

NIVELES DE CONTAMINACION POR DETERGENTES Y SU INFLUENCIA EN LAS COMUNIDADES BENTICAS DEL RIO RIONEGRO*

Gonzalo Pérez R. **
Gabriel Roldán P. **

RESUMEN

El establecimiento de una comunidad en un ecosistema obedece a un proceso evolutivo, en el cual los factores tanto bióticos como abióticos han alcanzado un estado de interacción estable.

Cuando una condición desfavorable, tal como los detergentes, se hace presente en los ecosistemas, se detectan cambios cualitativos y cuantitativos en la estructura de las comunidades del ecosistema.

Para buscar cuales han sido los cambios que se han operado en las comunidades acuáticas en el río Rionegro debido a la contaminación por detergentes, se establecieron cinco estaciones desde El Tablazo hasta Riotex y se hizo en cada una de ellas un muestreo mensual a lo largo de un año de estudio. El estudio físicoquímico se hizo con la ayuda de un colorímetro Hach y el biológico se llevó a cabo mediante el análisis de los macroinvertebrados acuáticos que habitan en el fondo del río. A través del presente estudio se pudo detectar un estado avanzado de deterioro ecológico del río Rionegro, debido a la acción de los desechos industriales y domésticos producidos por la ciudad de Rionegro y su zona industrial.

INTRODUCCION

Las comunidades en estado natural se caracterizan por poseer muchas especies y pocos individuos por especie o pocas especies y muchos individuos por especie.

Las condiciones ambientales tales como la temperatura, penetración de la luz, presencia de nutrientes y otros, determinan el tipo de comunidad que allí se establezca. Sin embargo, el hombre con sus actividades industriales y agrícolas ha modificado profundamente los ecosistemas naturales hasta el punto de haber hecho desaparecer las comunidades primitivas que en ella habitaban.

La contaminación de las aguas por desechos industriales, domésticos y agrícolas ha sido una de las situaciones más preocupantes en los últimos años, pues ésta lleva consigo la transmisión de gran número de enfermedades y la desaparición

de la fauna característica de dichos ecosistemas. Dentro de los múltiples contaminantes que llegan a las corrientes de agua están los detergentes, los cuales debido a su constitución química disminuyen la tensión superficial del agua, restándole en esta forma su capacidad de oxigenación, causan fenómenos de eutroficación en el agua debido a la presencia de fosfatos y pueden llegar a ser tóxicos para ciertas especies de peces y otros organismos (Orsanco Detergent Subcommittee, 1963; Task Group Report, 1963; Reynolds, T. D., 1963; G. E., 1963; Lieber, M. 1963).

Los principales agentes tensoactivos aniónicos son el Alquil Benceno Sulfonato y el Alquil Aril Sulfonato. En la década de 1950 los Alquil Benceno Sulfonatos (ABS) hicieron su aparición como agentes activos de superficie (Lieber, 1969).

En los últimos años se han detectado múltiples problemas con el ABS en los Estados Unidos y Europa, por su difícil degradación por la acción biológica. Debido a lo anterior,

* Trabajo presentado como requisito para optar al Título de Biólogo.

** Profesores del Departamento de Biología, Universidad de Antioquia, Medellín-Colombia.

en 1965 los fabricantes americanos disminuyeron la producción de ABS y comenzaron la fabricación del Alquil Benceno Sulfonato de cadena lineal. Con el fin de evitar confusiones con el nuevo detergente, el Research Committee of the Soap and Association ha adoptado el nombre de LAS como una abreviatura de "Linear Alkylate Sulfonates" (Alquil Benceno Sulfonato Lineal) (Weaver, 1964). Aún cuando el LAS es más biodegradable que el ABS, no ha dejado de presentar ciertos problemas como por ejemplo, la toxicidad, la cual aumenta con la longitud de la cadena lineal y con la interacción de ciertos isómeros (Ruschenburg, 1963). Por este motivo algunos investigadores son partidarios de la producción de los detergentes de la tercera generación comúnmente denominados Alfa Oleida Sulfonatos (AOS), los cuales se degradan rápida y completamente, teniendo buenas propiedades de detergencia, solubilidad y estabilidad para las aguas claras, ácidas y alcalinas; además no son higroscópicas (Hatch, 1964; Marquis, 1968; Scoot, 1964). El Alquil Benceno Sulfonato (ABS) como sal sódica constituye un 20o/o en peso de los detergentes usados en Colombia (Galiano, 1973).

Galiano (1973) ha reportado estudios químicos sobre los niveles de detergentes en los ríos colombianos. En 1972 en el río Magdalena se reportó un máximo de 0,13 ppm de ABS en la población de Honda y un mínimo de 0,02 ppm de ABS en Girardot. En el río Bogotá encontró en 1972 un valor de 0,47 ppm de ABS en la bocatomía del Tequendama y un valor mínimo de 0,06 ppm en el mismo lugar. En 1973 en la misma estación encontró valores hasta de 1,70 ppm de ABS. En el río Cauca en el mes de abril de 1973 a la altura de Yumbo reportó un valor máximo de 0,18 ppm de ABS. El mismo autor reportó en el río Medellín un valor mínimo de 0,11 ppm de ABS y 2,39 ppm de ABS a la altura del municipio de Bello.

En Colombia el Instituto de Fomento Municipal ha recomendado como concentración máxima 0,5 ppm de ABS.

El objetivo del presente trabajo fue el de estudiar limnológicamente el río Rionegro, antes y después de la zona urbana e industrial con el fin de determinar niveles de detergentes tipos ABS que se encuentran presentes, los cambios físicos y químicos que éstos puedan causar en el agua y los efectos producidos en la fauna béntica, utilizando la estructura de las comunidades de macroinvertebrados como indicadores del grado de contaminación en que se encuentran.

Descripción del Área.

La figura 1 muestra la hoya del río Rionegro y sus zonas de influencia. El área del río estudiada se encuentra en la altiplanicie antioqueña, a unos 60 km de Medellín. De acuerdo con la clasificación de las regiones vegetales del mundo o zonas de vida, Holdridge (1978), esta región está formada por bosque muy húmedo, montano bajo (bmh-MB) y bosque húmedo, montano bajo (bh-MB). El río formado en su origen por la quebrada Pantanillo la cual recibe la quebrada la Agudelo a nivel del Retiro, es utilizado

para la represa la Fé. Luego recibe el nombre del río Rionegro, presentando como afluentes de gran importancia, el río Pereira, proveniente del municipio de la Ceja, la quebrada la Cimarrona del municipio del Carmen de Viboral, la Mosca que nace antes del municipio de Guarne y el río Marinilla proveniente del municipio de Marinilla. En el municipio del Peñol el río Rionegro recibe el nombre de Nare donde está represado para formar el Embalse de Guatapé. El río se estudió en una extensión de 16 km partiendo del sitio llamado El Tablazo al sur del municipio de Rionegro a unos 10 km de este hasta la fábrica Riotex a 4 km del municipio de Marinilla.

