

Luis A. Boscán F.
Fausto Capote F.
José Farías

CONTAMINACION SALINA DEL LAGO
DE MARACAIBO: EFECTOS EN LA CALIDAD
Y APLICACION DE SUS AGUAS

UNIVERSIDAD DEL ZULIA
Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico
CONDES
Maracaibo-Venezuela
1973

CONTENIDO

Capítulo	Página
I INTRODUCCION	11
Contaminación salina del Lago	13
Otros tipos de contaminación	16
Objetivos del trabajo	17
II MATERIAL Y METODOS	17
III RESULTADOS Y DISCUSION	19
Contaminación salina del Lago	19
Calidad del agua del Lago	21
Otros tipos de contaminación	24
Descargas cloacales	24
Sedimentos del dragado	25
Contaminación petrolera	25
RESUMEN	28
CUADROS DE RESULTADOS	30-35
REFERENCIAS	35

LISTA DE CUADROS

Cuadro No.	Página	
1	Ubicación de las estaciones y fecha de recolección de las muestras de agua del Lago de Maracaibo.	30
2	Valores de la concentración de cloruros encontrados por diversos investigadores en muestras de agua del Lago de Maracaibo, recolectadas en diferentes épocas, expresadas en mg/L.	30
3	Valores de la salinidad (sólidos disueltos) y de la concentración de cloruros (Cl ⁻) encontrados por los autores en muestras de agua del Lago de Maracaibo recolectadas a 1 m de profundidad en 1968-72, expresados en mg/L.	31
4	Resultados promedios obtenidos en análisis de muestras de agua del Lago de Maracaibo recolectadas en 1968-1972 excluyendo la Bahía de El Tablazo y el Estrecho de Maracaibo, expresados en términos de la media aritmética (\bar{X}) y la desviación estándar (S).	32
5	Resultados promedios obtenidos en análisis de muestras de agua de la Bahía de El Tablazo y el Estrecho de Maracaibo, recolectadas en 1968-1972, expresados en términos de la media aritmética (\bar{X}) y la desviación estándar (S).	32
6	Resultados del análisis de muestras de agua de los ríos Escalante y Limón, afluentes de las partes Norte y Sur-Oeste respectivamente del Lago de Maracaibo, recolectadas en 1968-1972.	33
7	Contenido porcentual de los principales componentes de las aguas de mar y río en comparación con el Lago de Maracaibo y los ríos Escalante y Limón.	33
8	Tolerancias máximas del agua según su aplicación (mg/L).	34
9	Tolerancias máximas para el agua de abastecimiento de diversas industrias (mg/L).	34
10	Análisis bacteriológico de muestras de agua del Lago de Maracaibo y ríos Escalante y Limón, recolectadas en setiembre de 1972: recuento total en placas, recuento de coliformes en placas, número más probable de coliformes, en bacterial por ml.	35

LISTA DE ILUSTRACIONES

Figura No.	Página
1 Sitios de recolección de muestras de agua del Lago	12
2 Sección longitudinal del Lago de Maracaibo	14
3 Variaciones de la concentración de cloruros (Cl ⁻ mg/L) observadas en Cabimas, Dtto. Bolívar (1958-1972).	20
4 Valores promedios de la salinidad y clorinidad en el Lago y Bahía-Estrecho de Maracaibo durante algunas épocas de los años 1968-1972.	23



INTRODUCCION

La cuenca del Lago de Maracaibo, con una superficie de aproximadamente 90.000 kilómetros cuadrados, incluyendo el propio lago, constituye una de las zonas geoeconómicas de mayor importancia para Venezuela, tanto por sus innumerables riquezas naturales, derivadas del subsuelo, como son especialmente el petróleo y el gas natural, actualmente en explotación, como por su gran potencial agropecuario que habrá de formar una base más firme de su economía, por tratarse de una riqueza renovable de incalculable valor. El desarrollo de la zona desde este punto de vista requiere, sin embargo, de la adecuada utilización de sus recursos hidráulicos, representados en las fuentes de agua químicamente potable disponibles, necesarias para el consumo humano o animal, el abastecimiento de industrias, el riego y otros fines agropecuarios, el desarrollo de una fauna y una flora aprovechables, para fines recreativos y otros.

De las posibles fuentes de agua aprovechables, el Lago de Maracaibo (Figuras 1 y 2) surge como la mayor y aparentemente de más fácil utilización, de presentar sus aguas las condiciones de potabilidad química apropiadas. Tiene una superficie de aproximadamente 13.000 kilómetros cuadrados integrada por tres partes: al Norte la Bahía de El Tablazo, de características estuarianas, con una longitud máxima en dirección Norte-Sur de 22 kilómetros y una profundidad de apenas 2 a 15 pies (0,7-5 m); el estrecho o brazo de Maracaibo, de 40 kilómetros de longitud Norte-Sur por 7 kilómetros de ancho y 35-50 pies (10-15 m) de profundidad y el lago propiamente, con su forma de bolsa, de 110 kilómetros de longitud Norte-Sur por 120 kilómetros de ancho y una profundidad media de 33 pies (10 m). Dentro de estas dimensiones se encuentra una inmensa masa de agua que se ha estimado podría abastecer una población de hasta 20 millones de habitantes.

