

ESTUDIO DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RIO BOGOTA AGUAS ARRIBA DE TIBITO

Por: SANTIAGO GAVIRIA y CARLOS RODRIGUEZ

Laboratorio Central. E.A.A.B.

1. INTRODUCCION

En desarrollo de un programa de estudio de la calidad del agua del río Bogotá, aguas arriba de las construcciones del Espino, la Dirección de Servicio de Acueducto de la E.A.A.B., encomendó al Laboratorio Central, el trabajo de determinar las condiciones físicas del río en el tramo mencionado y las variaciones en el tratamiento del agua en la Planta de Tibito.

Se dio especial énfasis al levantamiento de la macrofauna benthónica, cuya información sirvió para establecer una serie de indicadores biológicos de calidad de agua, utilizando como referencia el sistema propuesto de Kolkwitz y Marzin (1933) y la modificación de Kolkwitz (1935).

Se realizaron además una serie de factores físico-químicos y se realizó el análisis bacteriológico de las muestras de agua de las diferentes estaciones, correlacionándolos con los resultados biológicos.

Otros autores han continuado a la investigación de este sector del Río Bogotá. Galán Ponzo (1955) estudió aguas abajo de la zona del río. El mismo autor

más pobladores de la zona de oxidación de Tibitoyá, que forma parte del sistema hidrológico del río Salda, Almeida (1972) incluyó en su trabajo de consultoría datos sobre la macrofauna benthónica y el funcionamiento de este sector del río. La firma CEI - COM - PLANHIDRO (1974) incluyó datos biológicos sobre el levantamiento de aguas y procedimientos en las puestas de Puente Baraya, del Sugo, Iguaque y El Espejo, además de algunos resultados físico-químicos y bacteriológicos. El Laboratorio Central de la E.A.A.B. ha publicado datos físico-químicos y bacteriológicos del agua del río en Achury en sus informes anuales. Sin embargo, la mayoría de los trabajos realizados en el río, se han limitado a aguas abajo del Puente del Corral. Es el caso de las diferentes investigaciones llevadas a cabo en algunas tesis de grado de la Universidad Nacional y mencionadas por Porcino et al (1972).

Esta investigación contribuye al conocimiento del río Bogotá y los indicadores biológicos benthónicos, permitiendo otro medio para identificar y controlar la calidad del agua del río, a partir de esta información y estudiar los efectos de la contaminación sobre la zona del río y la

ESTUDIO DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RIO BOGOTA AGUAS ARRIBA DE TIBITO

Por: **SANTIAGO GAVIRIA y CARLOS RODRIGUEZ**

Laboratorio Central. E.A.A.B.

I. INTRODUCCION

En desarrollo de un programa de estudio de la calidad del agua del río Bogotá, aguas arriba de las compuertas del Espino, la Dirección de Servicio de Acueducto de la E.A.A.B., encomendó al Laboratorio Central, el trabajo de determinar las condiciones actuales del río en el tramo mencionado y las incidencias en el tratamiento del agua en la Planta de Tibitó.

Se dió especial énfasis al levantamiento de la macrofauna bentónica, cuya información sirvió para establecer una serie de indicadores biológicos de calidad de agua, utilizando como referencia el sistema sapróbico de Kolkwitz y Marsson (1909) y la modificación de Kolkwitz (1935).

Se estudiaron además una serie de factores fisicoquímicos y se realizó el análisis bacteriológico de las muestras de agua de las diferentes estaciones, correlacionándolos con los resultados biológicos.

Otros autores han contribuido a la investigación de éste sector del Río Bogotá. Galán Ponce (1955) identificó algunas algas de la parte alta del río. El mismo autor (1966) identificó y cuantificó los organis-

mos pobladores de la laguna de oxidación de Tibabuyes, que formaba parte del sistema hidrológico del río Salitre. Almeida (1972) incluyó en su trabajo de consultoría datos sobre la macrofauna bentónica y el fitoplancton de este sector del río. La firma CEI - CDM - PLANHIDRO (1974) incluyó datos biológicos sobre el levantamiento de algas y protozoarios en los sectores del Puente Baraya, del Sisga, Tominé y El Espino, además de algunos resultados fisicoquímicos y bacteriológicos. El Laboratorio Central de la E.A.A.B. ha publicado datos fisicoquímicos y bacteriológicos del agua del río en Achury en sus informes anuales. Sin embargo, la mayoría de los trabajos realizados en el río, se han limitado al sector aguas abajo del Puente del Común. Es el caso de las diferentes investigaciones llevadas a cabo en algunas tesis de grado de la Universidad Nacional y mencionadas por Panizzo et al (1972).

Esta investigación contribuye al conocimiento del río Bogotá y los indicadores biológicos encontrados servirán como otro medio para identificar y controlar la calidad del agua del río. Los resultados de este informe ayudarán a entender los efectos de la contaminación sobre la vida del río y la capacidad de autopurificación del mismo.

II. DESCRIPCION DEL AREA DE MUESTREO

El sector del alto río Bogotá está localizado entre su nacimiento en el Páramo del Valle y la compuerta de El Espino en frente a la Planta de tratamiento de Tibitó. El Páramo del Valle se encuentra ubicado al norte del departamento de Cundinamarca y casi en el límite con el departamento de Boyacá.

Se considera en este trabajo el Kmt 0 como el punto de desagüe de la Laguna del Valle que da origen al río.

En los primeros 10 Kms, el río se comporta como una corriente de montaña y atraviesa una zona de páramo bastante quebrada, desde un punto sobre los 3.200 metros sobre el nivel del mar hasta alcanzar los 2.800 cuando acaba el páramo y comienza la Sabana. Esta primera zona, además de la vegetación típica de Páramo, tiene terrenos dedicados a la Agricultura en sus partes más bajas.

Las técnicas de fertilización y protección contra plagas producen los primeros efectos en la calidad del río.

Al llegar a Villapinzón, el río sufre su primer impacto considerable, con la descarga de las aguas negras de ésta población. Lo mismo le sucede al atravesar las poblaciones de Chocontá, Sta. Rosita, Gachancipá y Tocancipá. Además recibe los desechos industriales de la zona de curtiembres entre Villapinzón y Chocontá y los residuos de los mataderos en las mismas poblaciones. Su caudal sufre variaciones bruscas al recibir las descargas del río Sisga y del río Tominé. La sucesión de las poblaciones biológicas se ve interrumpida por la compuerta de Achuri.

A continuación se presenta una descripción detallada de cada estación de muestreo

y su ubicación (Ver mapa) indicando las fechas cuando fueron tomadas las muestras. Otras características de las estaciones están dadas en la tabla No. 1.

Estación No. 1: Quebrada bajo el Puente de Piedra. Es una de las principales quebradas que dan origen al río Bogotá en el Páramo del Valle. Fue muestreada por su fácil acceso y consideramos que tiene unas características similares a la de la corriente principal del río en éste tramo, debido a que su caudal es casi igual. El Km. 4 es el punto de su convergencia con la corriente principal.

Fue muestreada el 10 de septiembre de 1981.

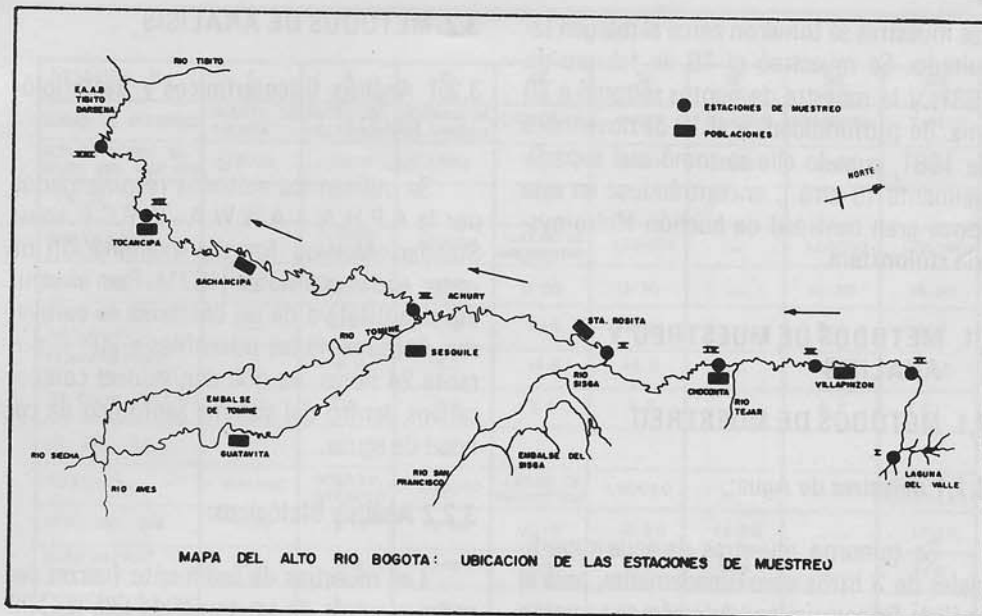
El sustrato es típicamente rocoso y la velocidad de la corriente es alta.

Estación No. II: Ubicada en el Km. 12 del río. Está localizada en el último tramo en que el río se comporta como corriente de montaña, 2 Km. antes de Villapinzón. Esta estación fue muestreada el 19 de febrero de 1981 y el 10 de septiembre de 1981.

El sustrato es rocoso, con algunos lechos de arena.

Estación No. III: Ubicada en el Km. 18 del río a 4 Km. corriente abajo de Villapinzón. El río ya ha recibido desechos de las industrias de curtiembres, del matadero y de las aguas negras de la población. El sustrato consiste en lodos. Las muestras se tomaron cerca al margen izquierdo y a una profundidad de 40 cms. Fue muestreada en febrero y septiembre de 1981.

Estación No. IV: Ubicada en el Km. 29 del río, bajo el puente que de Chocontá conduce a la estación rastreadora de televisión. El río ha recibido algunos kilómetros



antes el río Tejar, pero aún no le han llegado las aguas negras de la población. Las muestras se tomaron sobre un lecho de macrofitas sumergidas, en el centro de la corriente y a 10 cms. de profundidad. Fue muestreada el 19 de febrero de 1981 y el 10 de septiembre de 1981. Las macrofitas son musgos del género *Drepanocladus*.