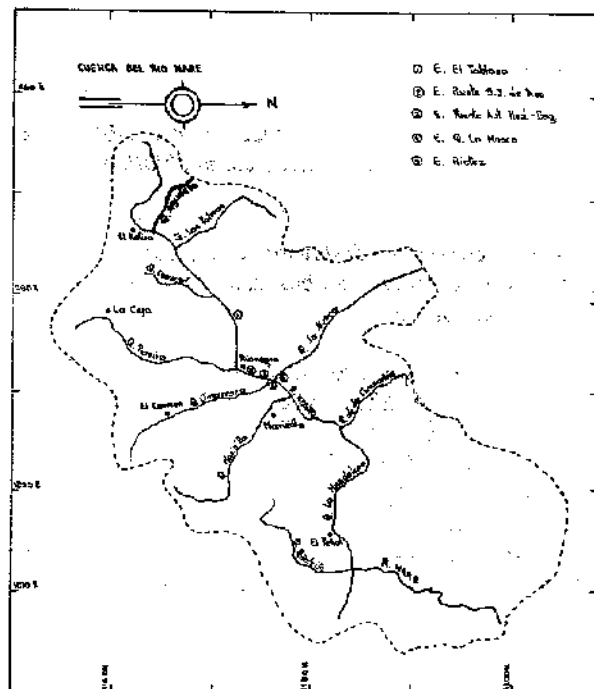


FIGURA 1. Localización geográfica y mapa del área de estudio.

Se seleccionó El Tablazo como primera estación, por estar fuera de la influencia de poblaciones importantes y fábricas y porque los muestreos iniciales revelaron ser una zona de buenas condiciones ecológicas. A la salida del municipio de Rionegro en el puente del barrio San Juan de Dios cerca de la feria de ganados, se localizó la segunda estación. Este lugar es de gran importancia, debido a que recibe los residuos domésticos y de pequeñas industrias provenientes del municipio de Rionegro y del municipio de la Ceja (Río Pereira).

En el puente de la autopista Medellín-Bogotá se localizó la tercera estación a unos 5 km de Rionegro. Esta zona recibe los residuos industriales de las grandes fábricas que vierten sus desechos tanto a la quebrada Cimarrona como al río Rionegro.

La cuarta estación fue localizada en la desembocadura de la quebrada la Mosca, con el fin de observar su influencia

sobre el río Rionegro. La última estación recibe el nombre de Riotex, por estar localizada a corta distancia de dicha fábrica. Se seleccionó esta estación por ser esta zona del río la que recibe todo el impacto de los municipios de la Ceja, Rionegro, El Carmen de Viboral, Guarne y también, todas las pequeñas y grandes industrias.

Climatología de la Región.

En la figura 2 se muestra como varían los datos climatológicos en la región, presentándose una fuerte variación en la precipitación, con un máximo de 91,96 mm en el mes de agosto. La humedad relativa y la temperatura promedio no presentan cambios significativos.

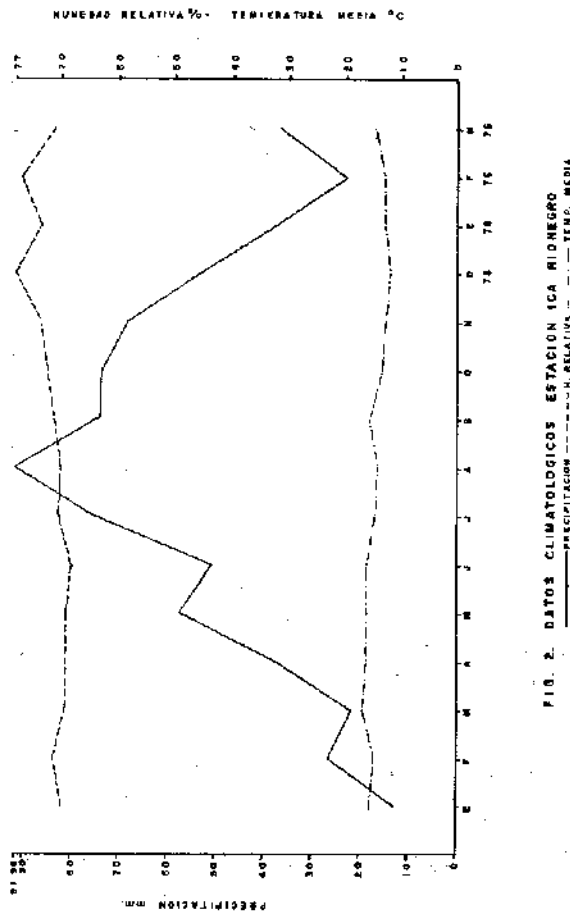


FIG. 2. DATOS CLIMATOLÓGICOS ESTACION ICA RIONEGRO. — P. RELATIVA — TEM. MEDIA

Materiales y Métodos.

Las muestras se tomaron cada 30 días desde febrero de 1975 hasta enero de 1976. El muestreo se hizo entre las 9 a.m. y 2 p.m. Todos los análisis físico-químicos y biológicos se hicieron en los mismos sitios y estaciones.

Parámetros Físico-Químicos.

Se hicieron mediciones de temperatura, turbiedad, conductividad, oxígeno disuelto, dióxido de carbono, pH, alcalinidad, nitratos, ortofosfatos, sulfatos, dureza total, dureza

por calcio, dureza por magnesio y detergentes. La temperatura se midió con un teletermómetro YSI modelo 42 Sc. La conductividad se registró con el conductímetro Hach modelo 2.200. Los análisis de iones se hicieron con un colorímetro Hach y los detergentes se determinaron por el método del azul de metileno.

Parámetros Biológicos.

En el presente estudio se utilizan como indicadores de la calidad del agua las comunidades bénticas, las cuales viven enterradas en el fondo o adheridas a piedras, troncos, hojas y demás tipos de sustratos. Los organismos recolectados se conservaron en pequeños frascos con alcohol al 70% para posterior análisis en el laboratorio. La identificación de estos organismos ha sido bastante difícil para llegar hasta género, por falta de claves para el medio tropical. Para conocer la estructura de la comunidad se utilizaron la expresión matemática llamada "Índice de diversidad", la cual permite la suma de grandes cantidades de información acerca del número de organismos presentes. El índice de diversidad refleja no solamente la distribución de las especies sino también la importancia de cada especie en la comunidad. Para ello se cuenta el número de especies y el número de individuos por especie, colectados en cada una de las cinco estaciones.

