

CONTAMINACION DE LOS RIOS GUASDUA Y MANZANARES, EDO. SUCRE, VENEZUELA

ESTHER FERNANDEZ A.

Instituto Oceanográfico, Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela

RESUMEN: Durante 1971 y 1972 se realizaron estudios mensuales en las aguas superficiales de los ríos Guasdua y Manzanares (Edo. Sucre - Venezuela), así como a la entrada y salida de la laguna de oxidación del Ingenio Azucarero ubicado en la población de Cumanacoa; y desde 1973 hasta 1980 se efectuaron dos veces por año con la finalidad de conocer el grado de deterioro de la masa de agua de ambos ríos. Se analizó el aspecto general de la masa de agua, temperatura, pH, oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno, bacterias aerobias totales, bacterias coliformes totales y fecales, bacterias fermentadoras de azúcares, identificación de enterobacterias; esporádicamente se hicieron determinaciones de fosfato-nitrato-amonio y nitrito. En numerosas oportunidades no se detectó oxígeno disuelto en el río Guasdua y la demanda bioquímica de oxígeno (D.B.O₅) llegó a alcanzar 4.200 mg/l en mayo de 1971; en el río Manzanares la concentración de oxígeno disuelto en determinadas circunstancias fue muy baja y la D.B.O₅ presentó valores considerablemente elevados (1.050 mg/l en junio de 1971 en la estación 8, cerca de la desembocadura). La población bacteriana total llegó hasta 10⁸ y 10⁹ col/ml y la de coliformes a 10⁷ coli/100 ml; en un gran porcentaje esta población bacteriana se manifestó como fermentadora de los diferentes carbohidratos empleados. Se identificaron bacterias patógenas tales como *Salmonella* sp; *Shigella* sp; *Pseudomonas aeruginosa*; *Klebsiella pneumoniae*; *Escherichia coli*; *Vibrio* sp; además se aislaron numerosas cepas bacterianas que se comportaron como microaerófilas. Todo esto conduce a señalar que la masa de agua de los ríos Guasdua y Manzanares presenta índices bastante alarmantes de contaminación, especialmente de origen bacteriano.

ABSTRACT Monthly observations on the surface waters of the Guasdua and Manzanares rivers (Sucre State, Venezuela), as also inlet and outlet of the oxidation pond of a sugar refinery located in the town of Cumanacoa were studied during 1971-1972. In order to know the deterioration of the water masses of the two rivers, controls were also studied twice a year from 1973 to 1980. The following parameters were analysed: general aspect of the water mass, temperature, pH, dissolved oxygen, biochemical oxygen demand, total aerobic bacteria, total coliform and fecal bacteria, sugar fermenting bacteria and identification of enterobacteria. Phosphate, nitrate, ammonia and nitrite were determined sporadically. In numerous instances, dissolved oxygen was not detected in the Guasdua river, and the biochemical oxygen demand (B.O.D₅) reached up to 4,200 mg/l in May, 1971. In the Manzanares river, concentration of dissolved oxygen in several circumstances was very low and the B.O.D₅ showed considerably high values (1,050 mg/l in June, 1971 at Station 8, near the river mouth). Total bacterial population reached up to 10⁸ & 10⁹ col/ml and the coliforms up to 10⁷ coli/100 ml. A great percentage of the bacterial population showed to be fermentors of the different carbohydrates used. Pathogenic bacteria like *Salmonella* sp; *Shigella* sp; *Pseudomonas aeruginosa*; *Klebsiella pneumoniae*; *Escherichia coli*; *Vibrio* sp, were identified. Besides, numerous bacterial strains were behaved as microaerophiles. It can be concluded that the water mass of the rivers Guasdua and Manzanares showed alarmingly high index rates of pollution, especially of bacterial origin.

INTRODUCCION

La contaminación de las aguas es uno de los problemas que a nivel mundial ha generado mayor interés; si entendemos por contaminación de las aguas, "La introducción por el hombre en forma directa o indirecta en el sistema acuático de sustancias o energía que puedan causar efectos deletéreos, tales como daños en los recursos biológicos y por consiguiente para la salud humana, obstáculos en las acti-

vidades marinas incluida la pesca, disminución de la calidad del agua, reducción de las posibilidades de esparcimiento y generando en consecuencia daños materiales y sanitarios" (F.A.O 1976). Cualquier desecho que sea descargado en un cuerpo de agua, va a modificar el equilibrio ecológico y la capacidad de esa corriente receptora para transformar tales desechos (CASTELLVÍ, 1973). El río Manzanares, nuestro punto

de interés actual, por el grado tan elevado de contaminación de sus aguas funciona como una especie de laguna de oxidación natural (OCHOA, 1971). La mayor parte de la corriente es aerobia y en el fondo se depositan lodos y mucílago, sitio donde los procesos de fermentación son más frecuentes. Cuando el río recibe la descarga masiva de material orgánico, ácidos y sustancias cáusticas, la masa de agua experimenta modificaciones tanto en su composición como en su aspecto y la vida que sostiene. Abundantes y de diferentes procedencias son los contaminantes que recibe desde hace bastante tiempo; a gran escala, tenemos las descargas industriales del Central Azucarero de Cumanacoa, a nivel de la ciudad del mismo nombre. Hasta el año 1971, estos desechos eran lanzados directamente al río Guasdua, afluente del Manzanares; en ese año se construyó una especie de laguna de oxidación para recibir los excedentes y desperdicios provenientes del Central Azucarero pero sólo funcionó y en pésimas condiciones durante el mes de junio. Para 1972 se le colocaron cuatro aparatos de aereación con la finalidad de suministrar suficiente oxígeno para la transformación y estabilización del material orgánico.

Los desechos domésticos de la ciudad de Cumanacoa son vertidos al río Guasdua; en el año de 1973 se construyó en las afueras de esa ciudad una laguna de oxidación para recibir la descarga cloacal de la población.

En menor proporción, si se compara con los anteriores, pero con igual o peor daño por encontrarse dentro de la ciudad de Cumaná y cerca de la desembocadura del río Manzanares, está ubicada una destilería y fábrica de aguardiente que incorporan vinasa, melaza, ácido sulfúrico, alcoholes, nitrógeno, fosfato, etc. A esto también contribuyen otras destilerías clandestinas que han sido ubicadas en las cercanías del río Manzanares. Las descargas ocasionales de ácido cianhídrico de las pequeñas industrias del casabe que se encuentran a los márgenes del río, así como también los caseríos que se han implantado a lo largo de sus riberas, uniéndose también, la cría de aves, caballerizas, porquerizas, y ganado vacuno.

Productos químicos, residuales de fertilizantes agrícolas son descargados al río Manzanares, tales como: endrin, B.H.C., basudin, kamex, diuron, gesapox, úrea, etc. (GONZÁLEZ, 1980); también recibe el río Manzanares, antes de atravesar la ciudad de Cumaná, parte de los desperdicios del Sanatorio Antituberculoso de Oriente, tales como: restos de tejidos

humanos enfermos, drogas vencidas, cultivos bacterianos, etc. (UROSA & FERNÁNDEZ, 1981).

Al pasar por la ciudad de Cumaná el río Manzanares recibe gran cantidad de desechos provenientes de las actividades biológicas del ser humano, en especial de la zona céntrica de la ciudad, y sólidos de diferente naturaleza, que son depositados en sus márgenes, principalmente a nivel del Mercado Municipal y en el sector aledaño a su desembocadura en el mar Caribe suroriental.

El interés primordial de este trabajo es el de estudiar el deterioro que ha venido sufriendo la masa de agua del río a raíz de la gran mortandad de peces en los ríos Guasdua y Manzanares en abril de 1966 (LÓPEZ & FERNÁNDEZ, 1967). En 1970 el Departamento de Oceanografía Química inició un estudio más completo en las aguas del río Manzanares (FERNÁNDEZ, 1971). En base a los resultados obtenidos de las observaciones realizadas mensualmente hasta 1972, se han continuado efectuando hasta el presente estudios de control dos veces por año, los cuales se hacían coincidir con las épocas de sequía (diciembre a mayo) y lluvia (junio a noviembre) en la región, que a su vez son los períodos de zafra y receso del ingenio azucarero de Cumanacoa.

DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO Y CARACTERISTICAS GENERALES

El río Manzanares al igual que los ríos Guarapiche y Neverí nacen en el macizo montañoso oriental, conocido como Serranía del Turimiquire, considerado el más alto de la región. Su origen se ubica al norte del Cerro Peonía a una altura aproximada de 1.400 metros sobre el nivel del mar (Fig. 1), inicialmente recorre un sector montañoso donde recibe suficiente oxigenación. Antes de penetrar al valle de Cumanacoa se unen a él varios ríos que aumentan su caudal; hasta ese valle tiene una trayectoria surnorte, donde luego cambia a la dirección este-noroeste, hasta recibir el aporte del río Cancamure, cuando vuelve a variar su curso hacia el sur-norte (GONZÁLEZ, 1980) hasta su desembocadura al mar, a la entrada del Golfo de Cariaco (después de atravesar la ciudad de Cumaná). Su profundidad máxima está calculada en 4 metros aproximadamente y su recorrido total se estima en 130 km.

Después de su paso por la población de Arenas su lecho se vuelve arenoso-arcilloso en muchos sectores, principalmente a medida que se aproxima a la zona de Cumaná. El río Guasdua es el afluente que aporta el

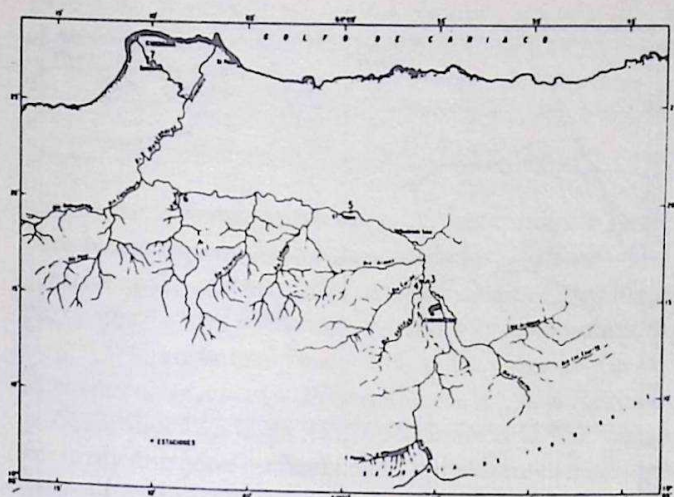


Fig. 1 Cuenca del río Manzanares y ubicación de las estaciones muestreadas.

mayor volumen de contaminantes domésticos e industriales, constituyendo así la principal causa de deterioro de la masa de agua y biota del río Manzanares; a través del tiempo el nivel de precipitación en la zona del Valle de Cumanacoa ha ido en descenso, por ejemplo, desde 1970 cuando alcanzó 1.547 mm hasta 1978 con 1.266 mm sólo en 1974 y 1980 excepcionalmente se observó un aumento relativo alcanzando 1.459 mm y 1.598 mm, respectivamente; este descenso unido a las talas y quemas indiscriminadas, han contribuido a que el río Manzanares disminuya considerablemente su caudal; además, el período de sequía en la región coincide con la época de zafra del ingenio azucarero de Cumanacoa, la cual generalmente abarca los meses de enero a julio inclusive.