Estación No. V: Localizada en el Km. 37 y aproximadamente a 1 Km. aguas abajo de la desembocadura del río Sisga. Este trae el agua de desembalse de la represa del Sisga y produce una dilución alta. El cauce es ancho y profundo. Se muestreó en el margen derecho muy cerca a la orilla y a 30 cms. de profundidad el 19 de febrero de 1981 y el 10 de septiembre de 1981.

Estación No. VI: Localizada en el Km. 58 del río e inmediatamente antes de la compuerta de Achuri. El caudal del río ha aumentado considerablemente, por la llegada a unos kilómetros antes del río Tominé. Debido a la gran fuerza de la corriente no

se pudo muestrear el bentos. El río Tominé le aporta además las aguas negras de la población de Sesquilé, las cuales son recibidas por éste durante su recorrido entre el embalse de Tominé y el sitio llamado Achuri, en su desembocadura. Fue muestreado el 10 de septiembre de 1981.

Estación No. VII: Localizada en el km. 79 del río, y antes de recibir las aguas negras de Tocancipá. Sin embargo ya lleva las de Gachancipá que recibió aproximadamente 5 Kms. antes. El sitio del muestreo es en el puente donde está instalado un limnógrafo de la C.A.R. El sustrato del río es lodoso, y la muestra de bentos se tomó a 20 cms. de profundidad, cerca al margen derecho. El muestreo se hizo el 19 de febrero de 1982.

Estación No. VIII: Ubicada en el Km. 88 del río, en el puente antes de la bocatomía sur de la planta de Tratamiento de Tibitó. El sustrato es lodoso y la velocidad de la corriente ha disminuido por su relativa proximidad a la compuerta de El Espino.

Las muestras se tomaron cerca al márgen izquierdo. Se muestreó el 19 de febrero de 1981, y la muestra de bentos se tomó a 20 cms. de profundidad; y el 10 de noviembre de 1981, cuando ella se tomó casi superficialmente (5 cms.), encontrándose en esta época gran cantidad de buchón *Hidromys tria stolonífera*.

III. METODOS DE MUESTREO Y ANALISIS

3.1 METODOS DE MUESTREO

3.1.1 Muestras de Agua:

Se tomaron muestras de agua superficiales de 3 litros aproximadamente, para el análisis fisicoquímico. Además, se tomaron 100 ml de agua en frascos esterilizados para su análisis bacteriológico.

Durante los muestreos, se analizaron varios parámetros en terreno: temperatura, oxígeno disuelto, y se tomaron datos como tipo de sustrato, hora del día y condiciones meteorológicas (cobrimiento celeste) (tabla No. 1). Para la medición del oxígeno disuelto se utilizó un medidor de oxígeno YSI Modelo 54.

3.1.2 Muestras de bentos:

Para el estudio de la macrofauna bentónica, se tomaron muestras del sedimento con una draga Petersen cuya área de boca es de 220 cm². Se enterró la draga manualmente 10 cms. aproximadamente en el fondo del río en aquellos lugares donde el sustrato es lodoso o arenoso. En las estaciones con sustrato rocoso se utilizó un muestreador Surber de 625 cm² de base para la captura de los animales.

Las muestras se preservaron con formol al 10 por ciento.

3.2 METODOS DE ANALISIS

3.2.1 Análisis fisicoquímicos y Bacteriológicos:

Se utilizan los métodos recomendados por la A.P.H.A. —A.W.W.A—W.P.C.F. en su Standart Method for the examinación of water and waste water (1971). Para el estudio cuantitativo de las bacterias, se cultivaron únicamente las psicrófilas a 20° C durante 24 horas, ya que dan valores comparativos dentro del sistema sapróbico de calidad de aguas.

3.2.2 Análisis Biológicos:

Las muestras de sedimento fueron pasadas a través de un tamiz de tela de 100 micras de poro, para separar el sedimento fino. Luego se separaron los organismos con ayuda de un estereoscopio Leitz-Wetzlar. Después se realizó la identificación de los animales presentes. Las muestras del 19 de febrero de 1981 fueron trabajadas cuantitativamente en tanto que las del 10 de septiembre de 1981, cualitativamente.

IV. RESULTADOS DE LOS ANALISIS FISICOQUIMICOS Y BACTERIOLOGICOS DEL AGUA

4.1 RESULTADOS FISICOQUIMICOS

Los resultados de los análisis de turbiedad, color, CO₂, PH, alcalinidad total y a la fenolftaleína, dureza total, dureza de calcio y de magnesio y conductividad se indican en la tabla No. 2.

Los resultados correspondientes a oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno DBO₅, demanda química de oxígeno DQO, cloruros, hierro total y soluble, nitratos NO₃, nitritos, NO₂, nitrógeno amoniacal

ESTACION No. KM.	I 4	II 12	III 18	IV 29	V 37	VI 58	VII 79	VIII 88
LUGAR DE MUESTREO	PUENTE DE PIEDRA	ANTES DE VILLAPINZON	DESPUES DE VILLAPINZON	CHOCONTA	SISGA	ACHURY	TOCANCIPA	TIBITO
ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR MTS.	~ 3100	2800	2700	2650	2600	2570	2550	2500
19. II. 81								
SUSTRATO	—	ROCOSO ARENOSO	LODOSO	LECHO DE MACROFITAS	LODOSO	—	LODOSO	LODOSO
HORA DEL DIA	—	10:50	11:00	12:05	13:30	—	16:30	16:00
CUBRIMIENTO CELESTE	—	8/8	7/8	8/8	8/8	—	6/8	6/8
TEMPERATURA DEL AGUA (°C)	—	14.0	14.0	16.0	16.0	—	17.0	18.0
O ₂ DISUELTO (in situ) MG/L	—	7.6	2.5	5.1	6.2	—	6.2	6.1
10. IX. 81								
SUSTRATO	ROCOSO	ROCOSO ARENOSO	LODOSO	LECHO DE MACROFITAS	LODOSO	—	—	PLANTAS ACUATICAS
HORA DEL DIA	11:10	12:15	12:45	14:15	15:20	16:00	—	17:00
CUBRIMIENTO CELESTE	8/8	7/8	7/8	5/8	6/8	5/8	—	2/8
TEMPERATURA DEL AGUA (°C)	9.0	12.5	13.0	15.1	15.8	15.8	—	18.5
O ₂ DISUELTO (in situ) (MG/L)	8.1	8.1	5.8	6.8	7.5	7.7	—	6.3

TABLA No. 1 CARACTERISTICAS DE LAS ESTACIONES Y DE LAS CONDICIONES DE MUESTREO

ESTACION No.	FECHA DE MUESTREO	TURBIDEZ UNT.	COLOR U.C.	CO ₂ MG/L	PH	ALCALINIDAD		DUREZA			CONDUCT. MICROMH. 20°C.
						MG/L COMO CaCO ₃	CaCO ₃	MG/L COMO CaCO ₃	CaCO ₃	CaCO ₃	
I NACIMIENTO	10. IX. 81	0.5	45	1.7	6.6	4	0	7.6	4.2	3.4	4
II ANTES DE VILLAPINZON	19. II. 81 10. IX. 81	5.2 13.0	40 34	3.8 1.5	6.8 7.0	10 9	0 0	21.0 8.4	14.4 4.6	6.6 3.8	23 1
III DESPUES DE VILLAPINZON	19. II. 81 10. IX. 81	10.0 13.0	70 60	18.6 5.0	6.6 7.0	38 26	0 0	39.2 16.6	26.2 14.2	13.0 2.2	160 47
IV CHOCONTA	19. II. 81 10. IX. 81	37.0 8.0	70 37	6.0 3.0	6.9 7.0	25 18	0 0	35.0 12.6	22.4 11.4	12.6 1.2	95 32
V DESPUES DEL SISGA	19. II. 81 10. IX. 81	24.0 3.6	50 65	1.8 2.0	7.1 7.1	12 13	0 0	23.2 10.6	12.8 8.8	10.4 1.8	20 30
VI ACHURY	10. IX. 81	200.0	280	3.5	7.1	23	0	15.0	11.6	3.4	37
VII TOCANCIPA	19. II. 81	60.0	140	1.6	7.2	13	0	22.4	11.6	10.8	28
VIII ANTES BOCATOMA SUR TIBITO	19. II. 81 10. IX. 81	60.0 200.0	150 220	1.8 2.6	7.1 7.1	12 17	0 0	26.4 15.6	17.0 11.2	9.4 4.4	30 35

TABLA No. 2 VALORES FISICOQUIMICOS DEL AGUA A LO LARGO DEL ALTO RIO BOGOTA EN 2 EPOCAS DIFERENTES DE 1981

ESTACION No.	FECHA DE MUESTRO	TEMPERATURA °C	O ₂ DISUELTO MG/L	D.B.O ₅ MG/L	D.Q.O MG/L	CLORU. RES mg	HIERRO MG/L		NO ₃ MG/L	NO ₂ MG/L	NH ₄ MG/L	Ca ⁺⁺ MG/L	Mg ⁺⁺ MG/L	O.D. DE SATURACION mg/l	DEFICIT DE O.D. %
							TOTAL	SOLUBLE							
I NACIMIENTO	10. IX. 81	9.0	8.1	0.6	7.8	1.5	0.34	0.13	0.07	0.006	0.61	1.7	0.8	7.8	0
II ANTES DE VILLAPINZON	19. II. 81	13.5	7.6	2.0	20.0	3.4	0.38	—	—	—	0.12	5.8	1.6	7.4	0
	10. IX. 81	12.5	8.1	0.6	50.0	1.5	0.76	0.63	0.04	0.006	0.49	1.8	0.9	7.6	0
III DESPUES DE VILLAPINZON	19. II. 81	14.0	2.5	34.0	70.0	34.5	0.72	—	—	—	3.12	10.5	3.1	7.4	66
	10. IX. 81	13.0	5.8	7.0	432	5.5	0.88	0.63	0.14	0.055	1.30	5.8	0.5	7.5	23
IV CHOCONTA	19. II. 81	16.0	5.1	7.0	30.0	22.8	1.24	—	—	—	1.02	8.9	3.1	7.2	29
	10. IX. 81	15.1	6.8	3.7	31.3	5.0	1.09	0.88	0.60	0.026	0.53	4.6	0.3	7.2	6
V DESPUES DEL SIGA	19. II. 81	16.0	6.2	2.0	400	4.9	1.34	—	—	—	0.73	5.1	2.5	7.3	15
	10. IX. 81	15.8	7.5	3.0	23.5	6.0	1.50	1.26	0.50	0.029	2.90	3.5	0.4	7.5	0
VI ACHURY	10. IX. 81	15.8	7.7	2.6	19.6	7.5	3.57	3.02	0.34	0.003	0.61	4.6	0.8	7.3	0
VII TOCANCIPA	19. II. 81	17.0	6.2	2.0	40.0	5.8	2.27	—	—	—	0.36	4.6	2.6	7.1	13
VIII ANTES BOCATOMA SUR TIBITO	19. II. 81	18.0	6.1	2.0	50.0	5.8	1.43	—	—	—	0.36	6.8	2.3	7.0	13
	10. IX. 81	18.5	6.3	1.2	11.8	5.5	3.48	2.94	0.29	0.003	0.66	4.5	1.1	7.0	10