Por su parte Norte el Lago de Maracaibo se comunica con el Golfo de Venezuela (Mar Caribe) a través de 4 bocas o canales naturales que allí forman varias Islas, el mayor de los cuales se encuentra entre las islas de San Carlos y Zapara, con una anchura de 2.926 m y una profundidad natural media de sólo 13 pies (4 m) debido a que en este sitio las aguas forman un banco de arena que dificulta el paso de los barcos de gran calado (Martínez,

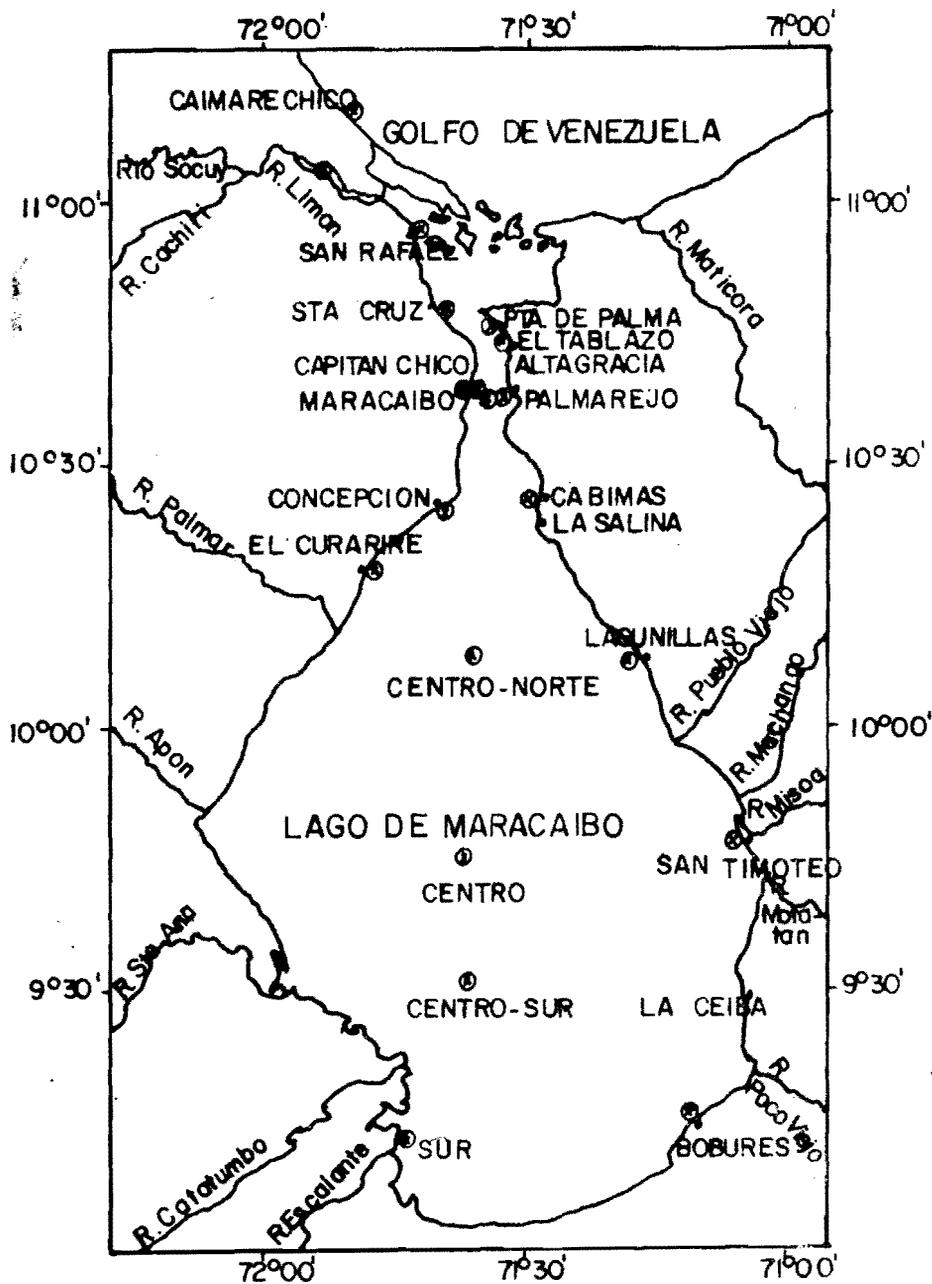


Fig. 1. Sitios de recolección de muestras de agua.

1955). Este canal se conoce con el nombre de Barra de Maracaibo y ha sido dragado en diferentes épocas con el propósito de ampliarlo y profundizarlo para facilitar el paso de los barcos, especialmente de los tanqueros que transportan el petróleo desde los sitios de producción en el interior o riberas del Lago. El dragado fue realizado inicialmente por las compañías petroleras hasta una profundidad de 18 pies o 5,5 m (1938-1939) y luego por el Instituto Nacional de Canalizaciones, primero hasta 35 pies o 10,6 m (1953-1956) y más tarde hasta 45 pies o 13,6 m de profundidad (1957-1962), organismo que actualmente se encuentra a cargo de su mantenimiento.