En el mes de septiembre de 1971 (ALVARADO, 1976) se puso en funcionamiento un canal que sirve de aliviadero al río Manzanares con la finalidad de prevenir las inundaciones que venía soportando la ciudad de Cumaná, este aliviadero se encuentra ubicado a nivel del Puerto de la Madera a 12 km aproximadamente de la desembocadura natural y cae al mar en la zona de el Peñón (Golfo de Cariaco); estaba programado originalmente para funcionar en períodos cuando el gasto del río alcanzara niveles críticos (superior a $118 \text{ m}^3/\text{seg}$); en otro caso, las compuertas o montacargas se cerrarían durante la época de sequía. Según (ALVARADO, 1979) el aporte medio anual del río Manzanares al mar, es de 558×10^6 toneladas de agua, la cual se reparte entre el Peñón (zona de aliviadero del río) y el Dique (desembocadura original) siendo descargado gran parte de este volumen entre los meses de junio a octubre. Dependiendo de la

dirección del viento y las corrientes la masa de agua transportada por el río sigue dirección este-oeste (hacia la entrada a la bahía de Mochima) o sur-norte hacia la Península de Araya (MORA *et al*, 1967).

La zona de muestreo es la misma utilizada por LÓPEZ & FERNÁNDEZ en 1967 para los ríos Guasdua y Manzanares, la cual cubre un total de 19 puntos de observaciones; sin embargo, en 1971 se ubicaron las estaciones definitivas en número de ocho durante un recorrido aproximado de 60 km en el orden siguiente:

(Fig. 1). Est. 1. Entrada del material de desecho a la laguna de oxidación del Central Azucarero ubicado en las afueras de la ciudad de Cumanacoa.

Est. 2. A la salida de la laguna de oxidación hacia un canal en forma escalonada, con la finalidad de que las sustancias aún no transformadas se oxigenen suficientemente.

Est. 3. En el río Manzanares, sector El Cedro (sin recibir el aporte del río Guasdua).

Est. 4. En el río Guasdua sin unirse al Manzanares, pero después de haber recibido los remanentes del Central Azucarero y los desechos domésticos de Cumanacoa.

Est. 5. En el río Manzanares, sector El Yaque.

Est. 6. En el río Manzanares, sector río Brito.

Est. 7. En el río Manzanares, a nivel del sistema de riego; posteriormente por dificultades en el acceso a la zona se ubicó en el Puente Gómez Rubio.

Est. 8. En el río Manzanares hacia el lado sur del Puente Gonzalo de Ocampo en la Avda. Perimetral (después de su paso por la ciudad de Cumaná y recibir los residuos del "Mercado Municipal", "Destilería Nueva Colombia" y "Aguardiente La Florida") aproximadamente a 250 m de su desembocadura.

MATERIALES Y METODOS

Nuestra investigación abarcó estudios preliminares, específicos y de control, iniciados por LÓPEZ & FERNÁNDEZ (1966), los segundos en 1971 y los últimos desde 1973 hasta 1980. Durante las observaciones preliminares se realizaron análisis de Demanda Química de Oxígeno (D.Q.O) por el método del bicromato (A.P.H.A., 1963), además se realizaron algunos ensayos con diferentes proporciones de agua contaminada (5, 10, 25, 50, 75 y 100%) en la cual se colocaban peces para observar el tiempo de supervivencia bajo tales condiciones. En el estudio propiamente dicho y durante las observaciones de control (1971-1980) las expediciones se realizaron por vía

terrestre; fueron colectadas muestras de agua superficial en botellas del tipo "Kitahara" y/o en envases plásticos, dependiendo de la zona de recolección; inmediatamente el agua se pasaba a frascos apropiados para cada uno de los análisis a realizar; para las determinaciones de naturaleza físico-química se siguieron las siguientes metodologías:

Aspectos generales: por observación directa durante las expediciones. Temperatura: utilizando termómetros superficiales con una precisión de $0,1^{\circ}\text{C}$. Oxígeno disuelto, se siguió el método de Winkler con modificación de Alsterber (al nitrato) recomendado para corrientes de aguas contaminadas por A.P.H.A., A.W.W.A. - W.P.C.F. (1963) y los resultados se expresaron en mg/l. Demanda Bioquímica de Oxígeno, por el método de D.B.O₅, recomendado en "Métodos Estandar para el Examen de Aguas y Aguas de desecho" (1963). pH, estas mediciones se realizaron con un potenciómetro marca Radiometer. Esporádicamente se hicieron determinaciones de algunos elementos nutritivos, tales como amonio, nitrito, nitrato y fosfato, aplicando los métodos descritos por STRICKLAND & PARSONS (1972). En relación a los análisis bacteriológicos se estudiaron: Recuento total de bacterias aerobias por las técnicas de siembra en placa profunda y superficial (AARONSON, 1970).

Determinación de organismos coliformes totales y fecales, para ello se siguió la técnica del número más probable (N.M.P.) o técnicas de tubos múltiples, generalmente usada para enumerar grupos fisiológicos específicos; se realizaron las pruebas presuntivas y confirmatorias (A.P.H.A., 1963). Posteriormente se identificaron las especies bacteriales pertenecientes a este grupo, utilizando para ello las pruebas bioquímicas diferenciales específicas; además, se practicó la coloración de Gram (SCHNEIRSON, 1970). Identificación de Enterobacterias. De las colonias desarrolladas sobre agar nutriente y agar triptona glucosa más extracto de levadura, se aislaron aquellas morfológicamente diferentes en caldo nutritivo (Difco); a partir de este medio se realizaron las diferentes pruebas bioquímicas diferenciales para Enterobacteriaceae, según las técnicas descritas por MOSSEL & QUEVEDO, (1967).

Utilización de carbohidratos; estas determinaciones sólo se realizaron durante el año 1971; los azúcares empleados fueron: glucosa, galactosa, ramosa y sacarosa, en soluciones al 30%, lactosa al 25%, manitol al 18%, arabinosa y sorbitol al 10%, inositol y dulcitol al 4%.

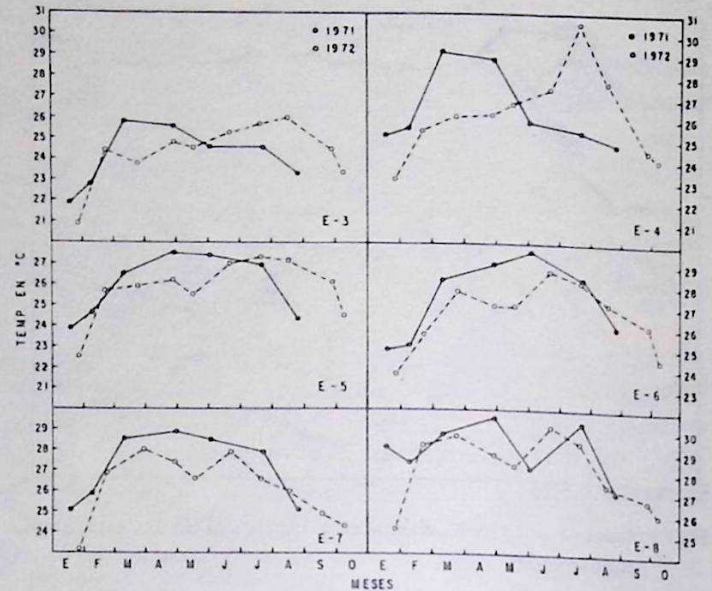


Fig. 2. Variación mensual de la temperatura ($^{\circ}\text{C}$) durante 1971 y 1972.

RESULTADOS

A continuación se muestran los resultados obtenidos durante las observaciones realizadas en el río Manzanares correspondientes al período entre 1971 y 1980; inicialmente nos referiremos a los análisis que se llevaron a cabo durante los dos primeros años de estudios (1971 y 1972). En la Fig. 2, se representa la variación mensual de la temperatura ($^{\circ}\text{C}$) en las diferentes estaciones con excepción de las est. 1 y 2, que se muestran en la TABLA 1 para guardar uniformidad en la gráfica, ya que ambas corresponden a la entrada y salida respectivamente de la laguna de oxidación del Central Azucarero y la fluctuación de algunos parámetros en esa zona fue diferente a los restantes sitios de muestreo; así observamos durante 1971 en la est. 3, donde no existía influencia cercana de desecho alguno, que la temperatura osciló entre $22-26^{\circ}\text{C}$ y en 1972 entre $21^{\circ}-26^{\circ}\text{C}$; los máximos y mínimos en los dos años fueron similares, pero la fluctuación mensual en los mismos períodos tuvo cierta variación.

En la est. 4. (río Guasdua) la temperatura fue más elevada en comparación con la est. anterior, especialmente durante los meses de marzo y abril de 1971 cuando alcanzó sus máximos valores ($29,2^{\circ}\text{C}$ y $29,5^{\circ}\text{C}$ respectivamente), la zafra de la caña de azúcar se inició ese año en enero; en 1972 la temperatura más elevada se encontró en julio ($30,5^{\circ}\text{C}$) y la mínima de 23°C en enero; para ese momento no se habían iniciado las actividades en el ingenio azucarero. El au-

TABLA 1. VARIACION DE LA TEMPERATURA (°C) EN LAS EST. 1 Y 2 DURANTE LA EPOCA DE ZAFRA (1972)

Est.	Feb.	Marz.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.
1	31,2	33,1	37,0	36,7	36,4	33,1	32,0
2	29,8	31,0	33,1	31,7	31,9	31,7	30,5

mento de la temperatura en julio fue bastante brusco para luego descender progresivamente. Las est. 5, 6 y 7 variaron de una manera bastante similar en su mayor parte siendo más elevadas durante 1971, con máximos de 27,5°C en la est. 5, 29,5°C y 29°C en las est. 6 y 7, respectivamente; a diferencia, en la est. 8 (cerca de la desembocadura del río Manzanares) la fluctuación fue muy marcada con máximos y mínimos irregulares, especialmente en 1971; los valores extremos en ese año fueron de 30°C en abril y julio.