Margalef (1956), propuso análisis de población mezcladas de especies mediante métodos derivados de la teoría de la información. La fórmula finalmente propuesta es la siguiente:

$$\bar{d} = - \sum \left(\frac{n_i}{n} \right) \left(\frac{\log \frac{n_i}{n}}{\log 2} \right)$$

Donde: \bar{d} = diversidad de especies.
 n = número total de individuos.
 n_i = número de individuos por especie.

Se ha encontrado que los valores para \bar{d} varían entre 0,0 y 5,0. Valores menores de 1,0 son propios de aguas contaminadas, valores entre 1,0 y 3,0 medianamente contaminadas y de 3,0 a 5,0 propias de aguas claras.

Resultados Físico-Químicos.

Las figuras 3—13 representan gráficamente las variaciones de los distintos valores físico-químicos obtenidos a lo largo del río Rionegro durante el tiempo de estudio.

La figura 3 muestra las diferentes variaciones de la conductividad en las cinco estaciones durante un año de estudio, presentándose el máximo valor de 96,0 ppm de NaCl en la estación El Tablazo en el mes de abril. La figura 4 muestra las diferentes variaciones de la temperatura del agua, presentándose el máximo valor de 20°C en las estaciones El Tablazo y San Juan de Dios en el mes de enero.

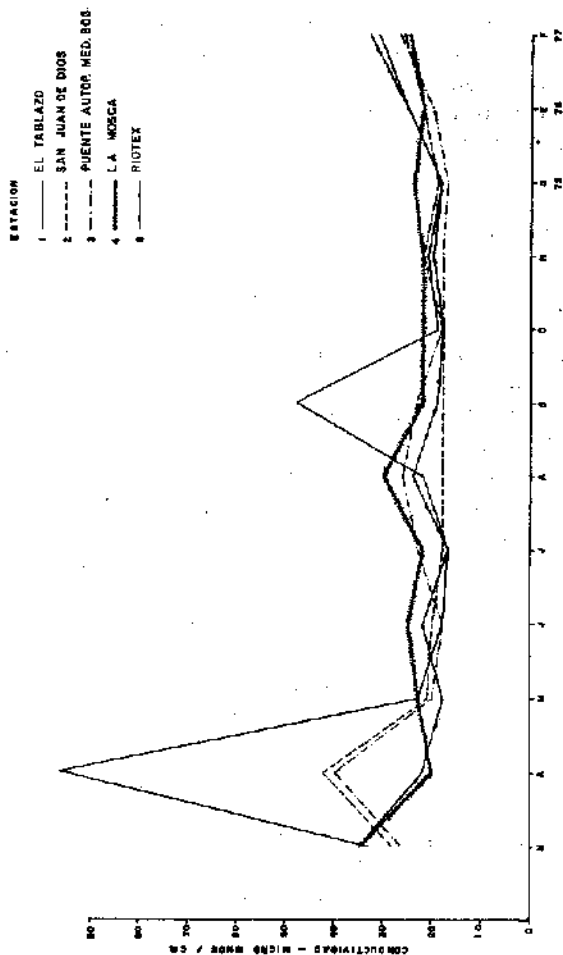


Fig. 3 VARIACION DE LA CONDUCTIVIDAD EN EL RIO RIONEGRO.

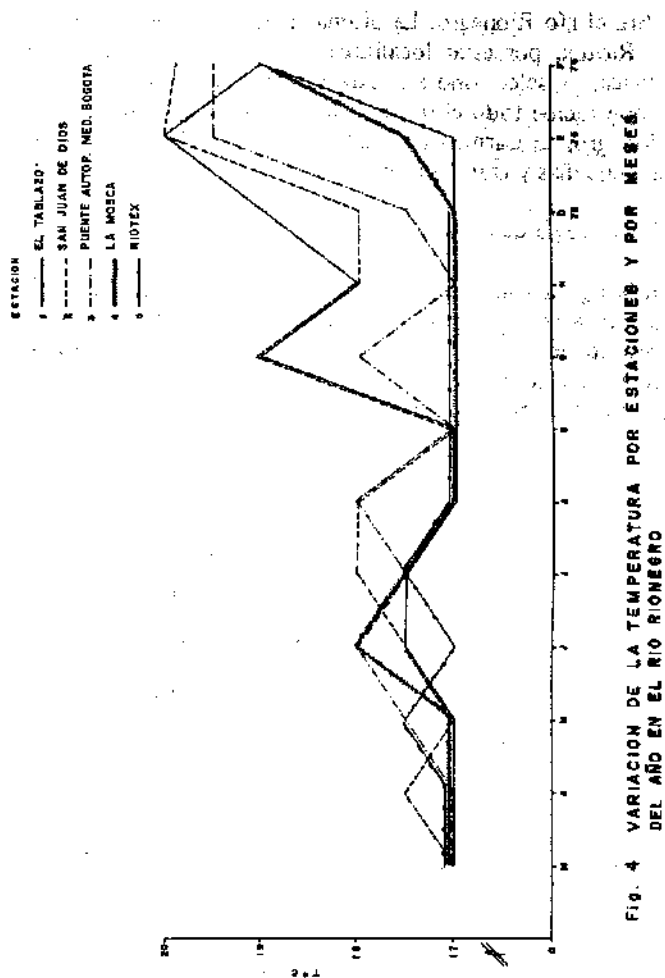


Fig. 4 VARIACION DE LA TEMPERATURA POR ESTACIONES Y POR MESES DEL AÑO EN EL RIO RIONEGRO.

La figura 5 muestra como el máximo valor de 143 Uj de turbiedad se presenta en la desembocadura de la quebrada la Mosca en el mes de agosto.

La figura 6 muestra las diferentes variaciones de alcalinidad, presentándose el máximo valor de 25,0 ppm de CaCO_3 en la desembocadura de la quebrada la Mosca en el mes de junio.

La figura 7 muestra como la máxima concentración de oxígeno disuelto es de 8,3 ppm presentándose en la estación del Tablazo, la cual tiene poca influencia industrial y urbana. En la estación del puente sobre la autopista Medellín—Bogotá se presenta la mínima concentración de 4,3 ppm en el mes de marzo.

En la figura 8 se ve como en el mes de marzo se presenta la máxima concentración de 12,0 ppm de dióxido de carbono y la mínima concentración de 2,0 ppm en las estaciones Riotex y El Tablazo respectivamente.

La figura 9 muestra una tendencia de pH hacia el rango básico. Lo contrario ocurre en las estaciones del área urbana e industrial.

La figura 10 muestra como en el mes de junio los nitratos aumentan su concentración en todas las estaciones, representándose la máxima de 1,49 ppm de NO_3^- en la estación San Juan de Dios y la mínima 0,22 ppm de NO_3^- en la desembocadura de la quebrada la Mosca.

En la figura 11 observamos como en el mes de julio se presenta la máxima concentración de 28,0 ppm de SO_4^{2-} en la estación de Riotex. En el mes de febrero disminuye hasta el mínimo 3,0 ppm de SO_4^{2-} (la concentración) en las estaciones San Juan de Dios, El Tablazo y Riotex.