Contaminación salina del Lago

Las aguas del Lago de Maracaibo fueron potables desde el punto de vista químico. Todavía viven personas que testifican haber consumido sus aguas para usos domésticos e irrigación del cultivo. Diversos investigadores (González 1967; Cadenas 1968) señalan que el promedio de la clorinidad en el Lago durante el período 1937-1948 fue de 600-750 miligramos por litro (mg/l), ascendió en 1948-1949 a valores de 1.022-1.118 mg/l y luego disminuyó progresivamente hasta el año de 1954. Datos de Redfield *et al* (1955), en trabajos encomendados por la Creole Petroleum Corporation al Woods Hole Oceanographic Institution, señalan valores de clorinidad que oscilan alrededor de 700 mg/l. para marzo de 1954, lo que demuestra que aún para esa época las aguas del interior del Lago podían considerarse como aptas para algunos usos anteriormente mencionados. Desde entonces, varios trabajos han sido realizados sobre la salinidad de las aguas o sobre otros aspectos de la hidrografía del Lago. En junio de 1964 se iniciaron estudios sobre el Lago (Harleman *et al*, 1966) especialmente en la zona del canal de navegación, por parte del Instituto Nacional de Canalizaciones, con la asistencia técnica del Departamento de Ingeniería del Instituto Tecnológico de Massachusetts, bajo los auspicios del programa interamericano. Asimismo, el Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas ha realizado varios estudios para el Instituto Nacional de Canalizaciones, reportados en informes especiales.

(1954), Carter (1955), Doe (1957), McCammon (1958), Friedman (1958),

Entre los trabajos realizados desde 1954 cabe señalar los del MOP González (1959, 1967a, 1967b) Nava y Alizo (1960), Boscán (1959), Zeigler (1960), Aguerrevere (1960), Creole (1961-1963), Corona (1964, 1966), Corona *et al* (1965), Rodríguez (1964a, 1964b), Rodríguez *et al* (1966), Sobott (1964), González-Pozo (1965), Partheniades (1966), Instituto Nacional de Canalizaciones (1963-1966, 1967), Harleman *et al* (1966), Cadenas (1968), (1968), Esteves (1968), Boscán *et al* (1969), Bustos (1969).

El Cuadro 2 presenta en forma abreviada los resultados encontrados por algunos de estos investigadores para el contenido de cloruros totales en las aguas del lago en diferentes épocas en estaciones ubicadas aproximadamen-