TABLA No. 3 VALORES FISICOQUIMICOS DEL AGUA DEL ALTO RIO BOGOTA EN DOS EPOCAS DIFERENTES DE 1981

ESTACION No.	KM.	FECHA DE MUESTREO	N. M. P. DE POR LITRO	COLIFORMES	NUMERO DE PSICROFILAS POR MILITRO	BACTERIAS HETEROTROFICAS
				PROMEDIO		PROMEDIO
I NACIMIENTO	4	10. IX. 81	700	700	4	4
II ANTES DE VILLAPINZON	12	19. II. 81	43000	27000	8500	4300
		10. IX. 81	11000		100	
III DESPUES DE VILLAPINZON	18	19. II. 81	1.100.000	1.750.000	11000	118000
		10. IX. 81	2.400.000		225000	
IV CHOCONTA	29	19. II. 81	150.000	121.500	11.000	6.150
		10. IX. 81	93000		1300	
V DESPUES DEL SIGA	37	19. II. 81	46.000	33.500	1300	3150
		10. IX. 81	21.000		5.000	
VI ACHURY	58	10. IX. 81	93.000	93.000	1.500	1.500
VII TOCANCIPA	79	19. II. 81	460.000	460.000	1.200	1.200
VIII ANTES BOCATOMA SUR TIBITO	88	19. II. 81	43.000	471.500	10.000	7.950
		10. IX. 81	900.000		5.900	

TABLA No. 4 VALORES BACTERIOLOGICOS DEL AGUA DEL ALTO RIO BOGOTA TOMADAS EN DOS EPOCAS DIFERENTES DE 1981

NH_4 , calcio Ca^{++} y magnesio Mg^{++} , se indican en la tabla No. 3.

Es de anotar el aumento de turbiedad y de color aguas abajo en ambas épocas del año (Gráfica No. 1). En febrero los valores de turbiedad no son tan altos como en septiembre, debido a que el río tiene caudal estable por el verano, mientras que en septiembre depende de las características del invierno. La turbiedad se aumenta durante la época de lluvias debido al agua de escorrentía que arrastra sedimentos al río. El valor de la turbiedad presenta un aumento brusco en las 2 épocas, en el punto donde el río recibe aportes del río Tominé. Así mismo es el comportamiento del color del río.

Este mismo parámetro presenta un aumento cuando el río atraviesa la zona de curtiembres de Villapinzón-Chocontá, debido al vertimiento de los desechos de estas industrias en el río. Ello ocasiona, además, un incremento de la conductividad (gráfica No. 2) y por consiguiente un incremento de la concentración de iones en el agua, como el hierro y los cloruros. Sin embargo, en él no ocurre un proceso de dilución corriente abajo, cuando recibe las aguas del Sisga, lo cual hace que se disminuya de nuevo la concentración de cloruros y de los cationes presentes.

El oxígeno disuelto presenta una aguda disminución de la concentración en las 2 épocas al atravesar la zona de curtiembres (gráfica No. 3) llegando en febrero a tener sólo 2.5 mg/l. Sucede lógicamente lo contrario con los valores de DBO y de DQO. La DQO llega a tener 70 mg/l en el mes de febrero en esa misma estación. Cuando el río llega a Tibitó, la DQO es alta todavía en febrero, 50 mg/l, mientras que en septiembre baja hasta 11.8 mg/l., debido se-

guramente a las condiciones de lluvia de la zona que producen una dilución en el río.

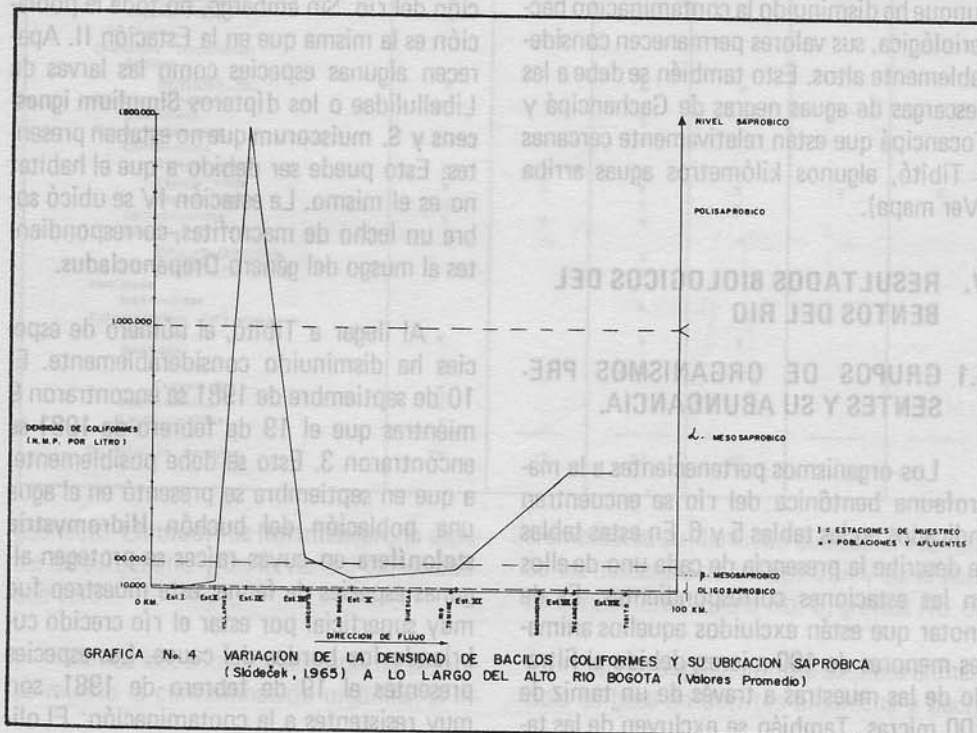
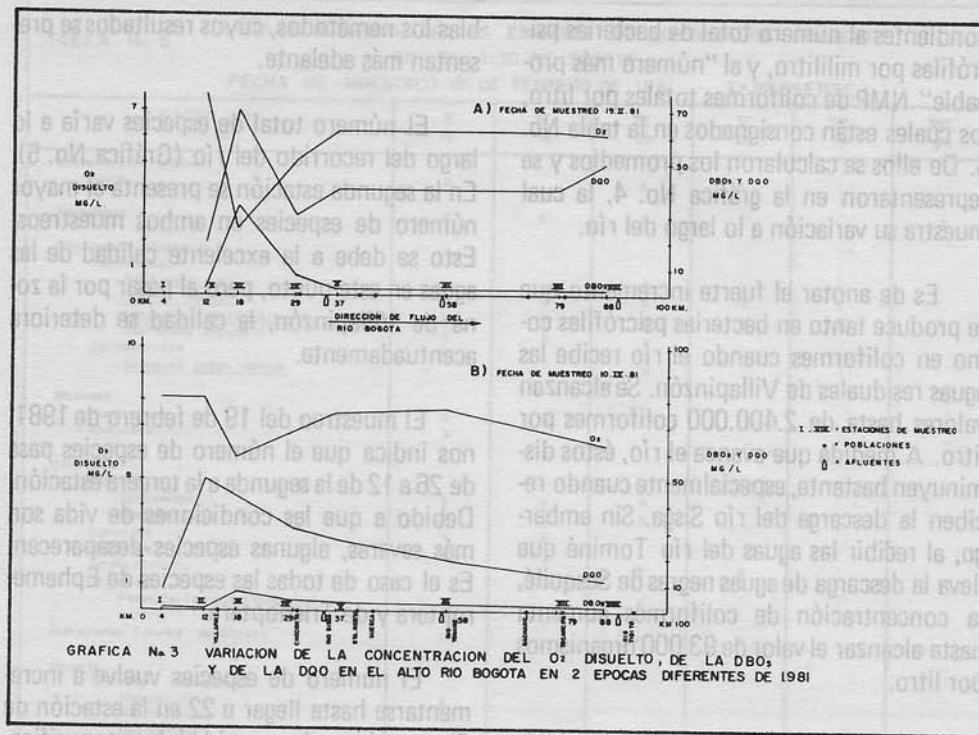
Los valores de NH_4 sobrepasan la norma de tolerancia de concentración máxima para la protección de la vida acuática, en Villapinzón (febrero y septiembre) y en el Sisga (septiembre). En esta época llega al valor de 2.90 mg/l que está muy por encima del de la norma, 1.06 mg/l. Esto se debe, al igual que en Villapinzón, a la entrada de aguas negras de las poblaciones de Villapinzón y Chocontá.

La concentración de oxígeno disuelto con el agua depende de la presión atmosférica y de la temperatura, con condiciones normales de presencia de materia orgánica. Como el río recorre una zona con considerable variación de la altura, se presenta un gradiente en la presión atmosférica. Con estos valores y con los de la temperatura se calcula la concentración de oxígeno disuelto de saturación en cada estación y cada fecha de muestreo. (Tabla No. 3). El contenido de oxígeno en la saturación y el medio en cada estación permite calcular el déficit de oxígeno, el cual se compara más adelante con el déficit de especies (gráfica No. 8).

En los primeros 14 Kms. no hay déficit de oxígeno disuelto. En las 2 épocas el déficit sobrepasa el 50 por ciento cuando el río atraviesa Villapinzón, y disminuye un poco a la altura de Chocontá. En febrero se presenta un déficit cercano al 10 por ciento desde este punto hasta Tibitó. En septiembre, el déficit disminuye a 0 en el tramo comprendido entre el Sisga y Achuri (desembocadura del río Tominé) y aumenta hasta 10 por ciento a la altura de Tibitó.