La figura 12 muestra como varían los ortofosfatos presentándose la máxima concentración de 1,0 ppm de PO_4^{3-} en el mes de marzo en la estación San Juan de Dios.

La figura 13 muestra como varían las concentraciones de detergentes en las distintas estaciones presentándose la máxima de 0,24 ppm en el mes de abril en la estación El Tablazo.

Resultados Biológicos.

Las figuras 14–19 muestran la estructura de la comunidad béntica, en cada una de las cinco estaciones estudiadas. El

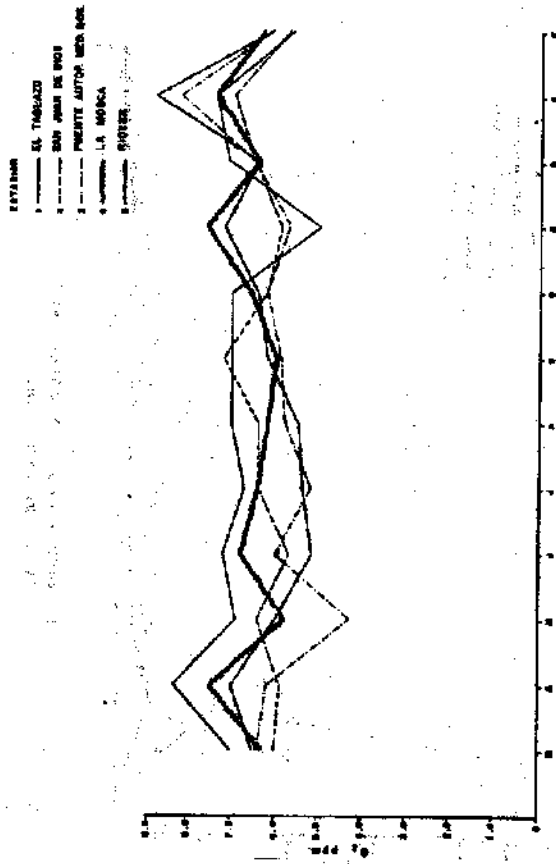


FIG. 7 VARIACION DEL OXIGENO DISUELTO EN EL RIO RIONEGRO

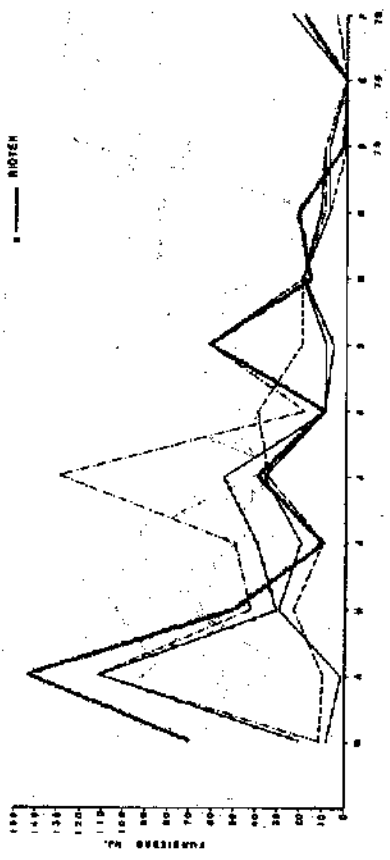


FIG. 5 VARIACION DE LA TURBIDIDAD EN EL RIO RIONEGRO

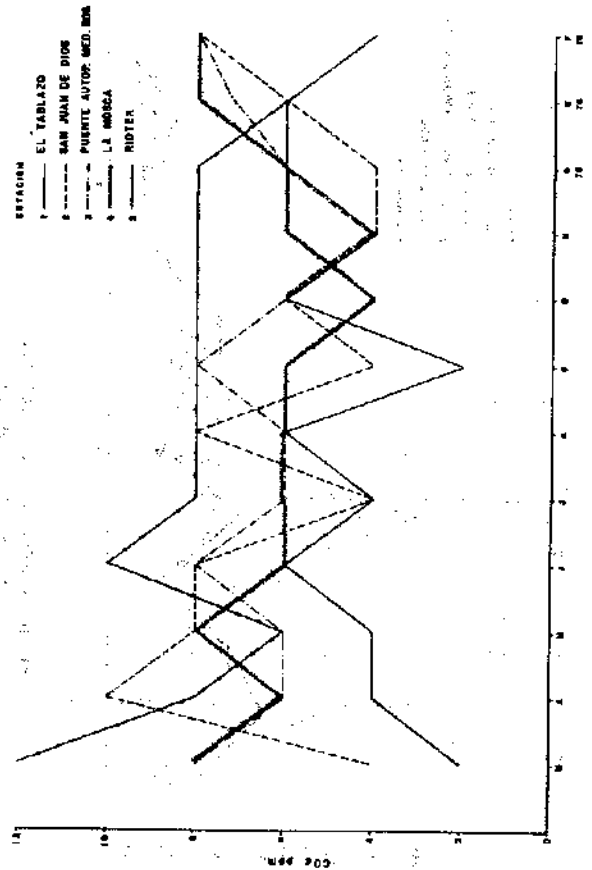


FIG. 8 VARIACION DE LA CONCENTRACION DEL DIOXIDO DE CARBONO EN EL RIO RIONEGRO

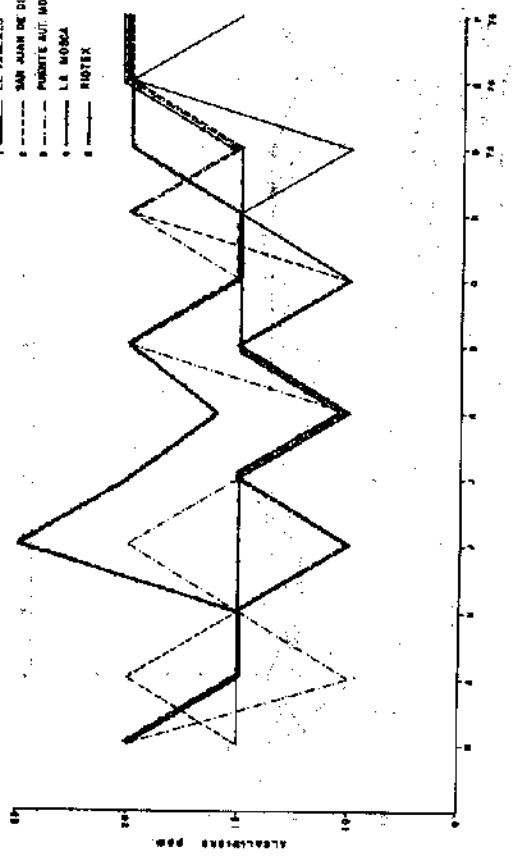


FIG. 6 VARIACION DE LA ALCALINIDAD EN EL RIO RIONEGRO

- ESTACION
- 1 EL TABLAZO
- 2 SAN JUAN DE DIOS
- 3 PUENTE ANTUPI MED BOA
- 4 LA MOSCA
- 5 RIOTEX

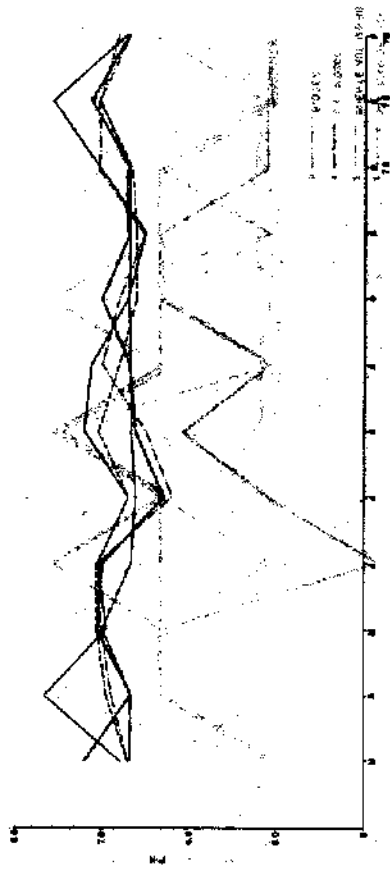


Fig. 9 VARIACION DE LOS VALORES DE pH EN EL RIO MONEGRO

- ESTACION
- 1 EL TABLAZO
- 2 SAN JUAN DE DIOS
- 3 PUENTE ANTUPI MED BOA
- 4 LA MOSCA
- 5 RIOTEX

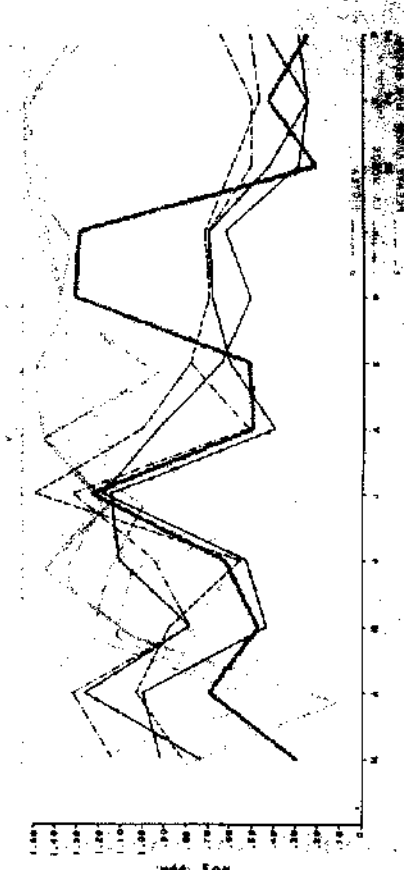


Fig. 10 VARIACION DE LOS NITRATOS EN EL RIO MONEGRO

- ESTACION
- 1 EL TABLAZO