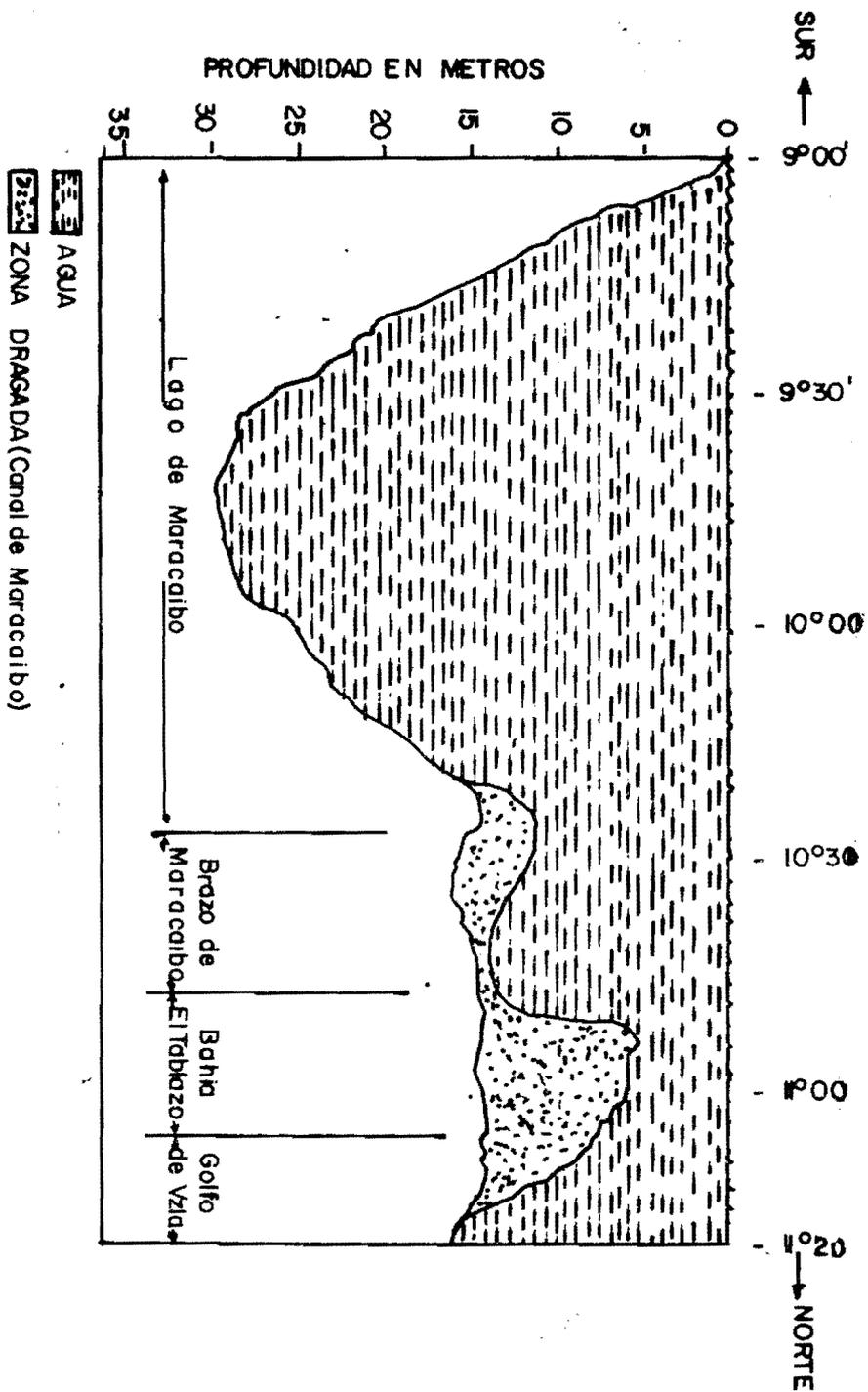


Fig. 2. Sección longitudinal del Lago de Maracaibo.

te en los mismos sitios. Se observa en esos resultados que a partir de 1956 se ha venido produciendo un continuo incremento en la salinidad que aparentemente ha convertido las aguas del Lago en inaceptables para el consumo humano y por encima de las tolerancias máximas permisibles para usos industriales y riego. Sobre el particular es notorio el trabajo de González (1967) donde se hace una revisión de las causas de la salinización del Lago, los factores que afectan la intrusión salina del mar y los problemas derivados de la misma y se discuten algunas soluciones tendientes a dulcificar el Lago como son: primero, la construcción de un muro-dique con esclusas en el estrecho de Maracaibo que podría haber sustituido al Puente sobre el Lago; segundo, el cierre del Lago a la altura de las Islas de San Carlos, Zapara y Oribona; y tercero, la construcción de dos diques marginales paralelos al canal de navegación desde el Golfo de Venezuela hasta Punta de Palmas.

En general, las aguas del Lago de Maracaibo están formadas por una mezcla de agua dulce, proveniente de las lluvias y de los ríos que desembocan en el Lago, originados en las serranías vecinas; y de agua salada que penetra desde el Golfo de Venezuela. La principal causa del aumento de la salinidad observado en los últimos años es indudablemente la intrusión de grandes volúmenes de agua salada desde ese golfo, cuyas aguas poseen una concentración de sales de aproximadamente 35.000 mg/l, hasta el interior del Lago, a través de la denominada Barra de Maracaibo y ciertos caños naturales. Esta penetración es afectada por varios factores como son: las corrientes de densidad, las mareas y los vientos, a los cuales se suman los factores de la escorrentía, es decir, la evapotranspiración compensada con agua salada del golfo, la disminución de las lluvias, motivada a su vez por el desarrollo de la zona, y aquellos derivados de la propia mano del hombre, representados especialmente en la ampliación y profundización del canal de la barra. Además, la salinidad es afectada por la época del año: aumenta en el "verano" y disminuye en el "invierno" (temporada de lluvias).

Al entrar en contacto las aguas del golfo con las del Lago, por poseer ambas masas de agua diferente densidad, se produce un gradiente de energía que va de la más densa a la menos densa: las aguas del golfo, por ser más saladas presentan mayor densidad y por ello tendencia a irse al fondo y penetrar a ese nivel al interior del Lago, mientras que las aguas de éste, de menor densidad y mayor temperatura, se colocan en la superficie y fluyen hacia el golfo. Al penetrar el agua salada al Lago, es sometida a un movimiento circulatorio en sentido contrario a las agujas del reloj, por la acción combinada del efecto de coriolis, o sea la acción de la rotación de la tierra sobre las masas fluidas y por los vientos que predominan en dirección Noreste. Esta es aparentemente la causa de la existencia de una salinidad bastante homogénea en círculos concéntricos en el Lago y en forma estratificada, así como de la existencia de una masa de agua más salada en el centro, cuya concentración se incrementa a mayor profundidad, careciendo de corrientes verticales y casi por completo de oxígeno y en consecuencia de vida, zona ésta

que ocupa aproximadamente 1/10 parte del volumen del Lago y se ha denominado Hypolimnion para diferenciarla de la zona superficial, menos salobre, que ocupa las restantes 9/10 del Lago llamada Epilimnion.

El aumento de la concentración de sales en las aguas del Lago ha traído consigo una serie de problemas, siendo los principales citados a continuación. Por una parte, tiende a producir la pérdida de la potabilidad química de sus aguas al sobrepasar las tolerancias máximas permitidas de concentración de sales, variables según su aplicación, lo que determina la lamentable necesidad de suministrar aguas con baja concentración salina traídas desde sitios lejanos, cubriendo considerables distancias y por consiguiente a costos muy elevados. Luego se producen alteraciones en la fauna y flora lacustre al cambiar el "hábitat" típico de agua dulce, con el agravante de que al no presentarse una salinidad más o menos constante las condiciones ecológicas no se estabilizan y por ende no se produce el desarrollo de especies aprovechables, sean de agua dulce o salada; además, en el Hypolimnion, por existir una concentración muy baja o nula de oxígeno, aparentemente resulta muy difícil el desarrollo de cualquier especie. Los efectos negativos se hacen sentir también en las instalaciones industriales ubicadas en el interior o en las zonas vecinas (industrias y domicilios), las cuales sufren respectivamente una acción corrosiva directa en los equipos que están en contacto con el agua, o indirecta por la acción del salitre en la atmósfera. El ambiente semisalado favorece, además, el aumento de ciertas especies perjudiciales como son los teredos, barnacles y bimensa que ocasionan graves perjuicios a las instalaciones lacustres; es así como perforan elementos de madera de embarcaciones, pilotes y similares, los forros protectores de tuberías y otros equipos, destruyendo dichas instalaciones.