4.2 RESULTADOS BACTERIOLOGICOS

De los análisis bacteriológicos del agua superficial, se obtuvieron resultados corres-



pondientes al número total de bacterias psicrófilas por mililitro, y al "número más probable" NMP de coliformes totales por litro, los cuales están consignados en la tabla No. 4. De ellos se calcularon los promedios y se representaron en la gráfica No. 4, la cual muestra su variación a lo largo del río.

Es de anotar el fuerte incremento que se produce tanto en bacterias psicrófilas como en coliformes cuando el río recibe las aguas residuales de Villapinzón. Se alcanzan valores hasta de 2.400.000 coliformes por litro. A medida que avanza el río, éstos disminuyen bastante, especialmente cuando reciben la descarga del río Sisga. Sin embargo, al recibir las aguas del río Tominé que lleva la descarga de aguas negras de Sesquilé, la concentración de coliformes aumenta hasta alcanzar el valor de 93.000 organismos por litro.

Al llegar al sitio de captación en Tibitó, aunque ha disminuido la contaminación bacteriológica, sus valores permanecen considerablemente altos. Esto también se debe a las descargas de aguas negras de Gachancipá y Tocancipá que están relativamente cercanas a Tibitó, algunos kilómetros aguas arriba (Ver mapa).

V. RESULTADOS BIOLOGICOS DEL BENTOS DEL RIO

5.1 GRUPOS DE ORGANISMOS PRESENTES Y SU ABUNDANCIA.

Los organismos pertenecientes a la macrofauna bentónica del río se encuentran indicados en las tablas 5 y 6. En estas tablas se describe la presencia de cada uno de ellos en las estaciones correspondientes. Es de anotar que están excluidos aquellos animales menores de 100 micras, debido al filtrado de las muestras a través de un tamiz de 100 micras. También se excluyen de las ta-

blas los nemátodos, cuyos resultados se presentan más adelante.

El número total de especies varía a lo largo del recorrido del río (Gráfica No. 5). En la segunda estación se presenta el mayor número de especies en ambos muestreos. Esto se debe a la excelente calidad de las aguas en este punto, pero al pasar por la zona de Villapinzón, la calidad se deteriora acentuadamente.

El muestreo del 19 de febrero de 1981, nos indica que el número de especies pasa de 26 a 12 de la segunda a la tercera estación. Debido a que las condiciones de vida son más severas, algunas especies desaparecen. Es el caso de todas las especies de Ephemeroptera y de Trichoptera.

El número de especies vuelve a incrementarse hasta llegar a 22 en la estación de Chocontá, por la capacidad de autopurificación del río. Sin embargo, no toda la población es la misma que en la Estación II. Aparecen algunas especies como las larvas de Libellulidae o los dípteros *Simulium ignescens* y *S. muisorum* que no estaban presentes. Esto puede ser debido a que el hábitat no es el mismo. La estación IV se ubicó sobre un lecho de macrofitas, correspondientes al musgo del género *Drepanocladus*.

Al llegar a Tibitó, el número de especies ha disminuido considerablemente. El 10 de septiembre de 1981 se encontraron 9 mientras que el 19 de febrero de 1981 se encontraron 3. Esto se debe posiblemente, a que en septiembre se presentó en el agua una población del buchón *Hidromystria stolonífera* en cuyas raíces se protegen algunas especies de fauna; este muestreo fue muy superficial por estar el río crecido cubriendo los bordes del cauce. Las especies presentes el 19 de febrero de 1981, son muy resistentes a la contaminación: El oli-

LISTA CUALITATIVA DE LAS ESPECIES DE MACROFAUNA PRESENTE
EN EL ALTO RIO BOGOTA
FECHA DE MUESTREO 19 DE FEBRERO DE 1981 X= PRESENTE

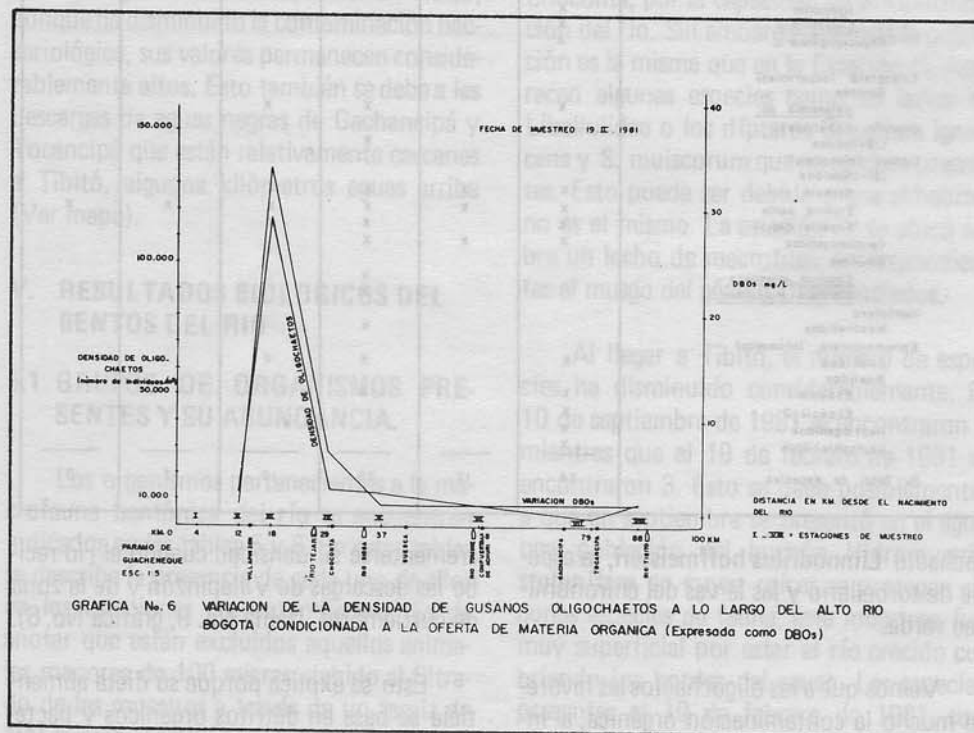
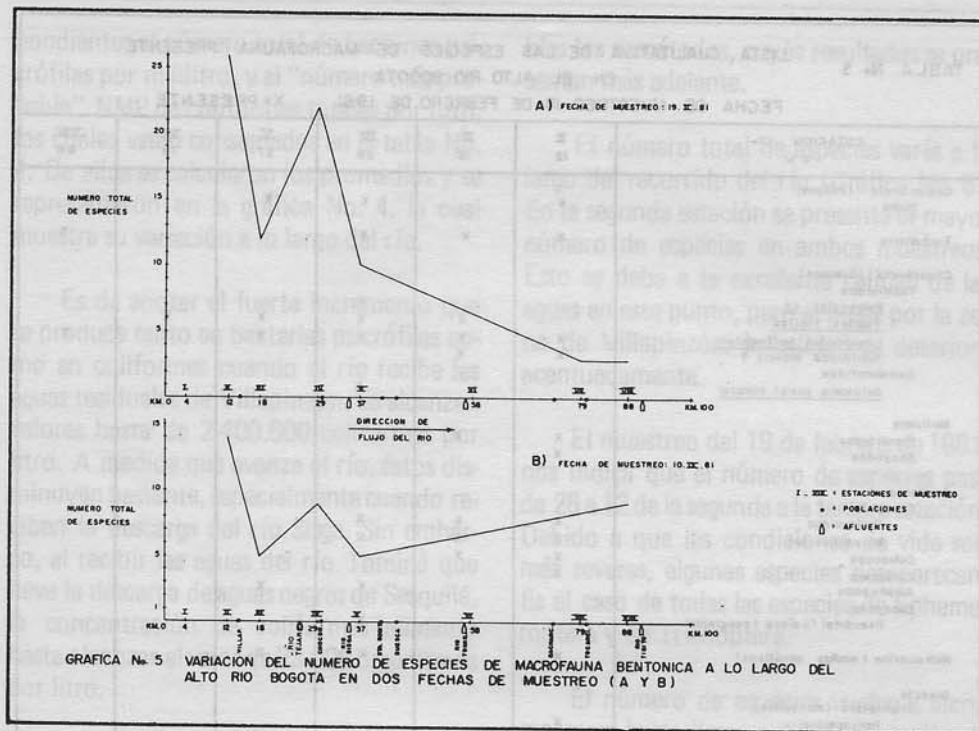
ESTACION No. K M.	II 12	III 18	IV 29	V 37	VII 79	VIII 88
Coelenterata (Pólipos)						
Hidro	X		X	X		
Turbellaria	X	X	X			X
Oligochaeta (Gusanos)						
Tubificidae						
<i>Peloscoides</i> sp.			X			
<i>Tubifex tubifex</i>		X	X	X	X	
<i>Limnodrilus hoffmeisteri</i>	X	X	X	X	X	X
Tubificidae especie 4	X	X				
Aelosomatidae						
<i>Aelosoma</i> posibl. <i>marcusi</i>			X			
Mollusca						
Planorbidae	X	X				
Ancyliidae	X					
Crustacea						
Copepoda						
Cyclopoidae	X	X	X			
Harpacticoidae	X	X	X			
Ostracoda	X	X				
Cladocera	X					
Amphipoda			X	X		
Decapoda						
Pseudotafel fusiidae (cangrejos)			X			
Hidracarina (arañas acuáticas)	X		X	X		
Insecta						
Trichoptera (mosquitos)						
Helicopsidae	X					
Hidropsychidae	X					
Hydroptilidae						
<i>Hydroptila</i>	X					
<i>Leucotrichia</i>	X					
Rhyacophyllidae	X					
Coleoptera (cucarrones)						
Elmidae						
<i>Heterelmis</i> sp.	X		X	X		
Odonata (libélulas)						
Libellulidae			X			
Diptera (mosquitos)						
Chironomidae						
Especie roja	X	X	X	X		
Especie verde	X	X	X	X		
Especie blanca	X		X	X	X	X
Ceratopogonidae	X	X	X			
Simuliidae						
<i>Simulium ignescens</i>			X			
<i>Simulium muisorum</i>			X			
Hemiptera						
Mesovellidae			X			
Ephemeroptera (efémeras)						
Caenidae	X		X	X		
Baetidae						
Especie 1	X		X			
Especie 2	X					
Heptageniidae	X					
Leptophlebiidae	X					
No. Total de especies	26	12	22	10	3	3

gochaeto *Limnodrilus hoffmeisteri*, la especie de turbellario y las larvas del chironomidae verde.

