anónimo, (1966) "Tuy en Tazón, Informe Hidrológico de la Cuenca"
- (3)- GUILARTE MIRIAM DE (1974) División de Hidrometeorología "Estudio Hidrológico del Río Tuy en Hacienda Barrios", Div. Hidrología/MOP.
- (4)- POSEWITZ G. (1964) "Aprovechamiento de los Recursos Hidráulicos de la Cuenca alta del Río Tuy en sitio de presa, Hda. Barrios."