A los problemas anteriores deben sumarse otros de consecuencias difíciles de evaluar, como son por ejemplo: la contaminación de los depósitos subterráneos de aguas dulces en los alrededores del lago que surten poblaciones e industrias; la penetración de cuñas de agua salada por las desembocaduras de los ríos, particularmente en épocas de estiaje, y la contaminación de las tierras adyacentes, como parece ser el caso de las que bordean al río Limón, afluente de la parte Norte del Lago, donde enormes extensiones de cultivos parecen haber desaparecido por la salificación de las tierras. Finalmente podrían derivarse también una serie de cambios ecológicos de consecuencias imprevisibles. x

* *Otros tipos de contaminación del Lago*

Dado el desarrollo demográfico e industrial de las tierras que lo bordean, el Lago de Maracaibo se encuentra sometido en la actualidad a diversas fuentes de contaminación diferentes a la intrusión salina. Pueden señalarse entre ellas, los desechos domésticos aportados por las cloacas de las poblaciones ribereñas y los desechos de las industrias de distinta naturaleza

*
que sin ningún tratamiento previo se incorporan al lago. A éstos se suman las grandes masas de material del fondo del lago, removidas a nivel del canal de la barra por el constante dragado y la acción de los vientos, quedando suspendidas en el agua.

La explotación petrolera en el interior del lago y en la costa ha traído como consecuencia un tipo de contaminación de gran peligrosidad para la vida de los peces, aves, fauna en general y flora lacustre como son los derrames de petróleo, que además afectan las labores de humildes pescadores al dañar sus enseres de pesca. La industria petroquímica, por otra parte, en etapas de iniciación en la zona de El Tablazo, viene ahora a surgir como una nueva fuente de contaminación del Lago si no se toman las medidas necesarias para evitar la disposición de sustancias tóxicas y proveer a las nuevas industrias de plantas de tratamiento de desechos, capaces de reducir el contenido de materia orgánica oxidable o la demanda biológica de oxígeno a concentraciones que no alteren en forma alguna las condiciones normales o equilibrio ecológico.

Objetivos del trabajo

Ante la aparente difícil situación observada en relación con la contaminación del lago de Maracaibo desde diferentes puntos de vista, los autores se han sentido en la obligación ciudadana de hacer repetidas exposiciones por la prensa y la radio y dar algunas charlas ante asociaciones gremiales y científicas, con el propósito de llamar la atención de las fuerzas vivas de la región y del gobierno para lograr la inmediata acción por parte de las autoridades competentes, aplicando medidas efectivas tendientes a estudiar y corregir o eliminar las causas de esa contaminación, contrarrestando los efectos dañinos ya producidos y tratando de evitar males mayores, en beneficio de futuras generaciones y del desarrollo integral de nuestra tierra. Es objetivo primordial de este trabajo presentar y discutir los resultados obtenidos en análisis físicos, químicos y algunos bacteriológicos de muestras de agua del Lago de Maracaibo, recolectadas en diversas épocas, para conocer hasta qué punto ha llegado la contaminación salina, establecer su calidad y sus posibles aplicaciones. No se pretende presentar un estudio completo sobre la materia, para lo cual se requieren recursos humanos y materiales que no están a nuestro alcance, pero sí lleva el objetivo de demostrar con cifras las condiciones actuales del lago en materia de potabilidad química, con el ánimo de contribuir en lo posible a despertar de una vez por todas el interés por conservar nuestro más preciado recurso natural.

MATERIAL Y METODOS

Muestras compuestas de aguas del lago fueron recolectadas en diferentes épocas comprendidas entre los años 1968 y 1972, cerca de las principales poblaciones situadas sobre sus costas y a lo largo de una línea cen-

tral de longitud media $71^{\circ} 38' 10''$. Muestras de los ríos Limón y Escalante y de Caimare Chico (playa del golfo de Venezuela) se tomaron a modo de comparación. El Cuadro 1 indica los sitios y fechas de recolección, mientras que la Figura 1 señala su ubicación geográfica. Dados los escasos recursos económicos y humanos, no fue posible tomar un mayor número de muestras, con más frecuencia y de más fácil comparación.