La Tabla 1 sólo tuvo el propósito de mostrar la variación de la temperatura a la entrada y salida de la ya mencionada laguna de oxidación en 1972, ya que en 1971 funcionó sólo un mes (junio); la diferencia entre las temperaturas mayor y menor fue de 5,8°C en la est. 1 y en la est. 2 de 3,3°C; ambas presentaron valores elevados (la est. 1 entre 31,2°C y 37°C y la est. 2 entre 29,8°C y 33,1°C) sobre todo al compararlos con las estaciones restantes.

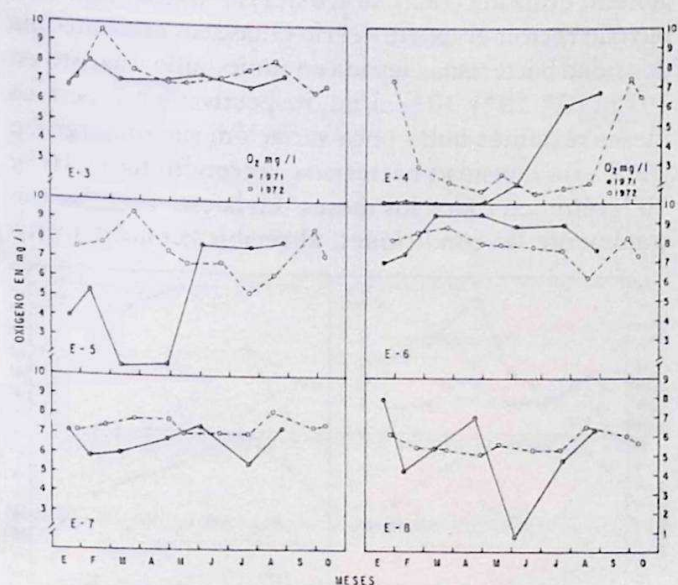


Fig. 3. Variación mensual del oxígeno disuelto (mg/l) durante 1971 y 1972.

La Fig. 3 nos muestra la variación en las concentraciones del oxígeno disuelto en las diferentes estaciones, con excepción de las est. 1 y 2, las cuales se representan en la Tabla 2; en la est. 3 las concentraciones de oxígeno fueron elevadas en los dos años,

oscilando entre 6,8 y 9,8 mg/l; la est. 4 fluctuó de forma diferente entre los dos años y en relación a la estación anterior; así vemos que de enero a abril de 1971 el contenido de oxígeno disuelto se mantuvo prácticamente en cero (0 mg/l); en el mes de junio permaneció muy bajo, llegando apenas a 0,7 mg/l. En los meses de julio y agosto aumentó bruscamente, coincidiendo con el inicio del receso de la industria azucarera en Cumanacoa. Para 1972 las proporciones de oxígeno disuelto fueron opuestas, lo cual guarda relación con el período de zafra de la caña de azúcar (febrero a agosto inclusive); en esa época, las concentraciones de este elemento fueron las más bajas del año. Luego en septiembre se presentó un aumento brusco hasta 7,5 mg/l, a diferencia, en la est. 5 la variación fue notable en los diferentes meses y años; por ejemplo en 1971 entre enero y junio las cantidades oscilaron visiblemente, con sus valores más bajos de 1,5 y 1,6 mg/l en marzo y abril respectivamente y un máximo en agosto de 7,8 mg/l. Las est. 6 y 7 se comportaron de manera semejante, con concentraciones de oxígeno elevadas durante los dos años; pero la est. 8 mostró fluctuaciones marcadas en 1971, con un mínimo de 1,7 mg/l en junio y el valor más elevado en enero (8,8 mg/l); el contenido de oxígeno en 1972 en la misma, no se dispuso tan irregularmente si lo comparamos con el año anterior.

La Tabla 2 nos indica la abundancia de oxígeno disuelto en las est. 1 y 2.

En la est. 1, los valores menores y más elevados se ubicaron entre 0 mg/l y 2,2 mg/l registrándose este último en agosto; y en la est. 2 entre 0 mg/l y 0,7 mg/l en marzo.

En la Fig. 4 quisimos representar las variaciones de la Demanda Bioquímica de Oxígeno en las diferentes estaciones durante los dos primeros años de observaciones (esta vez se pudieron esquematizar las est. 1 y 2), de tal forma encontramos que en las dos primeras estaciones la D.B.O₅ se mantuvo elevada en sumo grado (entre 230 mg/l y 1.500 mg/l en la est. 1 y 200 mg/l a 2.500 mg/l en la est. 2) con un valor mínimo en enero y un máximo en julio en ambas estaciones. La est. 3 se comportó totalmente diferente en los dos años con dos máximos en 1971 de 100 mg/l en febrero y junio y el menor de 10 mg/l en enero; las concentraciones en 1972 fueron inferiores al período anterior con poca variación durante todo el año (entre 10 y 15 mg/l). Totalmente diferentes se presentaron las condiciones en la est. 4 la cual arrojó las mayores concentraciones de D.B.O₅, por estar ubicada a nivel del río

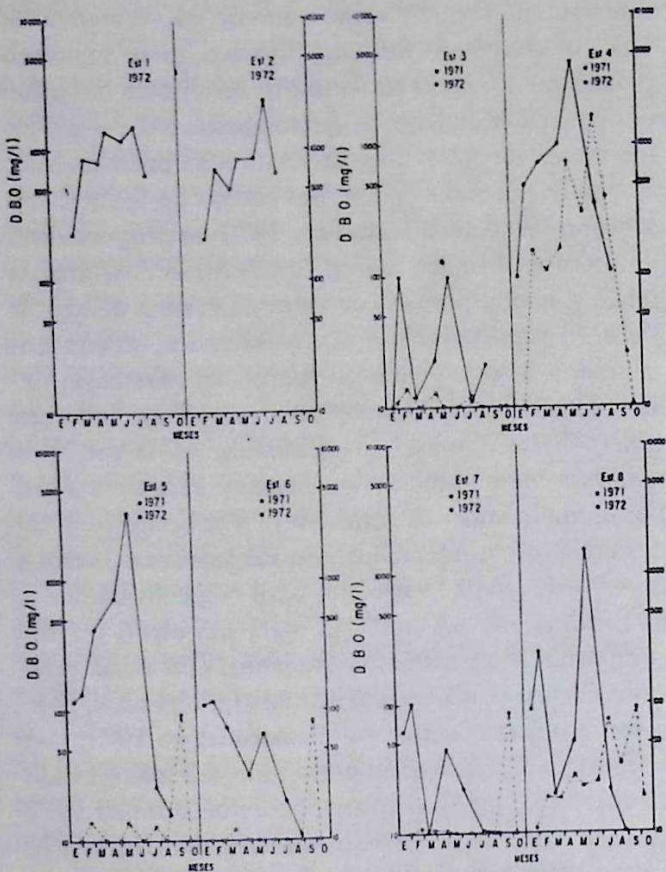


Fig. 4. Variación mensual de la D.B.O₅ (mg/l) durante los años 1971 y 1972.

Guasdua, donde sólo descargaban para esa época los desechos del Central Azucarero de Cumanacoa. La D.B.O₅ fue más elevada en 1971 que en 1972, con cantidades que oscilaron entre 100 mg/l en enero y 4.200 mg/l en mayo en el primer año; 10 mg/l en enero y octubre y 2.200 mg/l en julio correspondientes al segundo año. La est. 5, a la altura del sector "El Yaque" mantuvo concentraciones elevadas de D.B.O₅ durante 1971 con la menor cantidad en el mes de agosto (16 mg/l) y la mayor en junio (3.500 mg/l) ésta última coincidió con una gran mortandad de peces en el río Manzanares cuya posible causa explicaremos más adelante; en 1972 cuando ya funcionaba la laguna de oxidación en el Ingenio Azucarero, las proporciones de D.B.O₅ fueron muy inferiores manteniéndose entre 10 y 95 mg/l. En la est. 6 (sitio conocido como río Brito) las concentraciones de este parámetro disminuyeron considerablemente con variaciones comprendidas entre 11 y 120 mg/l en 1971 y 10 mg/l a 85 mg/l para 1972 registrándose ésta última en septiem-

bre. En la est. 7 se presentaron condiciones similares a la anterior (de 10 a 100 mg/l en 1971 y 10 a 90 mg/l en 1972).

TABLA 2. VARIACION DEL OXIGENO DISUELTO (mg/l) EN LAS EST. 1 Y 2 DURANTE LA EPOCA DE ZAFRA (1972)

Est.	Feb.	Marz.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Agos.
1	1,3	0,1	0,0	0,1	0,0	0,9	2,2
2	0,0	0,7	0,4	0,2	0,0	0,0	0,3

Para la est. 8 (en el Puente Gonzalo de Ocampo, Av. Perimetral, Cumaná) las características fueron completamente diferentes en relación con la est. 7 y entre los dos años; en 1971 el contenido más elevado de 1.050 mg/l se determinó en junio y el más bajo en agosto con 10 mg/l; en 1972 hubo una disminución muy brusca (entre 10 y 90 mg/l) con el valor máximo invariablemente en septiembre.