Vemos que a los oligochaetos les favorece mucho la contaminación orgánica, al in-

crementarse su densidad cuando el río recibe las descargas de Villapinzón y de la zona de curtiembres. (tabla No. 9, gráfica No. 6).

Esto se explica porque su dieta alimenticia se basa en detritos orgánicos y bacte-



LISTA CUALITATIVA DE LA MACROFAUNA PRESENTE EN EL
ALTO RIO BOGOTA
FECHA DE MUESTREO 10 DE SEPTIEMBRE DE 1981

ESTACION No. K M	II 12	III 18	IV 29	V 37	VII 58	VIII 88
Oligochaeta (gusanos)						
Tubificidae						
<i>Pelosclex sp.</i>	X					
<i>Tubitex tubitex</i>	X	X	X	X		X
<i>Limnodrilus hoffmeisteri</i>	X	X	X	X		
Aelosomatidae						
<i>Aelosoma posibl. marculi</i>		X				X
Naididae						
<i>Specaria joxiniae (?)</i>			X			X
Crustacea						
Copepoda						
Cyclopoidea						X
Harpacticoidae						X
Hidracarina (arañas acuáticas)	X			X		X
Insecta						
Trichoptera						
Helicopsidae	X					
Hidrosychidae	X					
Leptoceridae						
Especie 1	X					
Especie 2	X					X
Coleoptera (cucarrones)						
Elmidae						
<i>Heterelmis sp.</i>	X		X	X		
Heloíidae	X					
Dysticidae						
<i>Platynectes sp.</i>						X
Diptera (mosquitos)						
Chironomidae						
Especie roja		X	X			
Especie verde	X			X		X
Especie parda	X		X			
Especie blanca	X					
Empididae	X					
Ceratopogonidae		X				
Simuliidae						
<i>Simulium ignescens</i>			X			
<i>Simulium sp.</i>			X			
No. Total de especies	14	5	9	5		9

rias. La DBO_5 se incrementa allí hasta 34 mg/l y el número de bacterias psicrófilas por ml. llega a sobrepasar los 10.000 el 19 de febrero de 1981.

En la composición de especies por estación hemos encontrado representantes típicos de cada zona de acuerdo a su grado de contaminación. Esto lo hemos resumido en

el subcapítulo posterior 5.3 denominado "Ubicación de las zonas del alto río Bogotá dentro del sistema sapróbico".

A las muestras del 19 de febrero de 1981 se les analizó además la composición de gusanos nemátodos cuyos resultados se presentan a continuación.

TABLA No. 7. Indica la densidad (número de individuos/m²) de gusanos nemátodos en el bentos del alto río de Bogotá, recolectados el 19 de febrero de 1981.

Estación No.	II	III	IV	V	VII	VIII
Densidad	364	173.937	30.364	4.909	500	2.182

Se puede observar que las descargas de materia orgánica que se producen en Villapinzón, favorecen el crecimiento de la población de nemátodos (Gráfica No. 7), ya que alcanzan valores hasta de 173.937 individuos / m² de sedimento.

De estas poblaciones se estudiaron taxonómicamente aquellas de las estaciones II y III, encontrándose las siguientes especies en las proporciones descritas.

TABLA No. 8	
Estación II: Km. 12 (antes de Villapinzón)	
Especie	%
<i>Monhystera paludicola</i>	75.0
<i>Plectus cirratus</i>	12.5
<i>Prismatolaimus dolichurus</i>	12.5
Estación III: Km. 18 (zona de curtiembres entre Villapinzón y Chocontá).	
Especie	%
<i>Monhystera paludicola</i>	0.33
<i>Rhabditis filiformis</i>	0.66
c.f. <i>Mesodiplogaster</i>	0.33
<i>Acrosticus nudicapitatus</i>	0.33
<i>Paragolaimella bernensis</i>	97.69
<i>Tobrilus gracilis</i>	0.66

Se puede anotar que la diversidad de especies aumenta con el incremento de la contaminación orgánica y bacteriológica. Además se observa que las especies *Plectus cirratus* y *Prismatolaimus dolichurus* desaparecen al presentarse estas descargas, lo cual indica que son especies que no resisten la contaminación orgánica. La especie *Paragolaimella bernensis* domina sobre las otras en la estación III. Por su abundancia vemos que le favorece la contaminación orgánica. La especie *Monhystera palúdica* vive en ambas condiciones extremas de calidad de agua, la cual nos enseña que no sería buena indicadora de ninguna de los dos tipos de agua.

De acuerdo con el número de especies encontradas (Tabla Nos. 7 y 8) en las 2 épocas de muestreo, se ha calculado el índice denominado déficit de especies (F por ciento) creado por Ko thé, 1962, para cada estación.

$$F \% = \frac{A_m - A_x}{A_m} \times 100, \text{ donde}$$

A_m = máxima densidad de organismos en la estación no afectada por contaminación (tomamos como referencia la estación II, 2 Kms antes de Villapinzón) y,

A_x = densidad de organismos indicadores en cada estación contaminada.

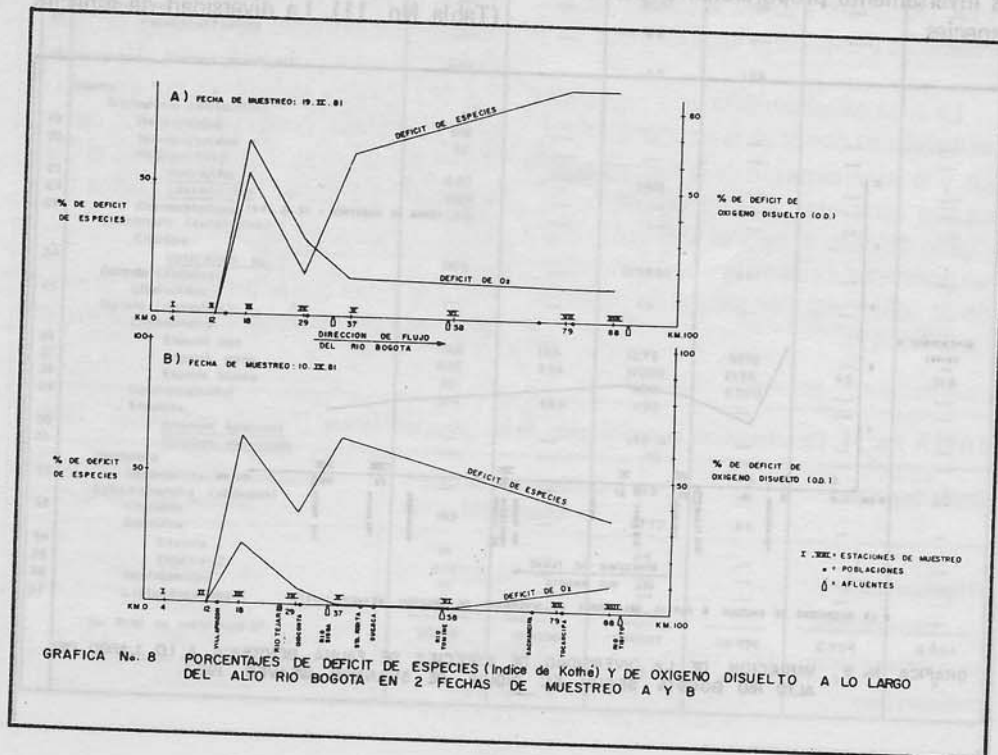
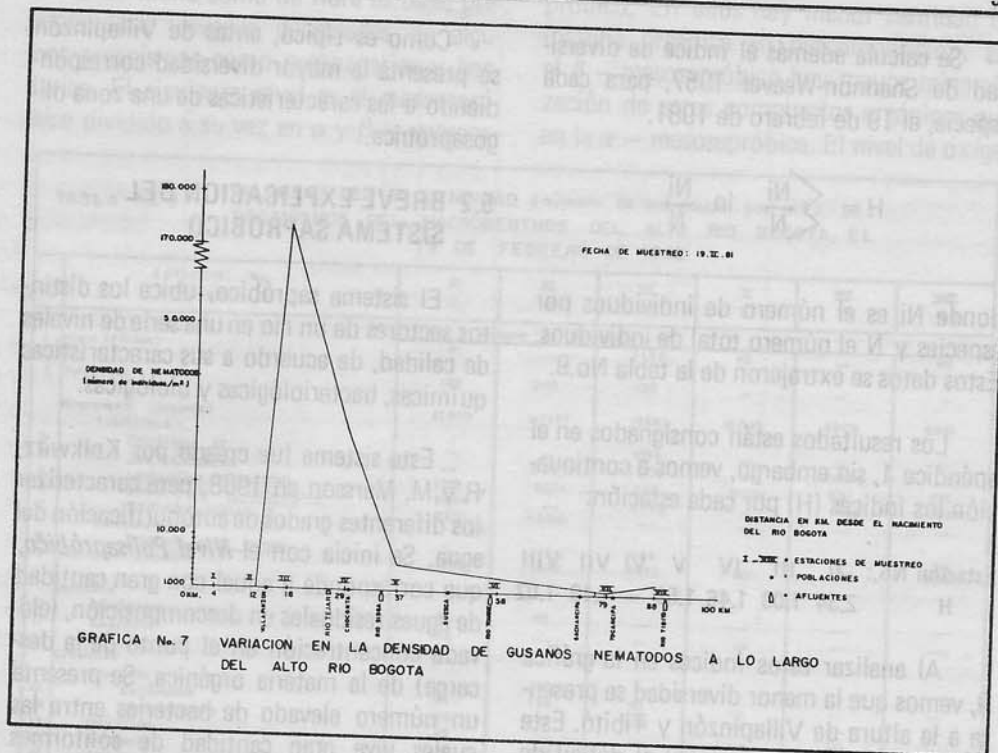
Estación No.	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
F% 19.II.81	0	54	16	62	—	88	88
F% 10.IX.81	0	64	35	64	—	—	35

El déficit de especies para muestreo está representado en la gráfica No. 8. Vemos que en la estación III se presenta un déficit alto en ambas fechas.

Hay una recuperación en Chocontá, debido a la autopurificación.