- 2 SAN JUAN DE DIOS
- 3 PUENTE ANTUPI MED BOA
- 4 LA MOSCA
- 5 RIOTEX



Fig. 11 VARIACION DE SULFATOS EN EL RIO MONEGRO

- ESTACION
- 1 EL TABLAZO
- 2 SAN JUAN DE DIOS
- 3 PUENTE ANTUPI MED BOA
- 4 LA MOSCA
- 5 RIOTEX

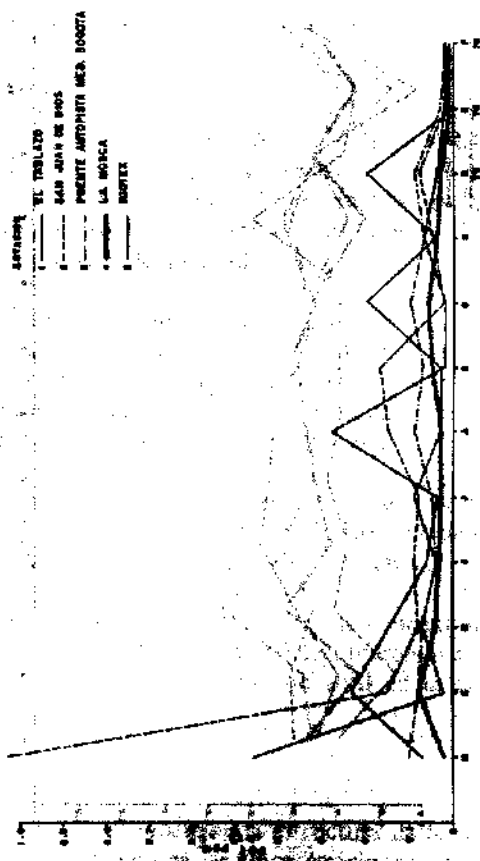


Fig. 12 VARIACION DE LOS ORTOFOSFATOS EN EL RIO MONEGRO

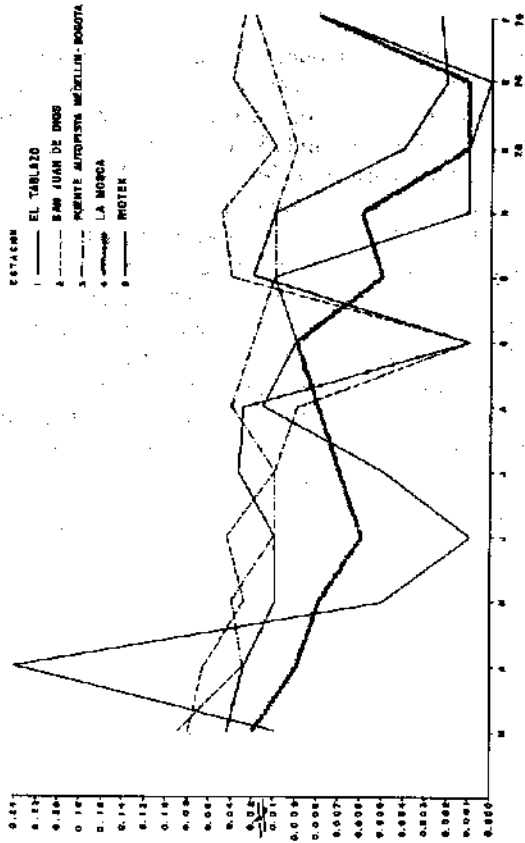


FIG. 15 VARIACION DE LOS DETERGENTES EN EL RIO RIONEGRO

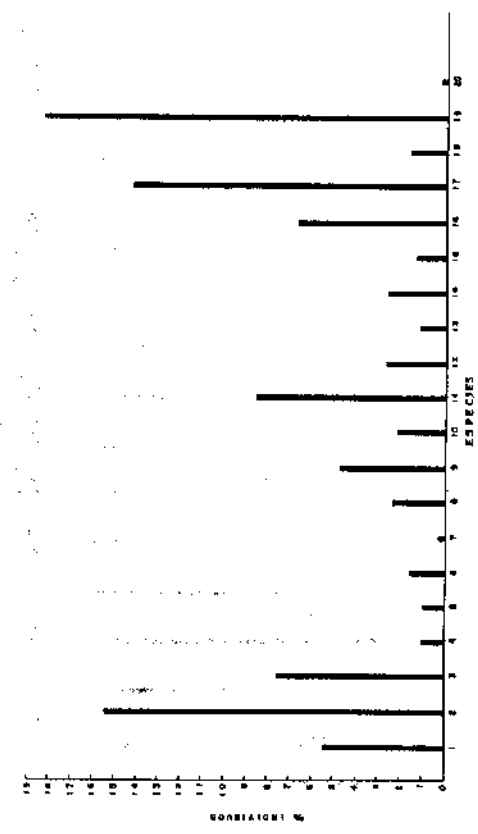


FIG. 14 ESTRUCTURA DE LA COMUNIDAD BENTICA EL TABLAZO RIO RIONEGRO

- 1 Lumbricidae
- 2 Aelosoma sp.
- 3 Tubifex tubifex
- 4 Eteobroterus sp.
- 5 Elmidae
- 6 Hydroptila sp.
- 7 Physa sp.
- 8 Ancylicornis sp.
- 9 Heterelmis sp.
- 10 Eteobroterus sp.
- 11 Physa sp.
- 12 Lymnaea sp.
- 13 Ancylicornis
- 14 Mucroniferus sp.
- 15 Tendipes sp.
- 16 Heterelmis sp.
- 17 Hydroptila sp.
- 18 Tricentrus sp.
- 19 Lestis sp.
- 20 Dugesia sp.

porcentaje corresponde al número total de individuos colectados durante un año de estudio.

La figura 14 muestra la composición de la comunidad béntica de la estación El Tablazo. Se pudo establecer la presencia de 20 especies diferentes presentándose en mayor porcentaje *Lestes* sp (18o/o), en segundo lugar *Hydropsyche* sp (14o/o); estos organismos son propios de aguas claras. La presencia de la especie *Tubifex tubifex* (7,5o/o) es significativo, debido a que esta especie es indicadora de aguas altamente contaminadas.