A continuación expondremos los resultados obtenidos para los análisis bacteriológicos realizados en el río Manzanares en los dos primeros años de observaciones. Así la Fig. 5 muestra la población bacteriana total en las diferentes estaciones en 1971 y 1972 con excepción de las est. 1 y 2. (Tabla 3); la est. 3, en general utilizada como índice del río Manzanares limpio (sin recibir el aporte del río Guasdua) presentó una densidad bacteriana elevada en junio, julio y agosto en 1971 (10^8 , 10^6 y 10^5 col/ml, respectivamente); en los meses restantes hubo poca variación, sin embargo en 1972 esta densidad bacteriana descendió hasta 10^2 y 10^4 col/ml en todos los meses. En la est. 4 cambiaron totalmente las condiciones, al recibir la enorme pro-

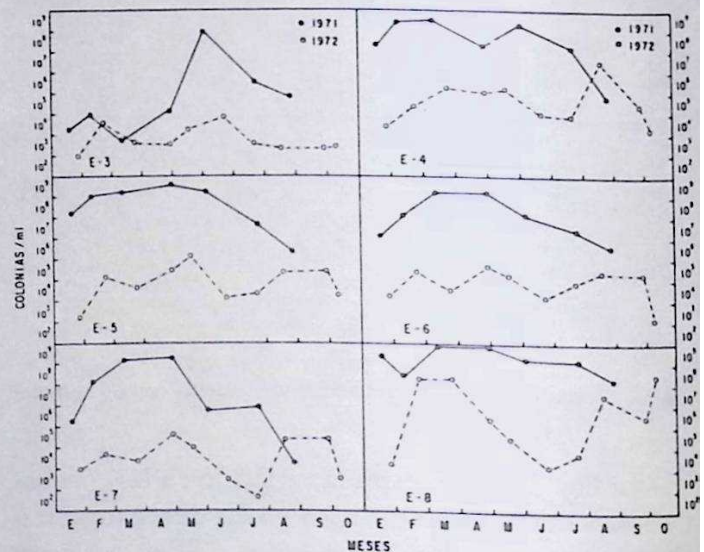


Fig. 5. Variación mensual de la población bacteriana total/ml durante 1971 y 1972.

porción de materia orgánica procedente del Central Azucarero en especial; de forma tal que durante el período de zafra de la caña de azúcar (enero-julio) la concentración total de bacterias se mantuvo elevada en extremo ($10^8 - 10^9$ col/ml) con un valor de 10^5 col/ml en agosto; en 1972 la población bacteriana fue menor con sólo un máximo apreciable (10^7 col/ml) en agosto; en los meses restantes la variación estuvo entre 10^4 y 10^5 col/ml. Las est. 5, 6 y 7, guardaron cierta similitud en la distribución de la población en los dos años, manteniendo una densidad más elevada durante 1971 pero la mayor concentración se observó hacia los primeros meses del año; en 1972 hubo oscilaciones muy irregulares y marcadas. Opuestamente, la est. 8, a pesar de conservar igualmente sus mayores valores en 1971 (10^6 y 10^7 col/ml) presentó características diferentes y las máximas densidades de la totalidad de las estaciones estudiadas; en 1972 la variación fue muy irregular al igual que en las estaciones restantes, pero conservó de igual forma las concentraciones más elevadas desde 10^4 a 10^7 col/ml. En la Tabla 3 se observa que la densidad bacteriana tanto en la est. 1 como en la est. 2 estuvo entre 10^5 y 10^7 col/ml.

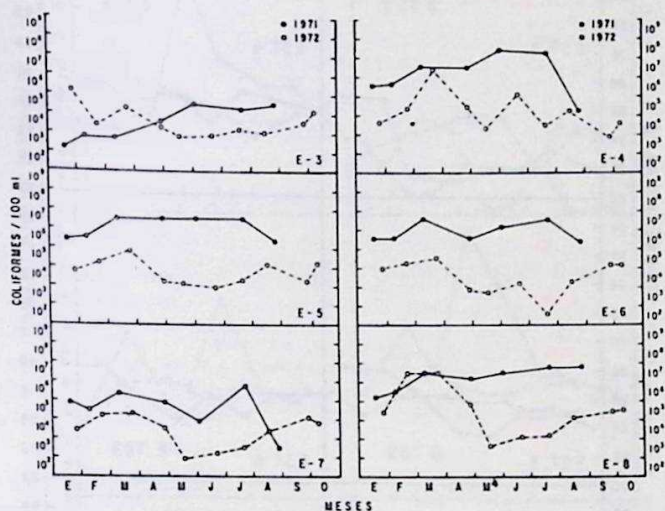


Fig. 6. Variación mensual de la población de coliformes/100 ml durante 1971 y 1972.

Con la finalidad de tener un parámetro comparativo para la contaminación fecal y/o fermentadores de lactosa en general, la Fig. 6 representa la densidad de microorganismos coliformes/100 ml durante los años 1971 y 1972 en las diferentes estaciones del río Manzanares; estos datos corresponden a la prueba de colimetría completa. Los relativos a las est. 1 y 2 se señalan en la Tabla 4 por los motivos mencionados para las

otras variables. La est. 3 reveló una densidad de organismos coliformes ascendente en 1971, mostrando su máximo más notable en el mes de junio, coincidiendo con el inicio de la época de lluvias; en la est. 4 se presentó un fenómeno diferente, aunque con predominio invariable en 1971; el año 1972 no obstante mostró concentraciones elevadas con algunas desigualdades en su distribución. Las est. 5, 6 y 7 presentaron cierta similitud en especial por la mayor población bacteriana en 1971, con excepción del mes de agosto en la est. 7; en 1972 la mayor cantidad de coliformes se observó en la est. 5 durante casi todo el año. En la est. 8 encontramos en los primeros meses de 1972 (febrero y marzo) que hubo una abundancia de coliformes superior a 1971, pero en los meses restantes las condiciones fueron parecidas a las demás estaciones. Se observó además una diferencia apreciable entre los dos años a partir del mes de mayo. La Tabla 4 muestra la fluctuación de la población de coliformes/100 ml que estuvo entre 10^4 y 10^6 coli/100 ml tanto en la est. 1 como en la est. 2.

TABLA 3. VARIACION DE LA POBLACION BACTERIANA TOTAL (Col/ml) EN LAS EST. 1 Y 2 DURANTE LA EPOCA DE ZAFRA (1972)

Est.	Feb.	Marz.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.
1	10^7	10^7	10^7	10^6	10^5	10^5	10^7
2	10^7	10^7	10^7	10^6	10^5	10^6	10^7

TABLA 4. VARIACION DE LOS ORGANISMOS COLIFORMES/100 ml EN LAS EST. 1 Y 2 DURANTE LA EPOCA DE ZAFRA (1972)

Est.	Feb.	Marz.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.
1	10^5	10^6	10^6	10^4	10^4	10^6	10^6
2	10^5	10^6	10^6	10^5	10^4	10^5	10^5

La Tabla 5 nos señala la variación de los valores de pH en el río Manzanares durante algunos meses en 1971 y 1972; se nota principalmente en las est. 4 y 5 en el año 1971 que la fluctuación fue bastante considerable (variando su rango desde marcadamente ácido a fuertemente alcalino). En las estaciones restantes hubo algunos cambios pero no muy bruscos; las oscilaciones en 1972 fueron menos intensas que en el año anterior. A pesar de los datos tan escasos con los cuales se cuenta para inferir algo concreto, podemos observar como en las est. 1 y 2 el pH fue bastante bajo, indicando el aporte de sustancias ácidas o acidificables a la laguna de oxidación del Central Azucarero; aun-

TABLA 5. VARIACIONES DEL pH EN LAS DIFERENTES ESTACIONES DURANTE ALGUNOS MESES DE LOS AÑOS 1971-1972

Meses Nº Est.	1971							1972					
	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	Jun.	Jul.	Ago.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.
1					9.80						2.85		3.00
2					9.60						3.10		3.80
3	6.90	6.40	6.80	8.20	7.10	7.60		7.80			7.85		7.50
4	4.80	3.70	12.80	4.10	10.20	5.90		6.20			4.20		4.50
5	6.00	4.10	10.10	3.90	9.80	5.90		7.10			4.80		6.20
6	6.95	6.10	8.40	5.10	8.00	7.10		7.80			6.10		6.80
7	5.30	7.80	7.20	6.80	7.20	7.30		7.50			6.80		7.10
8	7.80	8.00	7.80	6.00	6.40	8.40		9.00			7.10		9.20

que en otras oportunidades se encontró éste como indicador de grandes aportes de sustancias cáusticas, sin despreciar su modificación debido por ejemplo a la transformación de carbohidratos y mineralización de la materia orgánica.

En la Tabla 6 se indica el porcentaje de los microorganismos que utilizaron los diferentes carbohidratos sembrados en 1971; desde la est. 4 a la est. 8 durante la mayor parte del tiempo se evidenció un elevado aprovechamiento de los azúcares empleados, realizándose una fermentación completa a excepción de las est. 5, 6 y 7 en los meses de julio y agosto, cuando ésta fue menor del 50%.

Como se consideraron los resultados obtenidos durante las observaciones mensuales en 1971 y 1972 suficientes para conocer hasta cierto grado el alcance de la contaminación químico bacteriana del río Manzanares, optamos por continuar los muestreos dos veces por año, referidos a las épocas de sequía y lluvia, que a su vez coincidieran con los períodos de producción y receso del Ingenio Azucarero en Cumanacoa, ya que los otros desechos llegaban y llegan a la masa de agua en forma continua. Esta segunda etapa de la investigación abarcó los años 1973 a 1980 (en las est. 1 y 2 se expresan los diferentes parámetros sólo durante la zafra de la caña de azúcar); la Fig. 7 nos muestra las diferentes temperaturas registradas anualmente en todas las estaciones estudiadas en ambos períodos (sequía y lluvia). En las est. 1 y 2 las temperaturas fueron bastante elevadas sobre todo en la est. 1 donde llegaron hasta 36,8 °C; en la est. 2 se observó cierto descenso con un valor máximo equivalente a 32,8 °C; a pesar de ello se mantuvieron relativamente elevadas. Las est. 3, 4, 5 y 6 conservaron cierta similitud, no obstante la est. 3 registró temperaturas superiores en la época de lluvias en la mayoría de los años;