El déficit de O₂ disuelto es directamente proporcional al déficit de especies en las primeras estaciones. En el Sisga, se invierte la proporcionalidad, debido a que, aunque el agua esté suficientemente oxigenada, no se ha podido establecer una población de macrofauna por la fuerte corriente producida por el aporte de aguas del Sisga.

En febrero, se presenta el mayor déficit de especies en Tibitó, lo cual indica el deterioro del río en este punto. En septiembre ha habido recuperación en ésta estación pues el déficit sólo alcanza al 35 por ciento. En ambas fechas todavía hay déficit de O₂ disuelto en ésta estación.



Se calcula además el índice de diversidad de Shannon-Weaver 1957, para cada especie, el 19 de febrero de 1981.

$$H = - \sum \frac{N_i}{N} \ln \frac{N_i}{N}$$

donde N_i es el número de individuos por especies y N el número total de individuos. Estos datos se extrajeron de la tabla No.9.

Los resultados están consignados en el apéndice 1, sin embargo, vemos a continuación los índices (H) por cada estación:

Estación No.:	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
H	2.34	1.03	1.46	1.59	—	1.19	1.02

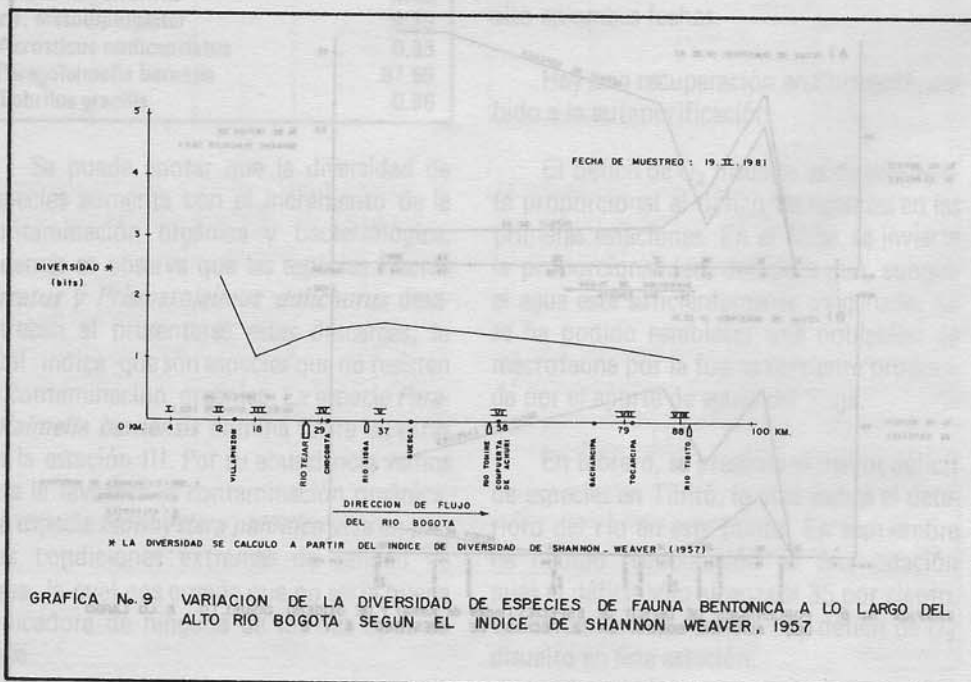
Al analizar estos índices en la gráfica 9, vemos que la menor diversidad se presenta a la altura de Villapinzón y Tibitó. Este es inversamente proporcional al déficit de especies.

Como es típico, antes de Villapinzón se presenta la mayor diversidad correspondiendo a las características de una zona oligosapróbica.

5.2 BREVE EXPLICACION DEL SISTEMA SAPROBICO

El sistema sapróbico, ubica los distintos sectores de un río en una serie de niveles de calidad, de acuerdo a sus características químicas, bacteriológicas y biológicas.

Este sistema fue creado por Kolkwitz, R y M. Marsson en 1908, para caracterizar los diferentes grados de autopurificación del agua. Se inicia con el *Nivel Polisapróbico*, que corresponde a aquel con gran cantidad de aguas residuales en descomposición, (elevada concentración en el punto de la descarga) de la materia orgánica. Se presenta un número elevado de bacterias entre las cuales vive gran cantidad de coliformes (Tabla No. 11). La diversidad de especies



tanto de fauna como de flora es baja, presentándose elevadas densidades de algunos organismos como protozoarios y bacterias. El siguiente nivel es el *mesosapróbico* dividido a su vez en α y β - mesosa-

próbico. En ellos hay menor cantidad de materia orgánica en descomposición. En el β - mesosapróbico hay mayor mineralización de estos compuestos orgánicos que en la α - mesosapróbica. El nivel de oxígeno

TABLA No. 9 VALORES DE LA DENSIDAD (número de individuos por m²) DE ORGANISMOS DEL MACROBENTHOS DEL ALTO RIO BOGOTÁ, EL 19 DE FEBRERO DE 1982

ESTACION	No. K.M.	II 12	III 18	IV 29	V 37	VII 79	VIII 88
Número de individuos / m ²							
1	Hidro (Pólipos)	91	—	2136	45	—	45
2	Turbellaria	182	545	136	—	—	—
	Oligochaeta (Gusanos)	12800	117147	13682	12045	2909	8591
	Tubificidae						
3	<i>Pelosclex</i> sp.	—	—	1094	—	—	—
4	<i>Tubifex tubifex</i>	—	43619	1505	—	145	—
5	<i>Limnodrilus hoffmeisteri</i>	1923	6231	958	9034	931	601
6	Juvenil posibl. <i>L. hoffmeisteri</i>	6664	—	4789	—	1455	4897
7	Tubificidae especie 4	2691	66051	—	—	—	—
	Aelosomatidae						
8	<i>Aelosoma</i> posibl. <i>marcusi</i>	—	—	684	—	—	—
9	Individuos pequeños	1538	1246	4652	3011	378	3093
	Mollusca						
10	Planorbidae	45	45	—	—	—	—
11	Ancylidae	45	—	—	—	—	—
	Crustacea						
	Copepoda						
12	Cyclopoidea	91	136	45	—	—	—
13	Harpacticoida	136	91	136	—	—	—
14	Ostracoda	45	—	—	—	—	—
15	Cladocera	45	136	—	—	—	—
16	Amphipoda	—	—	8091	136	—	—
	Decapoda						
17	Pseudoscorpionidae	—	—	45	—	—	—
18	Hidrocara (arañas acuáticas)	955	—	45	136	—	—
	Insecta						
	Trichoptera (mosquitos)						
19	Helicopsidae	318	—	—	—	—	—
20	Hidropsychidae	91	—	—	—	—	—
	Hydroptilidae						
21	Hydroptila	682	—	2818	—	—	—
22	<i>Laucotrichia</i>	909	—	—	—	—	—
23	Rhyacophyllidae	136	—	—	—	—	—
	Coleoptera (cucarrones)						
	Elmidae						
24	<i>Heterelmis</i> sp.	909	—	125864	681	—	—
	Odonata (libélulas)						
25	Libellulidae	—	—	45	—	—	—
	Diptera (mosquitos)						
	Chironomidae						
26	Especie roja	7818	136	1272	9772	—	—
27	Especie verde	3136	954	17000	2136	45	318
28	Especie blanca	45	—	4091	8500	—	—
29	Ceratopogonidae	364	866	455	—	—	—
	Simuliidae						
30	<i>Simulium ignescens</i>	—	—	14818	—	—	—
31	<i>Simulium muiscorum</i>	—	—	45	—	—	—
	Hemiptera						
32	Mesovellidae	—	—	45	—	—	—
	Ephemeroptera (efémeras)						
33	Caenidae	182	—	3773	45	—	—
	Baetidae						
34	Especie 1	91	—	45	—	—	—
35	Especie 2	273	—	—	—	—	—
36	Heptageniidae	45	—	—	—	—	—
37	Leptophlebiidae	818	—	—	—	—	—
No. Total de individuos m ²		30268	120056	194587	33496	2954	8954
No. Total de especies		26	12	22	10	3	3

TABLA No. 10		SISTEMA SAPROBICO		(TOMADO DE NEMEROV, 1976)	
Grupo principal	Abbrev.	Grado (zona)	Abbrev.	Evaluación	Nombres comunes
Katartobidad (la mayoría de las aguas puras)	K	O. Katharobity	K	Agua potable	Pureza
Limnosaprocidad (Aguas superficiales conta- minadas y aguas sub- terráneas)	L	1. xenosaprocidad	x	Zonas positivas * P/R > 1	
		2. oligosaprocidad	o		
		3. β-mesosaprocidad	β	Zonas negativas * P/R < 1	Contaminación
		4. α-mesosaprocidad	α		
Eusaprocidad (Aguas negras y residuos in- dustriales bajo descomposi- ción bacteriana)	E	5. polisaprocidad	p	Nivel de aliados Nivel de flagelados incoloros Nivel de bacterias y hongos Nivel azoico (pero no toxico)	Residuos
		6. isosaprocidad	i		
		7. metasaprocidad	m		
		8. hypersaprocidad	h		
Transaprocidad (Residuos inoxidables a descomposición bacteriana)	T	9. ultrasaprocidad	u	Nivel tóxico Residuos radioactivos Residuos que contienen sustan- cias inorgánicas no tóxicas Sustancias casos especiales	
		10. antisaprocidad	a		
		11. radiosaprocidad	r		
		12. cryptosaprocidad	c		

* P/R = Productores / Reductores

* P/R = Productores / Reductores

no aumenta, así como la diversidad de especies. Disminuye a su vez la concentración de bacterias y entre ellas los coliformes.

La *zona oligosapróbica* es la siguiente, y es aquella en donde ya la recuperación del agua y la mineralización de la materia orgánica son completas, y la concentración de oxígeno disuelto es normal (>6mg/l). Hay gran diversidad de especies y baja concentración de coliformes y en general de bacterias (Tabla No. 11).

Existen otros niveles por encima o por debajo de los ya nombrados, en los que hay condiciones extremas de pureza o contaminación del agua (Ver gráfica No. 10 y Tabla No. 10). En ellas apreciamos por ejemplo el nivel cataróbico, donde las aguas son casi estériles por lo puras. También vemos el nivel antisapróbico donde hay compuestos tóxicos.