Cada muestra se obtuvo mezclado 4 volúmenes de agua de 500 ml cada una, tomadas a una distancia de la orilla de 100 a 400 m, en un área de aproximadamente 2-4 hectáreas, a una profundidad constante de 1 m, teniendo cuidado de hacerlo en sitios de profundidad siempre mayor de 2 m y en días normales, sin precipitación lluviosa en las anteriores 48 horas. Las botellas de 2 l., provistas de tapa esmerilada, se sellaron con esperma, se rotularon y transportaron inmediatamente hasta el laboratorio de Industrias Lácteas de la Facultad de Ciencias Veterinarias de la Universidad del Zulia para su análisis de tipo fisico-químico. En setiembre de 1972 se tomaron además muestras para la determinación de oxígeno disuelto en botellas de Winkler con la correspondiente adición de los reactivos necesarios para retener el oxígeno para su análisis posterior. Además, se tomaron muestras para análisis bacteriológico en condiciones especiales de asepsia, las cuales se transportaron al laboratorio bajo refrigeración en cavas portables con hielo.

La mayoría de los análisis se realizó por los métodos estándar recomendados por la Asociación Americana de Salud Pública (APHA, 1965) con excepción de la turbiedad y conductancia que se determinaron por los métodos del Instituto Nacional de Obras Sanitarias (INOS) y los cationes alcalino y alcalino-térreos que fueron analizados por espectrofotometría de absorción atómica (Edwell, 1962; Robinson, 1966) utilizando un aparato marca Jarrel Ash, modelo 82-720 Dial-Atom, acoplado a una unidad de lectura digital marca Perkin-Elmer, modelo DCR2B, estandarizado con patrones de alta pureza de la Casa Johnson Matthey Chemicals Limited (74 Hatton Garden, Londres). Agua destilada y reactivos químicamente puros se emplearon en todos los análisis restantes, mientras que agua bidestilada se empleó para los análisis de absorción atómica y los bacteriológicos. Todas las determinaciones se efectuaron por duplicado o triplicado. Los análisis bacteriológicos se hicieron por las técnicas de la APHA (1965) empleando medios de la casa BBL. Los cálculos de media aritmética, desviación estándar y otros involucrados en el trabajo, se realizaron con ayuda de una minicomputadora Monroe 1665 programada al efecto, llevándose la mayoría de los resultados a tablas para su comparación. Con este mismo fin se prepararon tablas de resultados promedios por separado para las zonas Norte del Lago, integrada por la bahía de El Tablazo y el estrecho de Maracaibo como un conjunto, y Sur del Lago, correspondiente al cuerpo interno desde la latitud $10^{\circ} 30'$.

RESULTADOS Y DISCUSION



Contaminación salina del lago

Estudiando los resultados obtenidos por diferentes autores durante el período 1954 a 1968 para la concentración de cloruros totales disueltos en diversos sitios del lago (cuadro 2, figura 3) con aquellos encontrados por Boscán *et al* para octubre de 1968 (cuadro 3) en sitios similares, se observa un incremento de la clorinidad alarmante que va desde aproximadamente 700 mg/l en 1954 hasta aproximadamente 2.000 mg/l en 1968, lo que representa un aumento de casi un 300% en la concentración de cloruros totales. Desde entonces hasta el presente (setiembre de 1972) se aprecia una situación muy variable y difícil de evaluar para todas las épocas del año. No obstante, los resultados obtenidos durante esos años (1968-1972) expresados en los cuadros 4, 5 y 6 parecen indicar que la salinidad tiende a estabilizarse en la parte central y sur del lago, alrededor de 2.000-3.000 mg/l, mientras que continúa ascendiendo en la parte norte, esto es, en la bahía de El Tablazo hasta el estrecho de Maracaibo; así, se observa por ejemplo un aumento de la salinidad en San Rafael de El Moján, población ubicada en la región noroccidental de la bahía de El Tablazo hasta valores de 7.939 mg/l (4.241 mg/l de cloruros), con el agravante de que se refleja en el río Limón, que tiene allí su desembocadura, el cual demostró valores increíblemente altos en las muestras de agua recolectadas en Puerto Guerrero en setiembre de 1972 que llegan hasta 5.468 mg/l de sólidos totales (salinidad) y 3.181 mg/l de cloruros totales (clorinidad), o sea un incremento de 1.300% y 2.000% respectivamente en un período de casi 4 años. Tales valores obligaron a los autores a repetir el muestreo para asegurarse de la magnitud del incremento, encontrándose a los pocos días concentraciones aún mayores. Se observa también un ligero aumento en la salinidad del río Escalante desde 147 mg/l en octubre de 1968 hasta 274 mg/l en setiembre de 1972, equivalente a un 93% de incremento en aguas recolectadas a 1.000 m de su desembocadura (cuadro 6).

A objeto de analizar mejor los resultados de cada año, los datos correspondientes a las estaciones del norte del lago, desde la latitud 10° 30' incluyendo Maracaibo, el puente sobre el lago y Palmarejo hasta San Rafael de El Moján, se promediaron por separado de los datos obtenidos para las estaciones del cuerpo del lago, incluyendo las muestras de La Concepción hasta el sur. Los cuadros 4 y 5 contienen la mayoría de esos resultados promedios en términos de la media aritmética (\bar{X}) y su desviación estándar (S) desde octubre 1968 hasta setiembre 1972. Estos datos parecen indicar que desde 1968 se ha venido produciendo una ligera disminución en la salinidad del interior del lago (cuadro 4) que llega hasta una concentración promedio de sólidos disueltos de un poco más de 2.000 mg/l en 1972, lo que podría interpretarse como una aparente estabilización de la intrusión salina en el cuerpo del mismo y posiblemente una ligera dilución derivada quizás del gran aporte