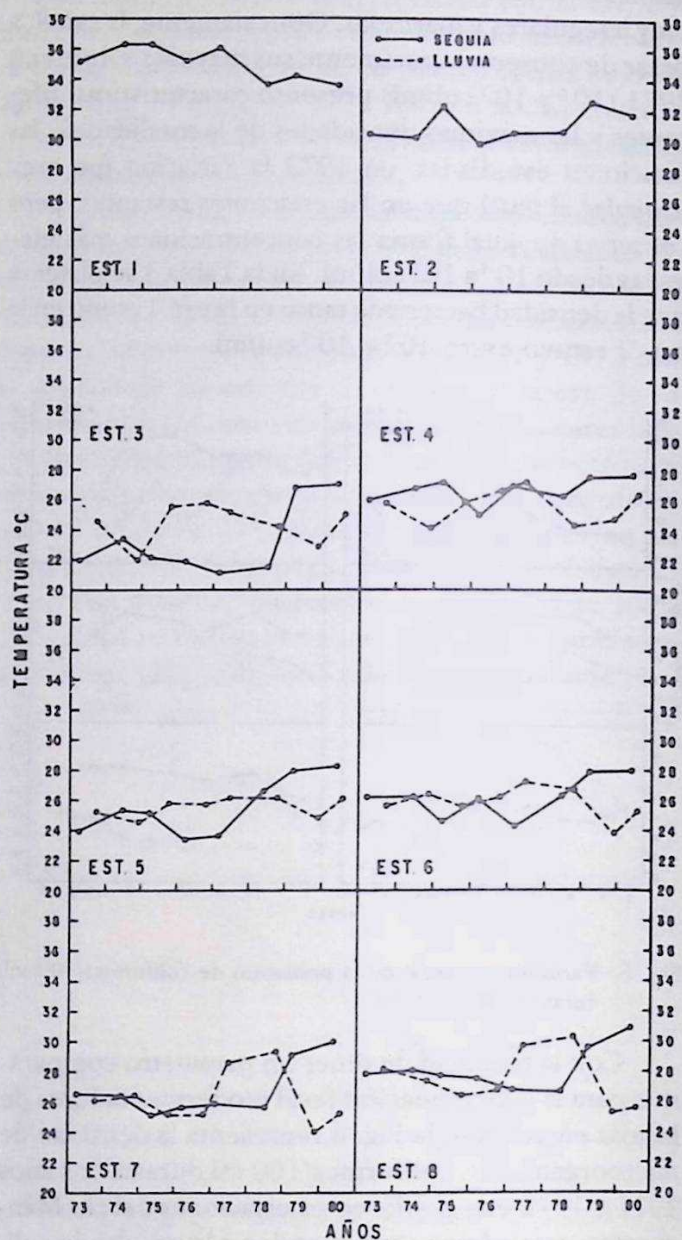


Fig. 7. Variación de la temperatura (°C) durante los períodos de sequía y lluvia desde 1973 hasta 1980.

sin embargo, las est. 7 y 8 fueron muy semejantes en los períodos y años de observación.

La Fig. 8 explica el contenido de oxígeno disuelto desde 1973 a 1980. En la est. 1 se encontró hasta 3 mg/l de O_2 sin embargo, en la est. 2 éste no se detectó por métodos químicos entre 1973 y 1980. La est. 3 indicó concentraciones de oxígeno bastante elevadas, especialmente en la época de sequía, con un máximo de 16 mg/l en 1976. En el período de lluvias los valores oscilaron entre 7 y 9 mg/l. La est. 4 opuestamente, presentó en algunos años, su mayor contenido de oxígeno en la época de lluvias con excepción de los años 1976, 1977 y 1980; pero se puede decir que la

fluctuación de este parámetro en este punto de observación estuvo entre 0 y 7 mg/l en lluvias y de 0-5 mg/l en sequía, sin embargo, los valores no se pueden considerar elevados. La est. 5 tuvo una variación bastante irregular tanto en lluvia como en sequía (entre 5,5 mg/l y 10 mg/l en la época de lluvias y 5,5 mg/l a 14 mg/l en sequía) las est. 6 y 7 presentaron cierta semejanza tanto en las dos épocas como en la forma de variación, alcanzando ambas estaciones niveles máximos de 19 y 18 mg/l, respectivamente.

TABLA 6. PORCENTAJES DE UTILIZACION DE CARBOHIDRATOS DURANTE 1971

	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	Jun.	Jul.	Ago.
Est. 1					100		
Est. 2					100		
Est. 3	17,8	6,6	10,3	10	30	1	3
Est. 4	100	100	98	100	100	80	50
Est. 5	95	100	100	100	100	10	10
Est. 6	90	100	89	100	100	20	20
Est. 7	92	70	80	99	100	5	20
Est. 8	98	100	91	100	100	90	100

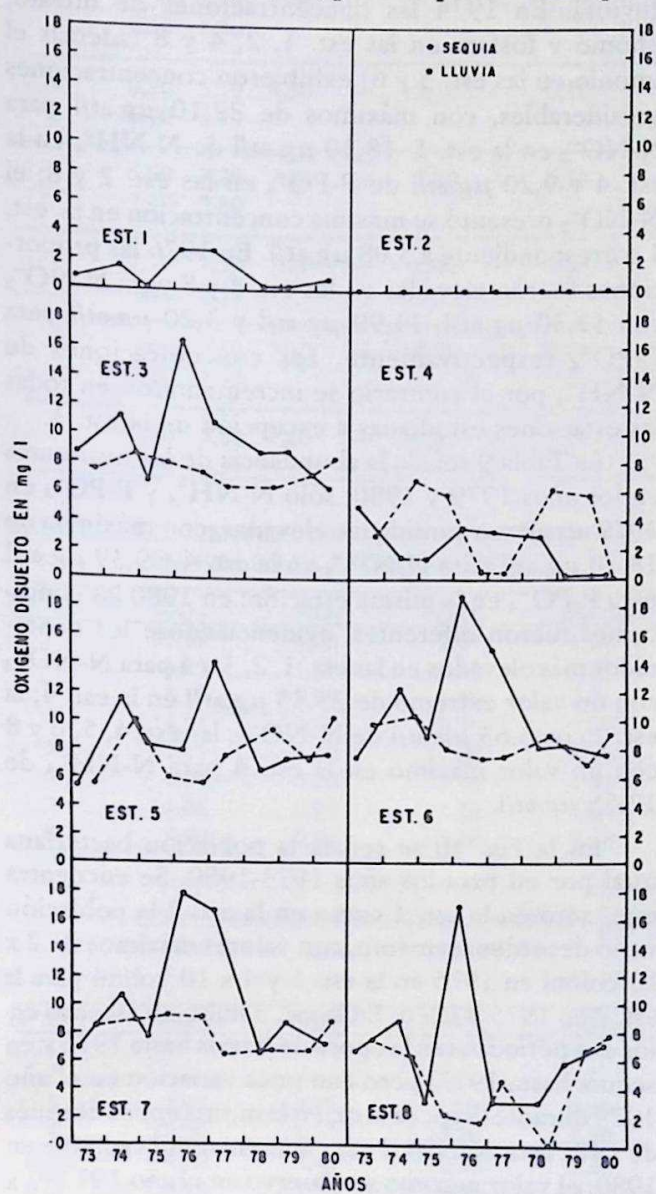


Fig. 8. Variación del oxígeno disuelto (mg/l) durante los períodos de sequía y lluvia desde 1973 hasta 1980.

Para la est. 8 las características cambiaron, pero siempre mantuvieron un valor elevado en 1976 durante el tiempo de sequía de 17 mg/l; en la estación lluviosa no llegó a detectarse oxígeno disuelto en 1978; para 1975 y 1976 las concentraciones del mismo fueron muy bajas.

Continuando con la representación de las distintas variables la Fig. 9 señala la Demanda Bioquímica de Oxígeno ($D.B.O_5$) en los dos períodos estudiados. Las est. 1 y 2 tuvieron comportamientos totalmente dispares, entendiéndose que la capacidad de depuración de la laguna de oxidación del Ingenio Azucarero fue disminuyendo con los años, hasta alcanzar en 1980 la est. 2 una $D.B.O_5$ de 4.080 mg/l a pesar de que la est. 1 arrojó 98 mg/l. A diferencia, la est. 2, llegó a su mínimo valor (133 mg/l) en 1974, fecha para la cual, como se puede notar, la laguna funcionó a cabalidad, pues la est. 1 en ese momento mostró una $D.B.O_5$ de 1.266 mg/l. La est. 3, sin indicios aparentes de contaminación cercanos, sistemáticamente no arrojó una $D.B.O_5$ apreciable en sequía ni lluvias. La est. 4 opuestamente, en la temporada de sequía, desde 1973 a 1977 presentó un ascenso (hasta 480 mg/l) luego un valor mínimo de 220 mg/l en 1978, para aumentar nuevamente en los años subsiguientes; durante la estación lluviosa, la $D.B.O_5$ fue muy irregular, con contenidos muy elevados (4.175 mg/l en 1977 y 1.565

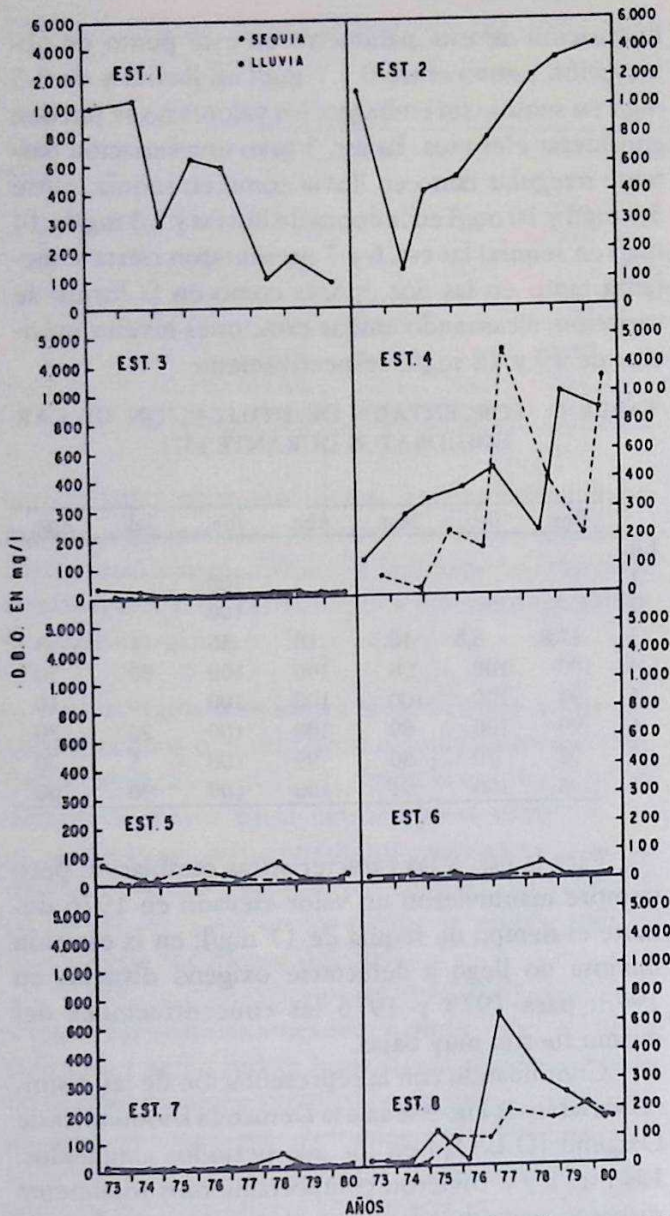


Fig. 9. Variación de la demanda bioquímica de oxígeno (mg/l) durante los períodos de sequía y lluvia desde 1973 hasta 1980.

mg/l en 1980) estos máximos en períodos de receso del Central Azucarero de Cumanacoa nos indican que la laguna de oxidación de las aguas servidas de la misma población están contribuyendo altamente al deterioro del río Guasdua. Las est. 5, 6 y 7 se comportaron de forma análoga con una D.B.O₅ relativamente baja (entre 60 y 75 mg/l); en la est. 8 durante los primeros cuatro años la D.B.O₅ fue inferior a 100 mg/l en ambos períodos, salvo 1975 en la época seca cuando llegó a 120 mg/l; en la misma época durante 1977 se obtuvo un valor máximo de 668 mg/l; los años siguientes presentaron un descenso relativamente moderado hasta 1980 cuando la D.B.O₅ fue de 166

mg/l; durante la estación lluviosa se observó poca variación.