Las zonas que se presentan en el sector estudiado del río, están incluidos dentro del

TABLA No. 11. Características bacteriológicas de las zonas sapróbicas. (Tomado de Sladeczek - 1965)

Grado Sapróbico	Coliformes por litro (menos de)	Bacterias psicrófilas por mililitro (menos de)
Oligosapróbico	50.000	10.000
β -mesosapróbico	100.000	50.000
α -mesosapróbico	1.000.000	250.000
Polisapróbico	30.000.000	2.000.000

grupo denominado "limnosapróbico" (Tabla No. 10).

5.3 UBICACION DE LAS ZONAS DEL ALTO RIO BOGOTA, DENTRO DEL SISTEMA SAPROBICO

Estación I: Km. 4

Se encontraron solamente 700 coliformes por litro, lo cual hace que esta corriente se clasifique en la zona oligosapróbica (gráfica No. 4). (Algunos autores la deben considerar xenosapróbica la cual es una zona todavía más amplia y con valores muy bajos de materia orgánica). No se muestreó fauna bentónica.

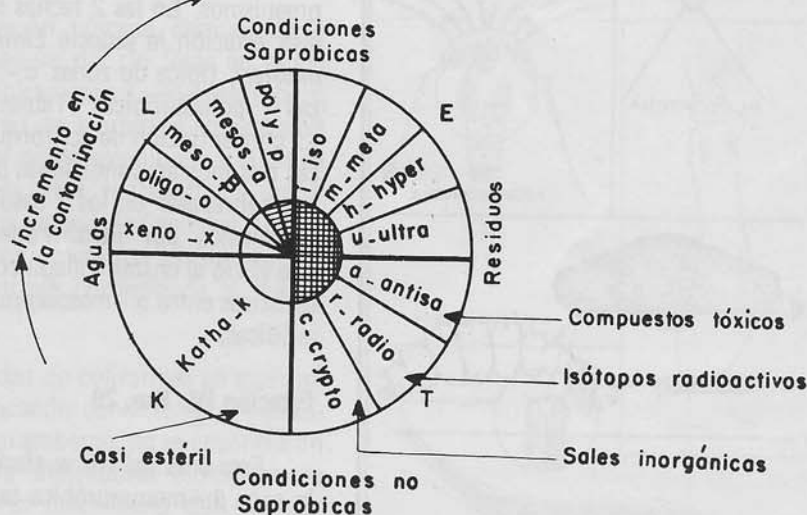
Estación II: Km 12

La fauna bentónica encontrada tanto en el muestreo de febrero como en el de sep-

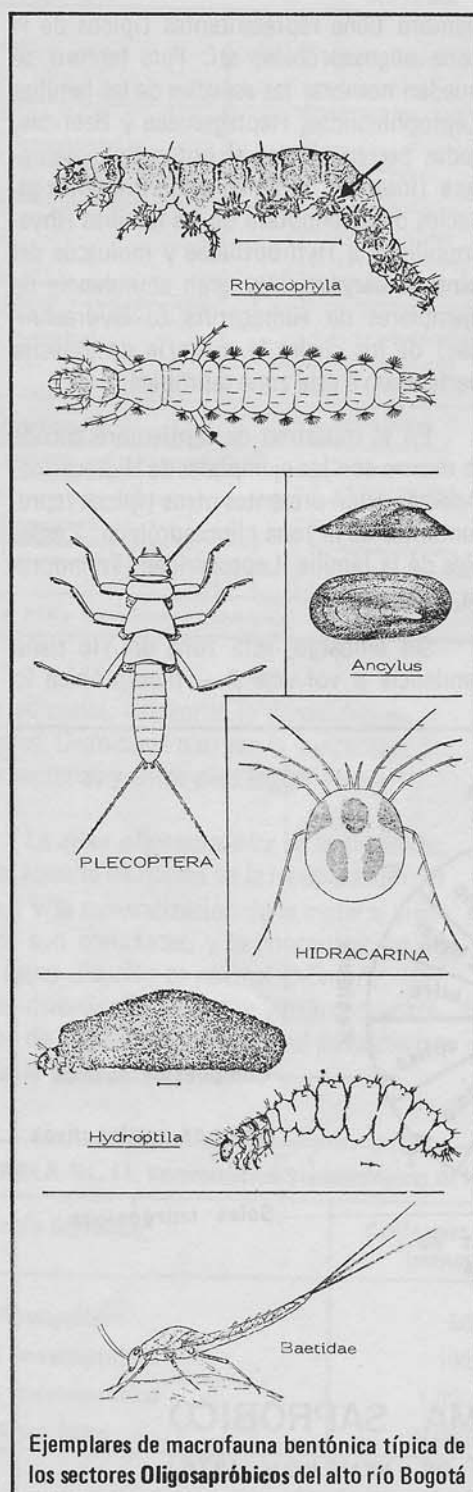
tiembre tiene representantes típicos de la zona oligosapróbica, así: Para febrero, se pueden nombrar las especies de las familias Leptophlebiidae, Heptageniidae y Baetidae, todas pertenecientes al orden Ephemeroptera (Insecta). También están presentes especies de Trichoptera de las familias Rhyacophilidae e Hydroptilidae y moluscos del género *Ancylus*. Hay gran abundancia de ejemplares de Hidracarina (o Hydrachniidae) de los cuales la mayoría de especies pertenecen a esta zona sapróbica.

En el muestreo de septiembre sucede lo mismo con los ejemplares de Hidracarina. Además están presentes otros típicos representantes de la zona oligosapróbica: 2 especies de la familia Leptoceridae (Trichoptera, Insecta).

Sin embargo, esta zona del río tiene tendencia a volverse β - mesopróbica lo



GRAFICA No.10 SISTEMA SAPROBICO
(TOMADO DE NEMEROV, 1976)



cual está indicado por la concentración de bacilos coliformes tanto en febrero como en septiembre, ya que sobrepasan los 10.000 organismos por litro (Gráfica No. 4). Esto está confirmado además por la ausencia de larvas del orden Plecoptera.

Estación III: Km. 18

Esta zona del río presenta tanto en febrero como en septiembre fauna típica representante de la zona α – mesosapróbica, así: En febrero se encontraron especies de nemátodos que caracterizan esta zona, como son *Monhistera paludicola*, *Tobrilus gracilis* y *Mesodiplogaster sp.*, así como larvas del chironomidae rojo (Díptera).

La población de Oligochaetos presentó una densidad alta (Tabla No. 9). igual ocurre en septiembre, lo cual es una indicación del medio favorable (rico en materia orgánica) para el gran desarrollo de este grupo de organismos. En las 2 fechas se presenta en esta estación la especie *Limnodrilus hoffmeisteri*, típica de zonas α – mesosapróbicas y polisapróbicas (Tablas No. 6 y 7). La concentración de coliformes en la 2 épocas nos indican condiciones polisapróbicas, por sobrepasar en los 2 casos el millón de organismos por litro. Podemos concluir que el río al cruzar Villapinzón toma características entre α – mesosapróbicas y polisapróbicas.

Estación IV: Km. 29

Esta área del río se clasifica dentro de la zona β – mesosapróbica tanto en febrero como en septiembre, ya que se encontraron representantes típicos de estas condiciones sapróbicas, así: En febrero el grupo de Ephemeroptera está representado casi exclusivamente por una especie de la familia Caenidae. Así mismo se encontraron especies de crustáceos de los grupos cyclopoidea y har-

pacticoidea, que son buenos representantes de esta zona. Lo mismo sucede con la especie del género *Hydroptila* (Trichoptera) y aquellas de las familias ceratopogonidae y simuliidae (Díptera).

La densidad de coliformes en este mes (150.000 individuos por litro) está un poco por encima del límite superior para la zona β —mesosapróbica (100.000 individuos por litro), lo cual indica cierta tendencia hacia el nivel α —mesosapróbico (Tabla No. 11).

Ya en septiembre se presenta equivalencia de los indicadores biológicos y de las densidades bacteriológicas, siendo ambos indicadores de un nivel β —mesosapróbico (Tabla No. 11).

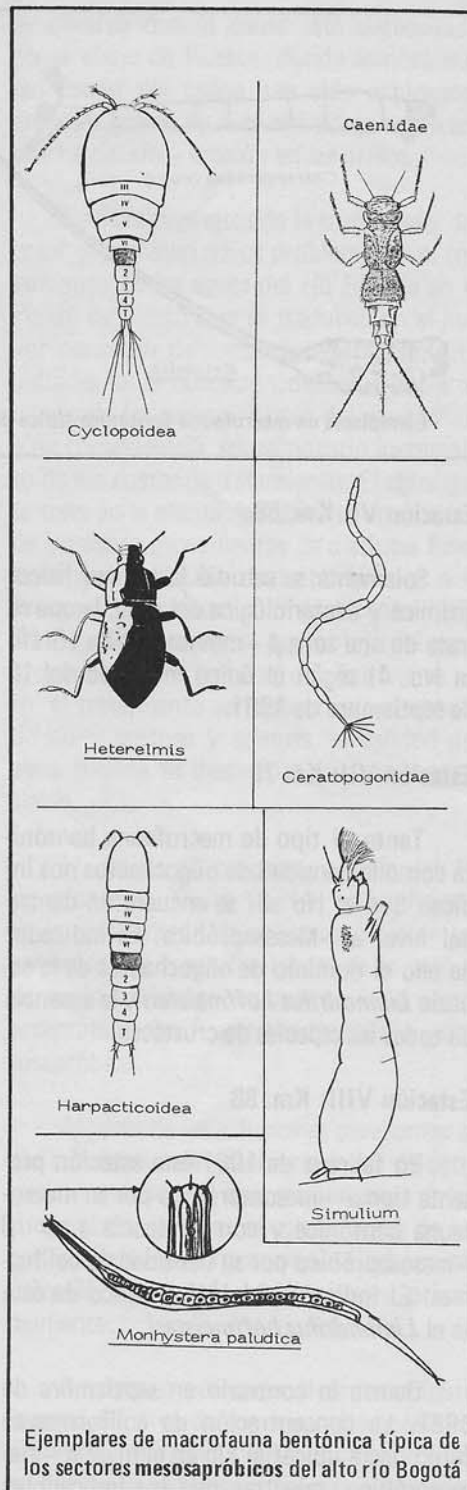
Los indicadores biológicos de este mes, típicos de la mencionada zona, son los simúlidos y los chironómidos blancos.