La figura 15 muestra la estructura de la comunidad béntica de la estación San Juan de Dios, caracterizándose por presentar una reducción a 14 especies. Dentro de ésta domina en porcentaje *Aelosoma* sp (29,8o/o), segundo lugar *Physa* sp (27,5o/o); las anteriores son indicadoras de aguas medianamente contaminadas; en tercer lugar encontramos el *Tubifex tubifex* (22o/o), indicadora de aguas altamente contaminadas.

En la figura 16 se muestra la estructura de la comunidad béntica de la estación del puente sobre la autopista Medellín-Bogotá, caracterizándose por presentar 12 especies. Dentro de éstas predomina *Aelosoma* sp (30o/o) indicadora de aguas medianamente contaminadas; en segundo lugar encontramos *Tubifex tubifex* (17o/o), en tercer lugar está Lumbricidae (12o/o), Estas últimas son indicadoras de alta contaminación en las aguas.

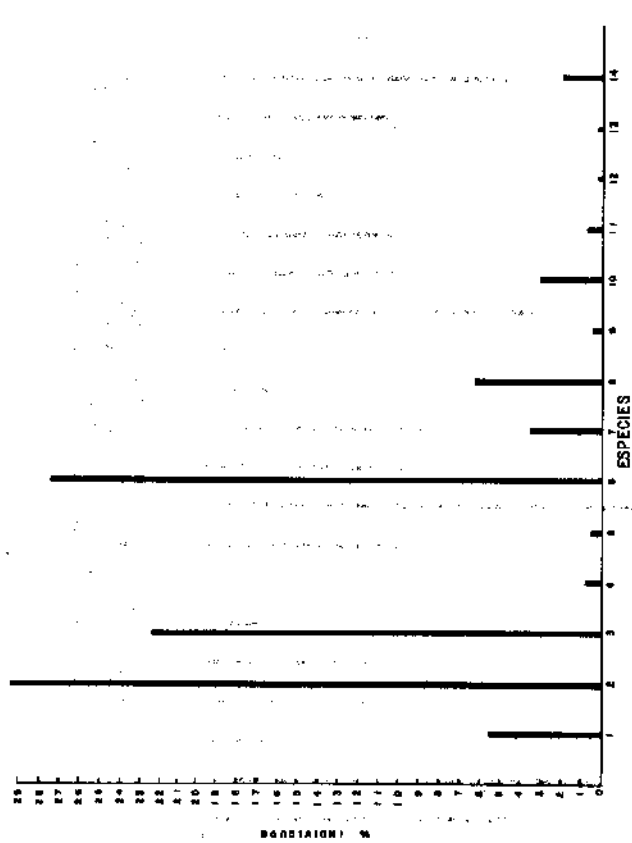


FIG. 15 ESTRUCTURA DE LA COMUNIDAD BENTICA SAN JUAN DE DIOS RIO RIONEGRO

- 1 Lumbricidae
- 2 Aelosoma sp.
- 3 Tubifex tubifex
- 4 Heterelmis sp.
- 5 Elmidae
- 6 Physa sp.
- 7 Lymnaea sp.
- 8 Ancylicornis
- 9 Mucroniferus
- 10 Tendipes sp.
- 11 Glossoscolex sp.
- 12 Hydroptila sp.
- 13 Tricentrus sp.
- 14 Dugesia sp.