La Tabla 7 presenta los cambios en los valores del pH en algunos años y en las distintas épocas (sequía y lluvia) se puede decir que principalmente en 1977 el pH mostró valores evidentemente alcalinos en todas las estaciones estudiadas; los años restantes no indicaron una variación tan notable, sin embargo, hubo cambios de pH entre estaciones en los diferentes años. Por otro lado, la Tabla 8 nos indica el contenido de los diferentes nutrientes en las estaciones observadas para la época de sequía en 1974 y en 1976 durante la época lluviosa. En 1974 las concentraciones de nitrato, amonio y fosfato en las est. 1, 2, 4 y 8 (además el amonio en las est. 5 y 6) exhibieron concentraciones considerables, con máximos de 22,10 $\mu\text{g.at/l}$ para N-NO_3^- en la est. 1, 18,30 $\mu\text{g.at/l}$ de N-NH_4^+ en la est. 4 y 9,20 $\mu\text{g.at/l}$ de P-PO_4^{3-} en las est. 2 y 8; el N-NO_2^- presentó su máxima concentración en la est. 1 correspondiente a 3,08 $\mu\text{g.at/l}$. En 1976 las proporciones fueron elevadas en las est. 4 y 8 para N-NO_3^- con 12,30 $\mu\text{g.at/l}$, 11,90 $\mu\text{g.at/l}$ y 3,20 $\mu\text{g.at/l}$ para P-PO_4^{3-} respectivamente. Las concentraciones de N-NH_4^+ por el contrario se incrementaron en todas las estaciones estudiadas a excepción de la est. 3.

La Tabla 9 señala la abundancia de los nutrientes en los años 1979 y 1980; sólo N-NH_4^+ y P-PO_4^{3-} en 1979 arrojaron cantidades elevadas, con máximos de 18,20 $\mu\text{g.at/l}$ para N-NH_4^+ en la est. 4 y 9,39 $\mu\text{g.at/l}$ para P-PO_4^{3-} en la misma estación; en 1980 las condiciones fueron diferentes, evidenciándose los contenidos más elevados en las est. 1, 2, 3 y 4 para N-NO_3^- con un valor extremo de 25,35 $\mu\text{g.at/l}$ en la est. 4; la est. 2 con 3,63 $\mu\text{g.at/l}$ de N-NO_2^- , las est. 4, 5, 6 y 8 con un valor máximo en la est. 4 para N-NH_4^+ de 17,55 $\mu\text{g.at/l}$.

En la Fig. 10 se señala la población bacteriana total por ml para los años 1973-1980. Se encuentra que tanto en la est. 1 como en la est. 2 la población varió desordenadamente, con valores máximos de 2×10^7 col/ml en 1976 en la est. 1 y 4×10^7 col/ml para la est. 2 en 1975 y 1976. En la est. 3 hubo un ascenso en los dos períodos (en la época de lluvias hasta 1976 y en sequía hasta 1977) pero con poca variación en el año 1973 durante la época seca; en la misma época después de 1977 esta desciende para aumentar nuevamente en 1980; el valor máximo se observó en el año 1977 (7×10^5 col/ml). Durante el período lluvioso se registró una disminución en 1977; luego aumentó de nuevo,

disminuyendo en 1980, la concentración más elevada para este período, fue de 2×10^6 col/ml en 1979.

TABLA 7. VARIACION DE LOS VALORES DE pH DURANTE DIFERENTES AÑOS Y EN DISTINTAS EPOCAS EN EL RIO MANZANARES. (s) LOS VALORES SUPERIORES CORRESPONDEN A LA ESTACION SECA

AÑOS	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980
Nº Est. (s)								
1	2,80	3,20	5,20	—	11,20	—	5,80	—
2	3,20	2,80	4,80	—	11,40	—	5,90	—
3	7,50 7,80	7,60 7,70	7,00	—	7,80	—	7,20	7,35
4	6,20 6,90	5,10 6,20	6,80	—	10,10	—	6,10	6,75
5	6,90 7,10	7,20 7,80	7,40	—	7,20	—	6,30	7,45
6	7,10 7,20	7,30 7,50	7,10	—	8,00	—	6,80	7,35
7	7,00 7,10	7,10 7,30	7,30	—	8,10	—	8,40	7,50
8	6,60 6,80	5,80 4,30	7,60	—	11,40	—	9,30	7,60

TABLA 8. CONCENTRACION DE NUTRIENTES EN $\mu\text{g.at/l}$ EN 1974 EN LA ESTACION SECA

Nº Est.	NO_3^-	NO_2^-	NH_4^+	PO_4^{3-}
1	22,10	3,08	2,04	3,50
2	6,15	1,07	5,30	9,20
3	2,30	0,09	1,40	2,03
4	14,13	2,10	18,30	7,80
5	1,15	1,30	12,20	4,20
6	1,08	0,10	6,10	2,40
7	1,06	0,95	3,40	3,80
8	3,90	0,90	9,10	9,20

CONCENTRACION DE NUTRIENTES EN $\mu\text{g.at/l}$ EN 1976 EN LA ESTACION LLUVIOSA

Nº Est.	NO_3^-	NO_2^-	NH_4^+	PO_4^{3-}
1	—	—	—	—
2	—	—	—	—
3	1,08	0,85	1,88	0,90
4	12,30	3,20	20,20	7,80
5	4,85	2,40	16,30	2,20
6	4,20	1,10	8,35	0,30
7	2,09	1,00	5,40	1,10
8	11,90	3,50	10,02	6,20

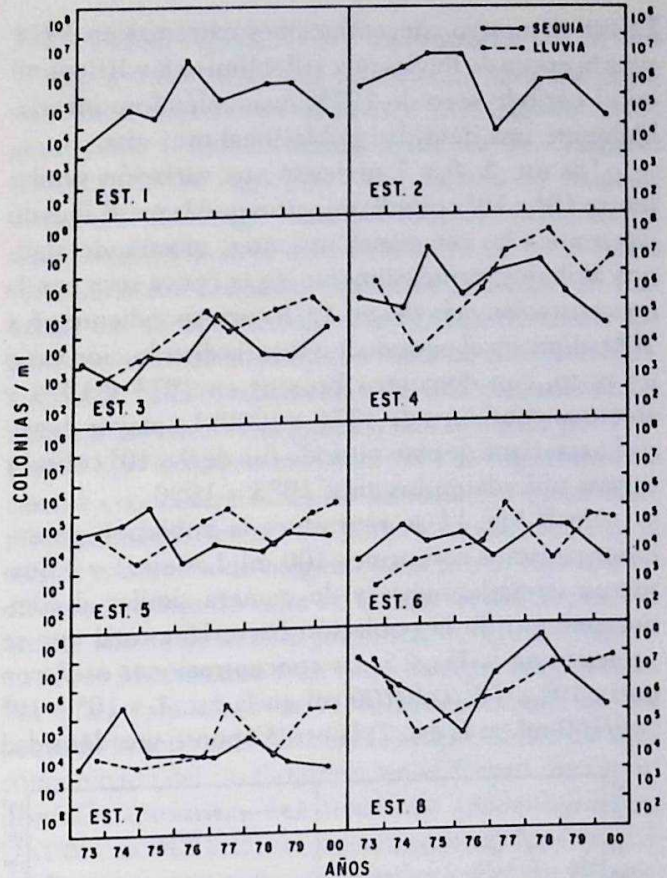


Fig. 10. Variación de la población bacteriana total/ml durante los períodos de sequía y lluvia desde 1973 hasta 1980.

TABLA 9. CONCENTRACION DE NUTRIENTES EN $\mu\text{g.at/l}$ EN LA ESTACION LLUVIOSA EN 1979

Nº Est.	NO_3^-	NO_2^-	NH_4^+	PO_4^{3-}
1	—	—	—	—
2	—	—	—	—
3	1,70	0,18	1,48	0,32
4	0,61	0,64	18,20	9,39
5	—	—	—	—
6	1,14	0,52	6,40	1,66
7	0,55	0,68	3,10	1,42
8	0,29	0,90	9,80	1,90

TABLA 10. CONCENTRACION DE NUTRIENTES EN $\mu\text{g.at/l}$ EN 1980 EN LA ESTACION SECA

Nº Est.	NO_3^-	NO_2^-	NH_4^+	PO_4^{3-}
1	17,04	1,17	1,03	2,57
2	20,07	3,63	2,19	10,08
3	8,09	0,94	2,13	1,03
4	25,35	1,59	17,55	15,80
5	0,63	0,27	10,29	4,62
6	1,12	0,11	5,38	0,50
7	2,10	0,25	3,41	0,34
8	4,15	0,24	6,15	0,47

La est. 4 mostró concentraciones extremas en 1978 para la época de lluvias (4×10^8 col/ml) y 8×10^7 col/ml en el período seco de 1975, manteniéndose invariablemente una densidad poblacional muy alta.

Las est. 5, 6 y 7 tuvieron una variación similar (entre 10^3 y 10^6 col/ml); mientras que la est. 8 fluctuó diferente a las estaciones restantes, mostrando algunos altibajos, principalmente en la época seca con la concentración más alta en 1978 correspondiente a 6×10^8 col/ml; en el período lluvioso, la distribución varió un poco, con descensos bruscos en 1973 y 1974 y ascensos continuos de 1976 a 1980. La mayor densidad bacteriana de este período fue de 9×10^7 col/ml y estuvo ubicada en los años 1973 y 1980.