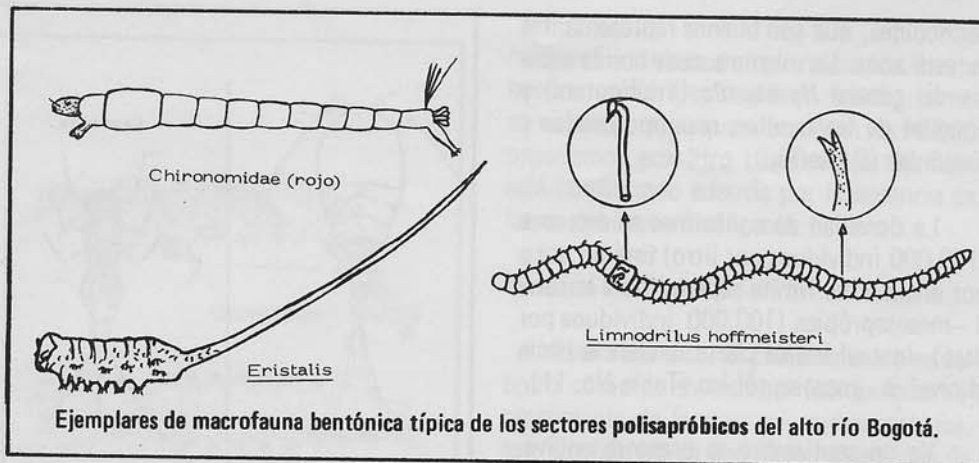
Estación V: Km 37:

Esta estación ubicada después de la desembocadura del río Sisga en el río Bogotá, es típicamente β —mesosapróbica. En el muestreo de febrero se encontraron ejemplares del grupo amphipoda y el orden Ephemeroptera está representado únicamente por una especie de Caenidae, típicos de este nivel sapróbico. Así mismo, la densidad de coliformes corresponde al mismo nivel.

La densidad de coliformes en septiembre sigue indicando condiciones β —mesosapróbicas. Sin embargo, no se encontraron en esta fecha indicadores biológicos de este nivel, sino únicamente del α —mesosapróbico, como es el oligochaeto *Limnodrilus hoffmeisteri*.

Esto nos induce a afirmar que siendo una zona β —mesosapróbica tiene tendencia a volverse α —mesosapróbica.





Estación VI: Km. 58

Solamente se estudió la calidad físico-química y bacteriológica del agua, la que se trata de una zona β -mesosapróbica (Gráfica No. 4) según el único muestreo del 10 de septiembre de 1981.

Estación VII: Km 79

Tanto el tipo de macrofauna bentónica como la densidad de oligochaetos nos indican que el río allí se encuentran dentro del nivel α -Mesosapróbica. Es indicador de ello el dominio de oligochaetos de la especie *Limnodrilus hoffmeisteri* y la ausencia de todas las especies de crustácea.

Estación VIII: Km. 88

En febrero de 1981 ésta estación presenta tipo α -mesosapróbico por su macrofauna bentónica y con tendencia a ser β -mesosapróbico por su densidad de coliformes. El indicador biológico típico de ésta es el *Limnodrilus hoffmeisteri*.

Ocurre lo contrario en septiembre de 1981. La concentración de coliformes se subió hasta ubicar al río en el nivel α -mesosapróbico, mientras que los indicadores

biológicos nos muestran que se estableció una macrofauna bentónica típica de la zona β -mesosapróbica.

Es el caso de la presencia de Cyclonoida y Harpacticoidea (Copepoda, Crustácea) y de que *Limnodrilus hoffmeisteri* fue reemplazada por *Aelosoma* (posiblemente) *marcussi* y por *Specaria joxinae*.

Se concluye que el río en septiembre es β -mesosapróbico con tendencia al nivel α -mesosapróbico.

VI. CONCLUSIONES

El alto río Bogotá presenta en algunos puntos de su recorrido contaminación proveniente de las poblaciones ribereñas. La peor contaminación de origen orgánico y bacteriológico se presenta en la población de Villapinzón y la zona de curtiembres -Villapinzón- Chocontá, cuando la DQO del río llega a tener 70 mg/l y los coliformes llegan a presentarse en una concentración mayor del millón y medio de organismos por litro.

Se logró obtener un inventario de la fauna de invertebrados del río en este trayecto, y tipificar algunos representantes para

cada grado de contaminación. Las zonas oligosapróbicas del río o de calidad 1 quedan bien representadas por las especies de Ephemeroptera de las familias Leptophebiidae y Heptageniidae. La β —mesosapróbica, por los dípteros *Simulium ignessens* y *S. Muiscorum*. Las α —mesosapróbicas o de calidad 3 quedan representadas por los Chironomidae verdes. Y finalmente la zona polisapróbica o de calidad 4 por los Chironomidae rojos y los gusanos nemátodos *Paragolaimeila bernensis*.

La capacidad de autopurificación del río hace que por ejemplo, la especie de coleoptero *Heterelmis* sp. vuelva a aparecer en Chocontá después de haber desaparecido en Villapinzón.

Sin embargo al llegar a Tibitó no se ha recuperado lo suficiente con los aportes contaminados de poblaciones tan cercanas como Tocancipá. El río llega a la bocatomba sur de Tibitó con calidad de agua 2 o β —mesosapróbica.

Se confirma en este estudio que el oligochaeto *Tubifex tubifex* no es representante únicamente de condiciones polisapróbicas como se cree ampliamente. Se encontró con todos los tipos de calidad del río, aunque abunde en aguas ricas en materia orgánica y bacterias.

En cuanto a la contaminación física, se concluye que ella está afectando seriamente las condiciones de turbiedad y color del agua, principalmente aguas abajo de la desembocadura del río Tominé. El valor de la turbiedad alcanza a sobrepasar las 400 U.N.T en época de verano (septiembre/81). Estas características de las aguas provenientes en última instancia de toda la cuenca del embalse de Tominé se deben precisamente al descuido en que se halla esta región; las cuencas del río Aves y del río Siecha fueron visitadas durante el estudio. En esta última

se observó que el cause está deteriorado aguas abajo de Guasca, donde se notó que del fondo del cauce han sido explotadas arenas y gravas, lo cual se tradujo en un ensanche del río y erosión en las orillas.

Estos valores altos de la turbiedad y del color determinan serios problemas en el tratamiento de las aguas del río Bogotá en la Planta de Tibitó que se traducen en el mayor consumo de sustancias químicas, dificultades en la operación debido a las variaciones de las características del agua cruda y en consecuencia, en un notorio incremento de los costos de tratamiento. El agua que se trata en la planta de Tibitó es una mezcla de las aguas provenientes de distintas fuentes cuya regulación no le pertenecen a la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá. Cuando el porcentaje del agua proveniente del ambalse del Tominé es alto, el tratamiento se hace extremadamente difícil y costoso y además, la calidad del agua tratada se desmejora en forma apreciable.

El déficit de oxígeno no baja del 10 por ciento en Tibitó, lo cual está reflejado en la desaparición de varias especies de organismos del macrobentos, todo lo cual le da al río en éste punto una calidad β —mesosapróbica con fuerte tendencia a α —mesosapróbica.

Algunas de las soluciones para sanear el río consisten en el establecimiento de sistemas de tratamiento para las descargas de los curtiembres, y para las aguas negras de las poblaciones de Tocancipá, Gachancipá, Sesquilé, Chocontá y Villapinzón, principalmente.

Además es necesario el ordenamiento forestal del área de drenaje del embalse de Tominé, y la prohibición y control de cualquier tipo de explotación que se haga de los

BIBLIOGRAFIA

1. ALMEIDA A. (1972). Informe sobre el establecimiento de un programa de investigación de Hidrobiología en el río Bogotá, afluentes y embalses del área de CAR.
COL — 2102 Calidad de Aguas OMS.
2. A.P.H.A. —A.W.W.A. —W.P.C.F. (1971). Standart Methods for the examination of water and waste water.
13., A.P.H.A., Washington.
3. CAICEDO, E; G. GARCIA. (1972). Evaluación del grado de contaminación del río Bogotá.
Publ. Fact. Ing. Uniandes.
Bogotá, dic. 72 —003: 103— 137.
4. CEI —CAMP, DRESSER Y MC. KEE, PLANHIDRO. (1974). Mejoras al río Bogotá Control de inundaciones, Recursos hídricos y Disposición de Aguas Negras. Inf. Tecn. E.A.A.B.
5. GALAN PONCE, R. (1956). Estudios microfotográficos en 1955 en el Laboratorio de la Planta de Vitelma.
Publ. Direc. de Est. y Constr.
Invest. y Control. Bol. No. 6 E.A.A.B.
6. GALAN PONCE, R. (1966). Investigación sobre el tratamiento biológico de las aguas negras de la ciudad de Bogotá. Ensayos a escala piloto sobre el río Salitre.
Public. E.A.A.B.
7. Kolkwitz, R y M. (1909). Marsson Ecologie of animal Saprobia.
Int. Rev. Ges. Hydrobiol, und Hidrogeography 2: 126-152.
8. PANIZZO, L. et al (1972). Contaminación del Río Bogotá. Publ. Fac. Ing. Uniandes. Bogotá, dic. 72- 003: 61 102.
9. MACAN, T.T. (1979). A guide to Freshwater Invertebrates Animals.
II ed., Longman Group Limited, London.
10. MARGALEF, R. (1980). Ecología Ed. Omega, S.A. Barcelona.
11. MURILLO, L.M. Contribución al conocimiento de la fauna acuática de la Sabana de Bogotá y de la Laguna de Fúquene. Rev. Acad. Col. Cienc., II (6): 38 pp: 299.
12. NEMEROV, N.L. (1974). Scientific Stream Pollution Analysis Scripta Book Co, Wash, D.C.
13. RODRIGUEZ, C. (1981). La calidad del agua suministrada a la ciudad de Bogotá. La calidad de aguas crudas. Inf. Lab. Central. Div. Serv. Acued., Subg. Operativa, E.A.A.B.
14. SCHWOERBEL, J. (1975). J. Métodos de Hidrobiología. Ediciones H. Blume, Madrid.
15. VELZ, C.J. (1970). Applied Stream Sanitation John Wiley And Sons. Inc. New York, London.