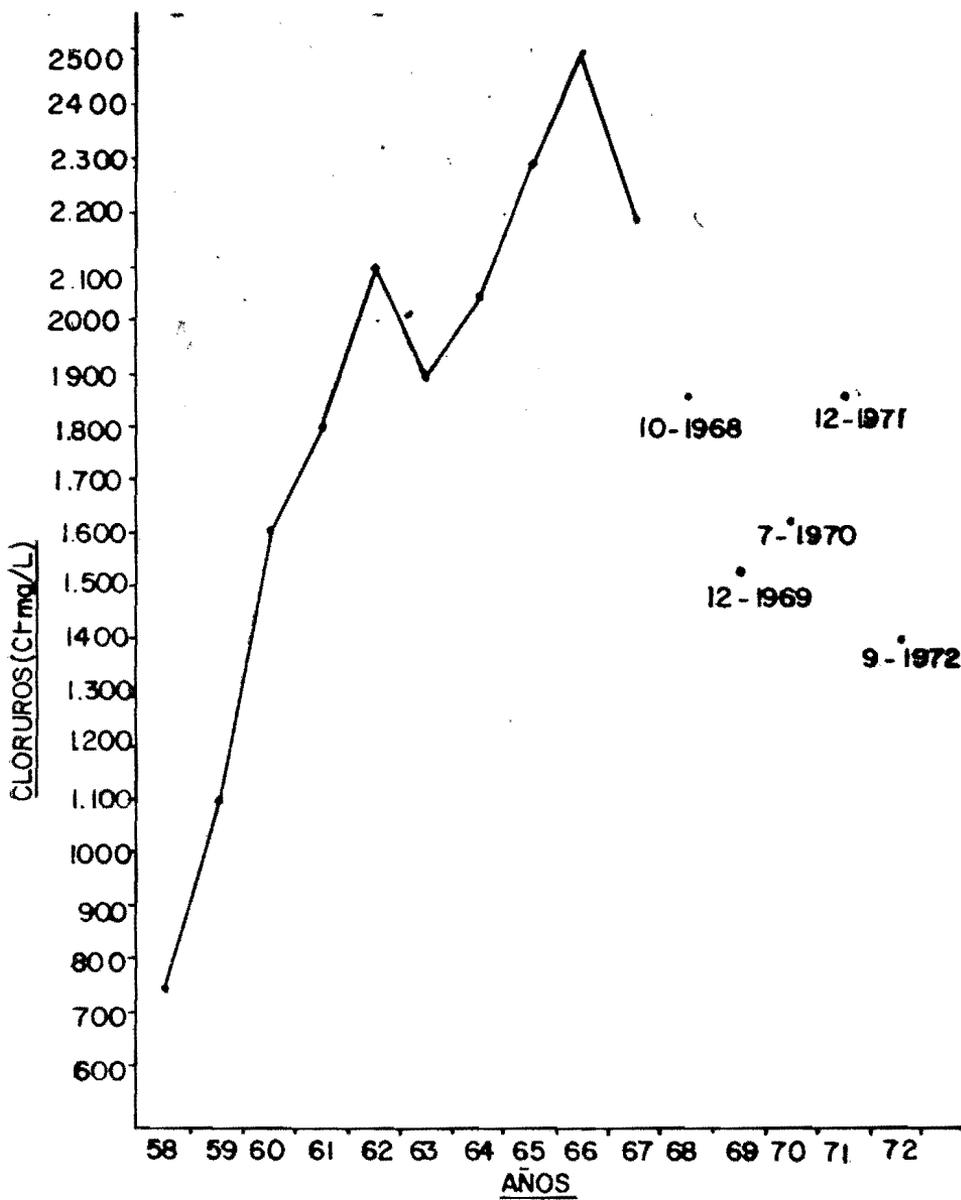


Fig. 3. Variaciones de la concentración de cloruros (Cl-mg/L), observados en Cabimas, Ditto. Bolívar; los valores de 1958-67 son reportados en La Salina (González, 1967); los valores de 1968-72 se obtuvieron en nuestra estación en esa ciudad.

de agua dulce proveniente de los ríos y lluvias durante los últimos años. Realmente la causa (s) exacta de tal estabilización es difícil de precisar, pero el resultado es evidente y coincide con declaraciones de prensa de otros investigadores de la región (R. Nava, Diario Panorama 16-9-72).

Un panorama diferente se aprecia en cambio en el cuadro 5 para los promedios correspondientes a la parte norte del lago (bahía-estrecho). Obsérvese que el valor promedio de sólidos disueltos para setiembre de 1972 llega a la cifra de 5.955 mg/l con una desviación estándar muy grande de 2.361, demostrando una gran variación de estación a estación, entre 7.939 mg/l en San Rafael de El Moján y 3.194 en el puente Rafael Urdaneta (cuadro 3), lo que demuestra una clara disminución en dirección norte-sur.