En la Fig. 11 se reproduce la población de microorganismos coliformes/100 ml. Las est. 1 y 2 fluctuaron irregularmente y de manera similar al comportamiento de la población bacteriana total que se presentó en la Fig. 15; las concentraciones oscilaron entre 10^3 y 10^7 col/100 ml en la est. 1 y 10^4 a 10^6 col/100 ml en la est. 2; la est. 3 apuntó una densidad

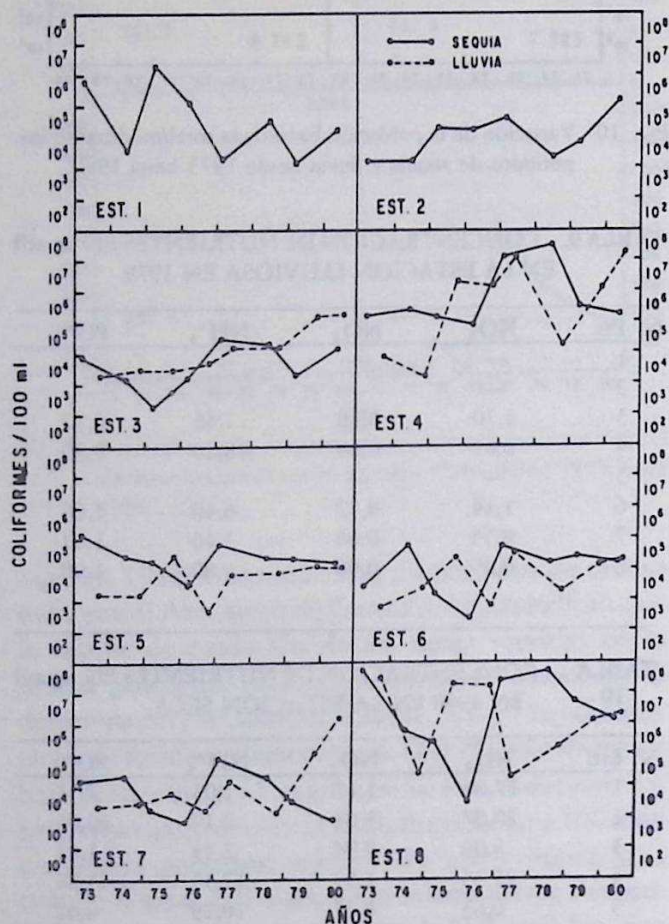


Fig. 11. Variación de coliformes/100 ml durante los períodos de sequía y lluvia desde 1973 hasta 1980.

de coliformes como sigue: en el período seco descendió desde 9×10^4 col/100 ml en 1973 a 3×10^3 col/100 ml en 1975; luego aumentó nuevamente en 1980 una densidad equivalente a 10^5 col/100 ml; en la estación lluviosa se observó un aumento moderado, desde 3×10^4 col/100 ml en 1973 hasta 2×10^6 col/100 ml en 1980. La est. 4, como es de suponer, mantuvo una población de coliformes muy elevada, aunque bastante superior en el período de sequía debido lógicamente a lo deficiente del flujo de agua en ese período; esta densidad poblacional abarcó desde 9×10^4 col/100 ml en 1973 hasta 2×10^8 col/100 ml en 1980 constituyendo este último el valor máximo de la época de lluvias; y desde 9×10^5 col/100 ml en 1973, hasta 2×10^6 col/100 ml en 1980, alcanzando la densidad más elevada en 1978, cuando llegó a 5×10^8 col/100 ml en sequía. Las est. 5, 6 y 7 presentaron concentraciones similares en especial las est. 6 y 7, excepto los años 1979 y 1980 en la est. 7 en la época lluviosa, cuando hubo aumentos aislados que alcanzaron 2×10^6 col/100 ml y 2×10^7 col/100 ml; pero en general el número de organismos se mantuvo entre 10^3 y 10^6 col/100 ml en las tres estaciones. Las est. 4 y 8 conservaron características semejantes en ambas etapas; mostrando la época seca un mínimo de 5×10^4 col/100 ml en 1976 y un máximo de 8×10^8 col/100 ml en 1973 y 1980; en el ciclo lluvioso el valor extremo se registró en 1973 (5×10^8 col/100 ml) y el menor de 2×10^5 col/100 ml en 1977.

Las especies bacterianas identificadas durante el presente estudio en orden de abundancia fueron las siguiente: *Escherichia coli*; *Escherichia freundii*; *Escherichia sp*; *Proteus vulgaris*; *Proteus mirabilis*; *Proteus sp*; *Salmonella sp*; *Shigella sp*; *Pseudomona aeruginosa*; *Pseudomona sp*; *Enterobacter cloacae*; *Klebsiella pneumoniae*; *Enterobacter sp*; *Vibrio sp*. Otras cepas aisladas y purificadas no se lograron identificar con el uso de las claves bioquímicas utilizadas en la presente investigación y en su gran mayoría se comportaron como microaerófilas.

DISCUSION

MEANO (1979) expresa que curso de agua es "Toda masa de agua que corre por un lecho determinado" y posteriormente el mismo autor cita el concepto de Río según Merlin como "Conjunto de agua que corre en un lecho de un ancho y una extensión más o menos considerable". De acuerdo con MARIENHOFF (1939) río es "Todo curso natural de agua más o menos

considerable, de caudal perenne." En tales circunstancias y aplicando estas definiciones a nuestro caso particular encontramos que en el río Manzanares el caudal ha ido disminuyendo grandemente con el tiempo, motivado principalmente a las talas y quemas en la zona protectora y todo su cauce, en especial durante los meses de sequía, época que coincide con la zafra de la caña de azúcar en la región, por ende con un mayor aporte de contaminantes. Por ejemplo el gasto aproximado del río Manzanares en 1970 fue de $650 \times 10^6 \text{ m}^3$ y en 1980 sólo alcanzó $450 \times 10^6 \text{ m}^3$ esto contribuye en gran parte a que la degradación del río Manzanares se halla incrementado con los años. En otro sentido la magnitud de este deterioro de acuerdo con los resultados obtenidos puede abarcar diferentes fases: a) Cuando los desechos industriales del Ingenio Azucarero de la población de Cumanacoa eran lanzados directamente al río Guasdua a la altura de la "Hacienda Montalbán" y luego cuando tales desechos se vertían a una "Ciénaga" construida para esos fines. Esta primera fase se consideró hasta el año 1971 y fue donde se encontraron más alteradas las condiciones naturales de la masa de agua del río Manzanares en toda la investigación realizada (esto no implica menos deterioro en el río en las subsiguientes etapas). b) Una segunda fase, cuando los residuos del procesamiento de la caña de azúcar eran descargados con antelación a una laguna de oxidación construida por el Instituto para el Fomento de la Productividad Azucarera (I.F.P.A.) en 1971 pero que comenzó a funcionar como tal en los primeros meses de 1972; ese período abarcó desde 1972 a 1975. c) La tercera etapa se puede situar desde 1975 hasta 1980 (no obstante, fue en 1974 cuando se iniciaron las descargas domésticas de la población de Cumanacoa hacia una laguna de oxidación que luego fluían al río Guasdua).

El volumen de los desechos totales sí varía con los períodos de producción y receso del Central Azucarero y aumenta anualmente debido a la continua disminución del caudal del río Manzanares; además de la descarga cloacal de Cumanacoa, que cuenta con una población aproximada de 30.000 habitantes. La masa de agua del río Guasdua antes de recibir estas descargas era clara e inodora, posteriormente se tornó de color gris-negro y olor fermentativo; algo similar ocurrió con el río Manzanares que de aspecto terroso con finas partículas en suspensión, después de su confluencia con el río Guasdua adoptó una apariencia de desechos crudo, de olor nauseabundo con abundante espuma y "cachaza" en la superficie del agua. LOPEZ &

FERNANDEZ (1966, 1967) encontraron en el río Guasdua concentraciones elevadas de material orgánico (32,2 mg/l de carbohidratos, 18,2 mg/l de nitrógeno total y una Demanda Química de Oxígeno (D.Q.O) de 24 mg/l junto con valores de oxígeno disuelto de 0,06 mg/l y una D.B.O₅ correspondiente a 2.800 mg/l). Hacia el mes de febrero de 1971 hubo contaminación del agua potable de la ciudad de Cumaná; en tal oportunidad los valores de todos los parámetros estudiados fueron bastante considerables, indicando señales alarmantes de una contaminación bastante severa al relacionarlos con lo citado por DYBERNT (1974). Durante el año 1971 se registraron las mayores concentraciones de las variables estudiadas, principalmente de enero a julio, acompañadas con el menor contenido de oxígeno disuelto; lo cual coincidió con la época de zafra de la caña de azúcar; en ese mismo año se detectó la presencia de peces muertos en el río Manzanares y un flujo de agua muy escaso. Por ello, para observar el comportamiento de los peces de la zona ante diferentes proporciones de agua contaminada del río Guasdua, en el Depto. de Oceanografía Química, del Instituto Oceanográfico, OKUDA, LOPEZ y el autor realizaron algunos experimentos con ejemplares capturados en el río Manzanares (Tabla 10).

En 1972, cuando comenzó el funcionamiento de la mencionada laguna de oxidación del Ingenio Azucarero en Cumanacoa, el aspecto general del río Manzanares presentó un cambio favorable, al compararlo con el año anterior; no obstante, en los meses de mayo y julio de ese año se registró una D.B.O₅ elevada (752 mg/l y 1.667 mg/l, respectivamente) ocasionados por una descarga súbita de un millón de litros de material que contenía varias toneladas de azúcar, por la contaminación accidental de un enfriadero del Central Azucarero (OCHOA, 1971). Del mismo autor se tomaron las características de esta laguna: 250 m de largo; 85 m de ancho; 2,40 m de profundidad mínima y 3,40 m de profundidad máxima, una superficie aproximada de 2 hectáreas, capacidad para 43×10^6 litros y cuatro aereadores de 25 H.P. cada uno, con un radio de acción de 40 m y 8 pulgadas de profundidad; durante los tres primeros años su funcionamiento fue bastante satisfactorio según las concentraciones de los parámetros registrados a la entrada y salida de la misma. A partir de 1976 el aspecto y contenido de los ríos Guasdua y Manzanares experimentaron un nuevo cambio, específicamente en 1977, en la época de lluvias se encontró una D.B.O₅ de 4.175 mg/l por otro