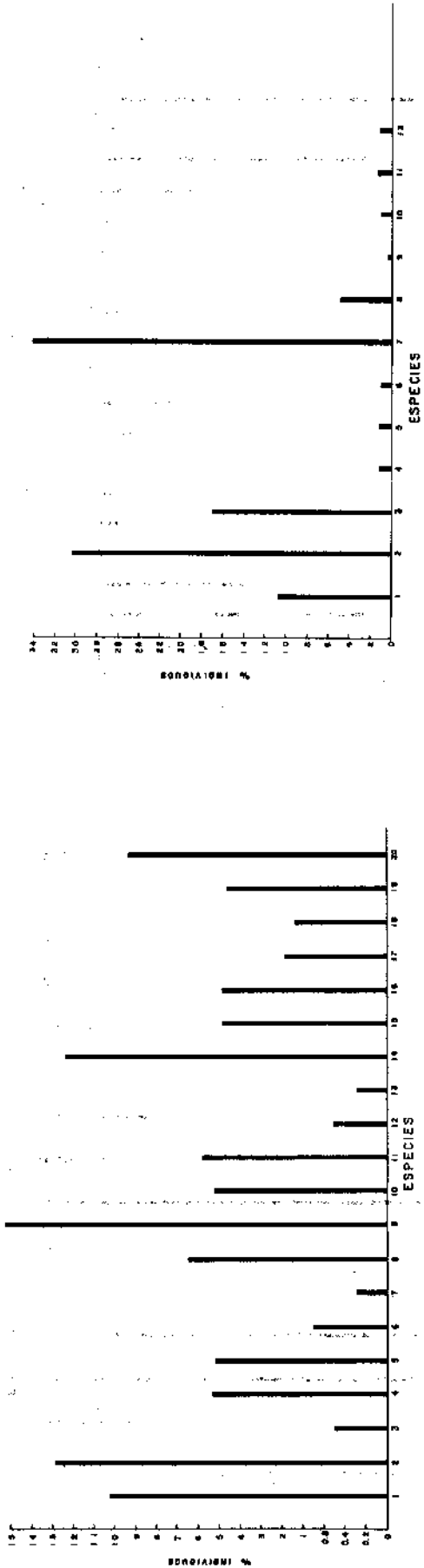


Fig. 16 ESTRUCTURA DE LA COMUNIDAD BENTICA. PUENTE DE LA AUTOPISTA. RIO RIONEGRO
 1. Lumbricidae 2. Aelosoma sp. 3. Tubifex tubifex. 4. Baetis sp.
 5. Baetodes sp. 6. Epameletis sp. 7. Physa sp. 8. Anisoptera
 9. Lenticula sp. 10. Trichoptera sp. 11. Hydroscapha sp. 12. Dugesia sp.

Fig. 17 ESTRUCTURA DE LA COMUNIDAD BENTICA. LA MOSCA. RIO RIONEGRO
 1. Lumbricidae 2. Aelosoma sp. 3. Tubifex tubifex. 4. Siganis sp. 5. Naisidae sp.
 6. Elmidae 7. Mollusca sp. 8. Gastropoda sp. 9. Baetodes sp. 10. Hydropsyche sp. 11. Physa sp.
 12. Lenticula sp. 13. Anisoptera sp. 14. Nematodes 15. Landisus sp. 16. Sialisidae sp.
 17. Hydropsyche sp. 18. Trichoptera sp. 19. Lenticula sp. 20. Rhyacophila

La desembocadura de la quebrada La Mosca presenta una estructura de la comunidad bética conformada por 20 especies como lo muestra la figura 17. En ésta hay un dominio de la especie *Baetodes* sp (15o/o) característica de aguas claras; en segundo lugar está *Aelosoma* sp (13o/o) característico de aguas medianamente contaminadas; en tercer lugar se encuentra Lumbricidae (10o/o) característica de aguas contaminadas. En la última estación de Riotex se observa como la estructura de la comunidad bética se reduce a 8 especies de las cuales *Aelosoma* sp presenta un porcentaje de 29o/o ocupando el primer lugar, en segundo lugar se encuentra la Lumbricidae (15o/o), en tercer lugar está el *Tubifex tubifex* (8,5o/o). La primera es indicadora de aguas medianamente contaminadas; las dos últimas son indicadoras de aguas altamente contaminadas por materia orgánica. (Figura 18).

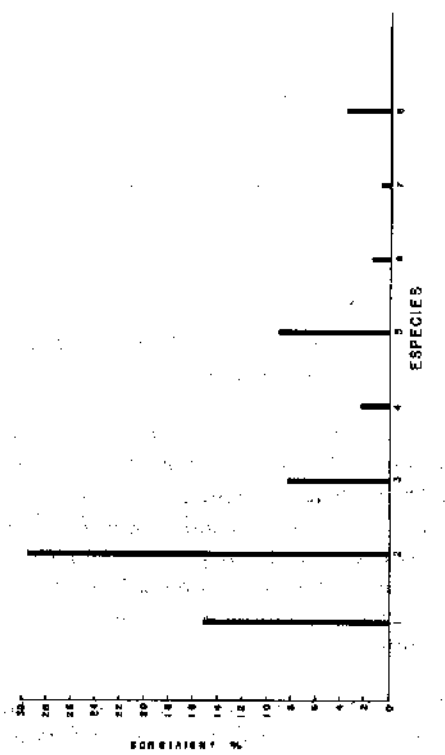
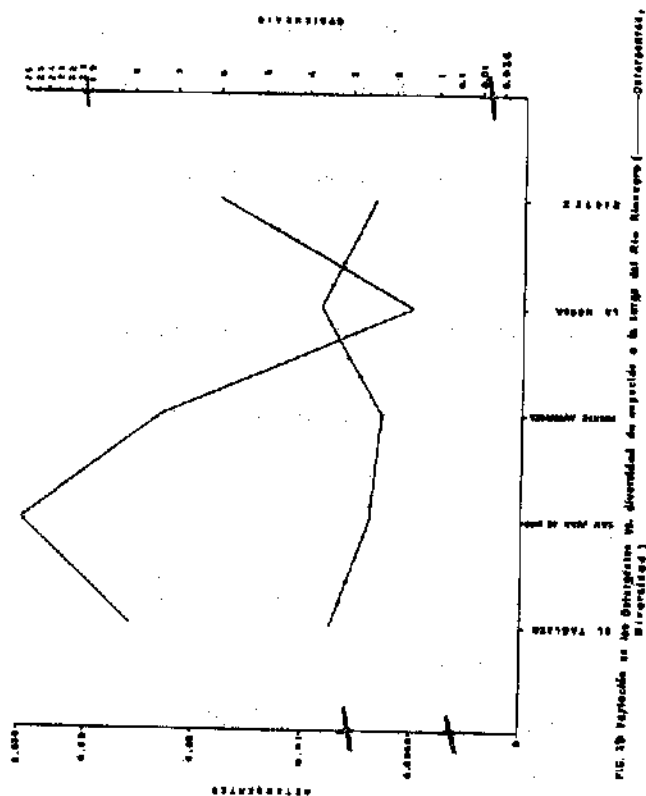


Fig. 18 ESTRUCTURA DE LA COMUNIDAD BENTICA. RIOTEX. RIO RIONEGRO
 1. Lumbricidae 2. Aelosoma sp. 3. Tubifex tubifex
 4. Physa sp. 5. Amphipoda 6. Tardigrada sp. 7. Gloiostoma sp.
 8. Ilianassa sp.

Por último la figura 19 muestra las relaciones entre la variación de detergentes y la diversidad de especies, presentándose una baja diversidad a una alta concentración de detergentes y una alta diversidad a una baja concentración. También se observa como la diversidad más baja se presenta en la zona industrial y doméstica.