TABLA 10. COMPORTAMIENTO DE ALGUNOS PECES ANTE DIFERENTES PROPORCIONES DE AGUA CONTAMINADA

% de agua contaminada	Nº de Ejemp.	O ₂ ml/l inicial	O ₂ ml/l final	Temp. °C	Observaciones
0	5	4,82	3,30	27,4	Durante 7 horas no se observó muerte de ningún ejemplar.
25	5	3,46	1,20	28,4	Durante 7 horas no se observó muerte de ningún ejemplar.
50	5	2,00	0,06	29,0	Después de los 10 minutos se observó muerte de un ejemplar.
75	5	1,50	0,00	30,2	Se observó la muerte de dos ejemplares a los 6 y 28 minutos respectivamente.
100	3	0,00	0,00	29,4	Después de dos minutos se observó la muerte de todos los ejemplares.

lado se observó el crecimiento de gusanos que luego evidenciamos como fermentadores de azúcares, además del desarrollo exagerado en los medios de cultivo de larvas de moscas, mosquitos y zancudos, lo que nos demuestra positivamente el no funcionamiento o fallas en el mantenimiento de las lagunas de oxidación tanto de las aguas servidas de la población de Cumanacoa, la cual en ningún momento ha funcionado como tal, ya que su construcción no ha reunido los requisitos mínimos para un tratamiento primario (CUBILLOS, 1971) como de los desechos industriales del Central Azucarero de la misma población; el mantenimiento de esta última ha sido nulo desde 1976 hasta 1980, a tal extremo que se suprimió el acceso a la misma con inmensas cantidades de bagazo de la caña de azúcar, impidiendo así su mantenimiento y control; por ejemplo, para 1978 sólo funcionaban dos aereadores, incapaces de suministrar oxígeno suficiente para transformar la gran cantidad de materia orgánica degradable. Una verdadera laguna de oxidación debe poseer tres estanques separados con el fin de que la D.B.O₅ y la transformación de algunos compuestos difíciles de estabilizarse se realice en dicha laguna y no en la masa de agua receptora (WARREN, 1971), en caso contrario descende el contenido de oxígeno disuelto en el agua y aumentan las proporciones de los otros parámetros que se analizan de manera alarmante; en consecuencia, el cuerpo de agua pierde sus características como tal (WANG & EVANS, 1970).

Las variaciones tan súbitas en los valores del pH fueron inherencia específica del Central Azucarero

cuando descargaba grandes proporciones de ácidos y cáusticos en forma incontrolada.

En relación con las elevadas concentraciones de los elementos "nutrientes" tales como: NO₃⁻, NH₄⁺ y PO₄⁻ y la elevada población de bacterias coliformes se debieron principalmente a la gran cantidad de material fecal que ha venido soportando el río Manzanares, provenientes de una población de 30.000 habitantes sin incluir los caseríos ubicados a las márgenes del mismo. Según cálculos de BRISOU (1968) cada ser humano elimina anualmente 32 kg de material fecal y 438 l de orina; esto multiplicado por la población de Cumanacoa, más los caseríos aledaños a los ríos de la cuenca del Manzanares nos daría el volumen exacto de detritos domésticos que recibe y transforma este río. Debe considerarse además la cuota tan elevada que conforma el remanente del procesamiento de la caña de azúcar. También sería muy interesante anotar, aunque ha sido tema de discusión bastante amplio (MORA *et al*, 1967; LEMUS & BASTARDO, 1972; FERNANDEZ, 1973; ALVARADO, 1976 y 1979), el aporte al litoral cumanes y áreas adyacentes de la gran cantidad de material en suspensión de naturaleza tan variada derivada del río Manzanares.

Las especies bacterianas aisladas durante la investigación fueron en su totalidad negativas a la coloración de Gram y correspondieron principalmente a los géneros *Escherichia*, *Proteus*, *Salmonella*, *Shigella*, *Pseudomonas* y *Enterobacter*; en su gran mayoría las especies de estos géneros causan afecciones a la fauna

acuática y marina, al ser agentes etiológicos de numerosas enfermedades (LEMUS & BASTARDO, 1972; CASTELLVI, 1974; GELDREICH 1975 y FERNANDEZ, 1975).

AGRADECIMIENTOS

El autor desea agradecer a todas aquellas personas que de una u otra forma contribuyeron a la realización de este trabajo en especial al Sr. WILFREDO PATIÑO, cuya intervención fue fundamental para lograr los objetivos del mismo. A todo el personal del Departamento de Oceanografía Química del Instituto Oceanográfico de Venezuela su inmensa gratitud.

REFERENCIAS

- AARONSON, S. 1970. *Experimental Microbial Ecology*. Academic Press, New York and London, 236 p.
- ALVARADO, E. 1976. Algunas observaciones sobre la descarga de nitrógeno del río Manzanares, Cumaná, Venezuela. Tesis presentada para optar al Grado de Magister Scientiarum en Ciencias Marinas, Inst. Oceanogr. Univ. Oriente. 53 p.
- . 1979. Algunas observaciones sobre la concentración de fosfato en el río Manzanares. Trabajo de Grado Presentado como requisito previo para optar al título de Lic. en Educación mención Química Esc. Humanid. y Educ. Univ. Oriente. 34 p.
- A.P.H.A., A.W.W.A. & W.P. C.F. 1963 y 1972. *Métodos estandard para examen de aguas y aguas de desecho* (Ed.) Interamericana S.A. México 1-598 p. y 1-720 p.
- BERGEY, H.D. 1974. *Manual of Determinative Bacteriology*. 8va. edición Williams & Wilkins Company. Baltimore. 1286 p.
- BRISOU, J. 1968. La pollution microbienne virale et parasitaire des eaux littorales et ses consequences pour la santé publique *Bull. Org. Mond. Santé* 38: 79-118.
- CASTELLVI, J. 1973. Programa sobre el estudio de la contaminación litoral y los mecanismos de autodepuración. Barcelona, España. 45 p.
- . 1974. Contaminación de aguas litorales por gérmenes patógenos. *Rev. Las Ciencias*, 39 (5): 1-6.
- CUBILLOS, A. 1981. Lagunas de estabilización. *Serie Ambiente y Recursos Naturales Renovables*. AR-15-205p.
- DYBERNT, B.I. 1974. Water Pollution a problem with global dimensions. *Ambio*, 3 (3-4): 139-145.
- FERNANDEZ, E. 1971. Algunos aspectos sobre la contaminación del río Manzanares por desechos industriales. IX Reunión de Lab. Mar. Ins. del Caribe Cumaná. Resumen, p. 19.
- . 1973. Algunas observaciones sobre la contaminación de las aguas costeras en la ciudad Cumaná, Venezuela *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente*. 12 (1): 23-32.
- . 1975. Contaminación Microbiológica 3er. Curso. F.A.O. S.I.D.A. sobre contaminación de las aguas, Lima, Perú F.A.O./S.I.D.A., T.F. 9343 supl. 1: 148-154.
- GELDREICH, E. 1975. Microbiology of water. *J. Water Poll. Contr. Feder.* 47 (6): 1546-1558.
- GONZALEZ, I. 1980. *El ecocidio del Manzanares*. (Ed.) La Primogénita E.A.P. N° 1, 45 p.
- LEMUS, R. & J. BASTARDO, 1972. Enterobacterias en las aguas del río Manzanares de Cumaná, Edo. Sucre, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente*. 11 (2): 107-114.
- LOPEZ, M. & E. FERNANDEZ, 1966. Informe sobre la mortandad de peces en el río Manzanares ocurrida los días 7 y 8 de abril de 1966, para el M.A.C. y el I.F.P.A. 1-5 p.
- . 1967. Nota preliminar sobre la contaminación de las aguas de los ríos Guasdua y Manzanares originada por los desechos del Central Cumanacoa (Edo. Sucre). Presentado a la XVII Convención Anual de AsoVac Caracas, Venezuela.
- MARIENHOF, M.S. 1939. *Régimen y Legislación de las aguas públicas y privadas*. Buenos Aires. 116 p.
- MEANO, F. 1979. *Régimen legal de las aguas en Venezuela*, Caracas 323 p.
- MORA, C., M. LOPEZ & T. OKUDA, 1967. Algunas observaciones hidrobiológicas de las costas de Cumaná, *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente*, 6 (2): 303-327.
- MOSSEL, D. & F. QUEVEDO, 1967. Control microbiológico de alimentos (métodos recomendados), *Univ. Nac. San Marcos. Lima Perú. Cleiba* N° 1, 1-95 p.

- OCHOA, J.M. 1971. Problemática del manejo de aguas naturales, industriales y cloacales en los Centrales Azucareros, *Informe N° 55 del Serv. de Hidrología y Riego I.F.P.A.* Barquisimeto, 136. p.
- . 1971. Contaminación del río Manzanares y laguna de oxidación Central Cumanacoa. *Ibid*, 21 p.
- OKUDA, T. & R. NOBREGA, 1960 a Estudio da Barra das Jangadas I. Distribuição o movimento de clorinidade. Quantidade de corrente. *Trab. Inst. Bio. Mar. e Ocean. Univ. Recife. Rep.* N° 2
- OKUDA, T., L. CAVALCANTI & M. BORBA, 1960 b. Estudio da Barra das Jangadas. II. Variação de pH, oxígeno dissolvido e consumo de permanganato durante o año. *Inst. Biol. Mar. Ocean. Univ. Recife* N° 3.
- . 1960 c. Estudio da Barra das Jangadas. III. Variação de nitrógeno e fosfato durante ano. *Trab. Inst. Biol. Mar. Ocean. Univ. Recife.* 2 (1): 207-218.
- OKUDA, T., E. FERNANDEZ & J. BONILLA, 1970. Informe técnico enviado al Central Azucarero de Cumanacoa, 5 p. 2 Tabs.
- PEREZ, J.M., 1980. *La polución de las aguas marinas* (Ed.) Omega Barcelona, España. 250 p. 19 láms.
- SCHNEIERSON, S. 1970. *Atlas de diagnóstico microbiológico.* Abbott Lab. 1-79 p.
- STRICKLAND, J.D.H. & T.R. PARSON, 1972. A practical handbook of seawater analysis. Bull. 167, *Fish. Res. Bd. Can.* Ottawa. 203 p.
- UROSA, L.J. & E. FERNANDEZ, 1981. *El hombre contra el Golfo.* (Ed.) La Primogénita, Cumaná, Venezuela, 1-45 p.
- WANG, W. & R. EVANS, 1970. Dynamics of nutrients concentration in the Illinois River. *J. Water, Poll. Contr. Fed.* 42 (12); 2116-2129.
- WARREN, CH, 1971. *Biology and Water Pollution Control.* (Ed) W.B. Saunders Company 434 p.

(Manuscrito recibido el 18 de diciembre de 1984.)

EVELYN R. GAUTHIER G.