Discusión y Conclusiones.

Los resultados anteriores nos muestran como las variaciones de los factores físico-químicos, entre ellos los detergentes, influyen sobre la estructura de la comunidad bética, tanto cualitativa como cuantitativamente.



La diversidad fue baja en los lugares donde los factores tuvieron fuertes variaciones y alta en los lugares de pocos cambios. Las zonas de altas variaciones fueron aquellas donde existen industrias y una alta densidad urbana. Un hecho de gran importancia es que en las zonas de poca población e industrialización se presentaron organismos típicos de aguas claras (Tricópteros, Ephemeropteros, Hemípteros, etc.). La concentración de detergentes fue inversamente proporcional al índice de diversidad de especie.

Comparados los resultados de este estudio con los realizados por Roldán y otros en el río Medellín (1973), se concluye que si bien el río Rionegro se encuentra en un avanza-

do estado de deterioro ecológico, aún no es comparable con el río Medellín.

En resumen podemos llegar a concluir:

1. Se encuentra un alto índice de diversidad biológica donde los factores fisicoquímicos fluctuaron poco.
2. Las poblaciones de anélidos *Tubifex*, y Lumbricidae fueron dominantes donde las aguas están más contaminadas. *Physa* y *Aelosoma* se presentaron en mayor porcentaje donde las aguas son medianamente contaminadas. En las aguas claras se presentaron en mayor cantidad Ephemeropteros, Tricópteros, Plecópteros y Hemípteros.
3. Se pudo establecer una estrecha correlación entre la diversidad de especies y los detergentes, ya que donde éstos presentaron una mayor concentración, la diversidad fue menor.
4. En general se detectó un alto deterioro del río Rionegro a su paso por las zonas urbana e industrial, lo cual se refleja en la estructura de la comunidad de dichas zonas.

Recomendaciones.

Emprender prontamente estudios correctivos al problema de contaminación industrial y doméstica del río Rionegro a través de plantas de tratamiento de aguas, ahora que el problema aún no es de características graves y alarmantes como el río Medellín. Exigir a las nuevas industrias que se establezcan en la zona, tratamiento previo de sus desechos antes de lanzarlos al río.

Agradecimientos.

Agradezco al Profesor Gabriel Roldán P. por su magnífica asesoría en el presente estudio. También doy mis reconocimientos a mi esposa Marta Cecilia por su colaboración para terminar este trabajo.

Bibliografía.

- APHA. *Métodos Estandar para el examen de aguas y aguas de desecho*. México, Ed. Interamericana, S. A. 1963, p. 609.
- Botero A., Gerardo. "Contribución al conocimiento de la Petrografía del Batolito Antioqueño". *Revista Minería* 20, Medellín, 1942, pp. 115-117.
- Clark, J. W. Viessman, W. and Hammer Mark. *Water Supply and Pollution Control*. Internacional Text Book Company. Toronto, 1971, pp. 234.
- Córdoba G. J. Rodrigo y Villegas A. "Estudio Preliminar y Manejo de la Cuencia de Captación del Embalse de la Fé". *Revista Instituto Geográfico Agustín Codazzi*, Bogotá, 1966, pp.12.

- Culp, R. L. and Stoltenserg, H.A. "Synthetic Detergents Pollution in Kansas". *J. Amer. Wat. W. Kns*, 45, 1187, 1953.
- Galiano, F., "Evaluación de Residuos de Detergentes no biodegradables en Colombia". Parte experimental, Fase II. Informe a Ecopetrol. *Inst. Invest. Tecnológicas*. Bogotá D. E. 1972.
- Galiano, F. "Contenido de Sulfonato de Alquil Benceno (ABS) en Aguas de los ríos colombianos". Ponencia: Segunda convención Científica de ACEACE. Bogotá, 1973.
- Hatch, L. F. "How to make biodegradable detergents". *Hydrocarbon Processing*, 43 (3): 91-96, 1964.
- Hill W. H. Shapire M. and Kobayoski. "Determination of Alkyl Benzene Sulfonate in Water". *Jour AWWA*. pp. 409-416, 1962
- Holdridge, L. R. *Ecología basada en zonas de Vida*. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1978.
- Hutchinson, G. E. *A Treatise on Limnology*. John Wiley and Sons, Inc. N.Y. 1957, vol. I y II.
- Hynes, H. B. *The Biology of Polluted Waters*. University of Toronto Press, 1974.
- Justice D. and Lambert, Vicent. "Revolution in Detergents". *Chemical Engeering Progress*. 60(12):35-40, 1964.
- Lieber, Maxim. "Biodegradación of Surfactans". W. & S.W. Reference Number 1969.
- Margalef, R. "Información y Diversidad Específica en las comunidades de organismos". *Inv. Pesq.* 3:99-106, 1956.
- Marquis D. M. "Make AOS from Oleofines and SO₃". *Hydrocarbon Processing*. 47 (3): 109-114, 1968.
- Mendoza R. D. et al. "Evaluación de Residuos de Detergentes no biodegradables en Colombia". Fase primera I.T.T. Informe Ecopetrol, 1972.
- Odum, E. *Ecología*. México, Editorial Interamericana, S. A. 1972, 639pp.
- OMS. *Normas Internacionales para el Agua Potable*. 3 pp 75. Ginebra, 1972.
- Orsanco Detergent Subcommittee. "Components of household synthetic detergents in Water and Sewage. *Jour AWWA* pp.369-401. 1963.
- Pennak, R. *Fresh Water Invertebrates of the United States*. N. Y. Ronald Press. CO. 1953, pp. 769.
- Ransom, J. "Community Structure of Benthic Macroinvertebrates and Related Physocochemical Condition in Keystone". Oklahoma (Tesis de Doctorado) Oklahoma State University, Stillwater, 1969.
- Roldán, y col. "Efectos de la contaminación Industrial y Doméstica sobre la Fauna del Río Medellín". *Actualidades Biológicas* 2(5):54-64, 1973.
- Roldán, G. "Un estudio Comparativo de algunas características físico-químicas y biológicas de la Laguna Gladfelter" (M.S.) Tesis. Kansas, 1970.
- Ruschenburg, E. "The Biological Behavior of Surfactants". The Relation Between the Constituion and Biological Degradation of Alkyl Ben-Zene Sulfanates". *Fette, Seifen, Anstrichemittel* 65:810, 1963.
- Scoot, K.A. "Extrator paraffins for Biodegradable Detergents". *Hydrocarbon Processing*. 43(3):97-100, 1964.
- Task Group Report. "Effects on Water Supplies of Legislation to Control Synthetic Detergents". *Jour AWWA* 55 pp. 1229-34. 1963.
- Weaver P. J. "Detergents Makers Switch to linear Alkylated Sulfonates". *The Journal of the American oil Chemistry Society* 43 pp. 738-741. November 1964.