A pesar de la gran variación encontrada para la salinidad de un año a otro y para diversas estaciones de la geografía del lago, las siguientes conclusiones pueden deducirse de los resultados obtenidos: 1) desde 1954 hasta el presente indudablemente se ha producido una salinización alarmante del lago de Maracaibo, la cual continúa ocurriendo en la zona norte hasta valores promedios que se acercan a los 6.000 mg/l y aparentemente se ha estabilizado en la zona sur o cuerpo interno en valores promedios para los últimos 4 años próximos a 3.000 mg/l; 2) el proceso de salinización coincide con las fechas de ensanchamiento y profundización del canal de navegación de la barra de Maracaibo, lo que hace pensar que ha sido ésta la principal causa del problema; 3) es evidente el efecto de la intrusión salina en las aguas del río Limón (al norte) y en menor proporción en el río Escalante (al sur), hecho que viene a demostrar una vez más la grave situación que sufren especialmente las aguas del primero y la amenaza que se cierne sobre las tierras que lo bordean, pertenecientes a los Distritos Mara y Páez del Estado Zulia.

El cuadro 7 presenta los resultados promedios obtenidos entre octubre 1968 y setiembre 1971 en los análisis químicos de los principales aniones y cationes de las aguas del lago de Maracaibo y los mencionados ríos Escalante y Limón, en comparación con aguas típicas del mar y de río (Sverdrup *et al* 1942). En ese cuadro puede verse cómo la proporción de cloruros (Cl—) en las aguas del cuerpo del lago y en la bahía-estrecho de 52,70 y 57,20 respectivamente son similares a las del agua marina (55,04%) y como esa proporción en los ríos Limón (43,50%) y Escalante (16,87%) difiere ampliamente de la típica de agua de río (5,68%) lo que hace pensar nuevamente en la salinización de los mismos. Las proporciones de los restantes iones en el cuadro mencionado parecen corresponder a esa afirmación.

Calidad del agua del lago

Las aguas del lago de Maracaibo en general poseen una temperatura de 29-31°C en la parte norte (bahía-estrecho) y 30-31°C en la parte sur. Tienen un sabor salobre ocasionado por su alto contenido salino; un olor in-

apreciable salvo en ciertos lugares donde puede apreciarse un olor a hidrocarburos, probablemente producido por componentes volátiles derivados del petróleo, a veces mohoso posiblemente debido a la presencia de algas, y en ciertos sitios a putrido cuando se encuentran en ellas residuos orgánicos en descomposición. Su color aparente es muy variable, oscilando alrededor de 20 unidades de la escala cloroplatinato, mientras que su turbiedad es de cerca de 16 unidades (ver cuadros 4 y 5). Su conductancia se aproxima a los 4.000 micromohs, variando lógicamente según el contenido de sales.

Comparando los resultados obtenidos en análisis químicos, presentados en los cuadros 4 y 5 (figura 4) con las tolerancias máximas permisibles para el agua según sus aplicaciones (cuadro 8) y para ciertas industrias de alimentos específicas (cuadro 9) puede apreciarse fácilmente cómo las aguas del lago de Maracaibo en el interior del mismo tienen actualmente un promedio de sólidos disueltos de aproximadamente 3.000 mg/l, sobrepasando las tolerancias máximas para uso doméstico (500 mg/l o hasta 850 mg/l cuando no se dispone de otra fuente), para uso industrial (500-1.000 mg/l) y para irrigación de cultivos (1.400 mg/l) sin alcanzar aún la tolerancia para cría de animales (4.500 mg/l) y desarrollo de fauna y flora de agua dulce (7.000 mg/l). No obstante, las aguas de la bahía de El Tablazo y el estrecho de Maracaibo ya han sobrepasado también el límite para cría de animales y se acercan al límite máximo para desarrollar fauna y flora lacustres. La denominada "Relación Sodio" de 88% y 86%, calculada para las partes norte y sur del lago respectivamente, se encuentra muy por encima de la tolerancia máxima de 60% permisible en aguas destinadas al riego, valor por encima del cual las aguas afectan la permeabilidad de los suelos (Rivas-Mijares, 1967). Asimismo, en las aguas del lago ya se han superado las tolerancias máximas de cloruros (250 mg/l) y dureza (500 mg/l) encontrándose en los límites de concentración de sulfatos (250 mg/l) y hierro (0,3 mg/l) características que las hacen demasiado saladas, duras, laxantes y con tendencia a formar depósitos férricos respectivamente, a lo cual se suma su efecto altamente corrosivo, acelerado por su elevada temperatura, la poca tendencia a formar depósitos calcáreos protectores de las superficies metálicas y su relativamente alto contenido de oxígeno en la zona del Epilimnion (8-10 mg/l). Estas características químicas determinan que las aguas del lago, en las condiciones actuales, no sean aptas para el consumo humano, ni para abastecer industrias, ni para fines agropecuarios e incluso que el "hábitat" que forman no sea apropiado para el desarrollo de especies de pesquería típicas de agua dulce ni tampoco de agua salada, ya que el ambiente cambia continuamente de salinidad y por ende de presión osmótica lo que teóricamente dificultaría el desarrollo de una fauna lacustre o marina, que no encuentran en ellas un medio estable al cual adaptarse para su proliferación. A estas propiedades negativas para la vida dulciacuícola hay que agregar ciertas condiciones muy particulares que el Lago presenta en la zona del Hypolimnion, caracterizada por la falta de corrientes verticales, ausencia de

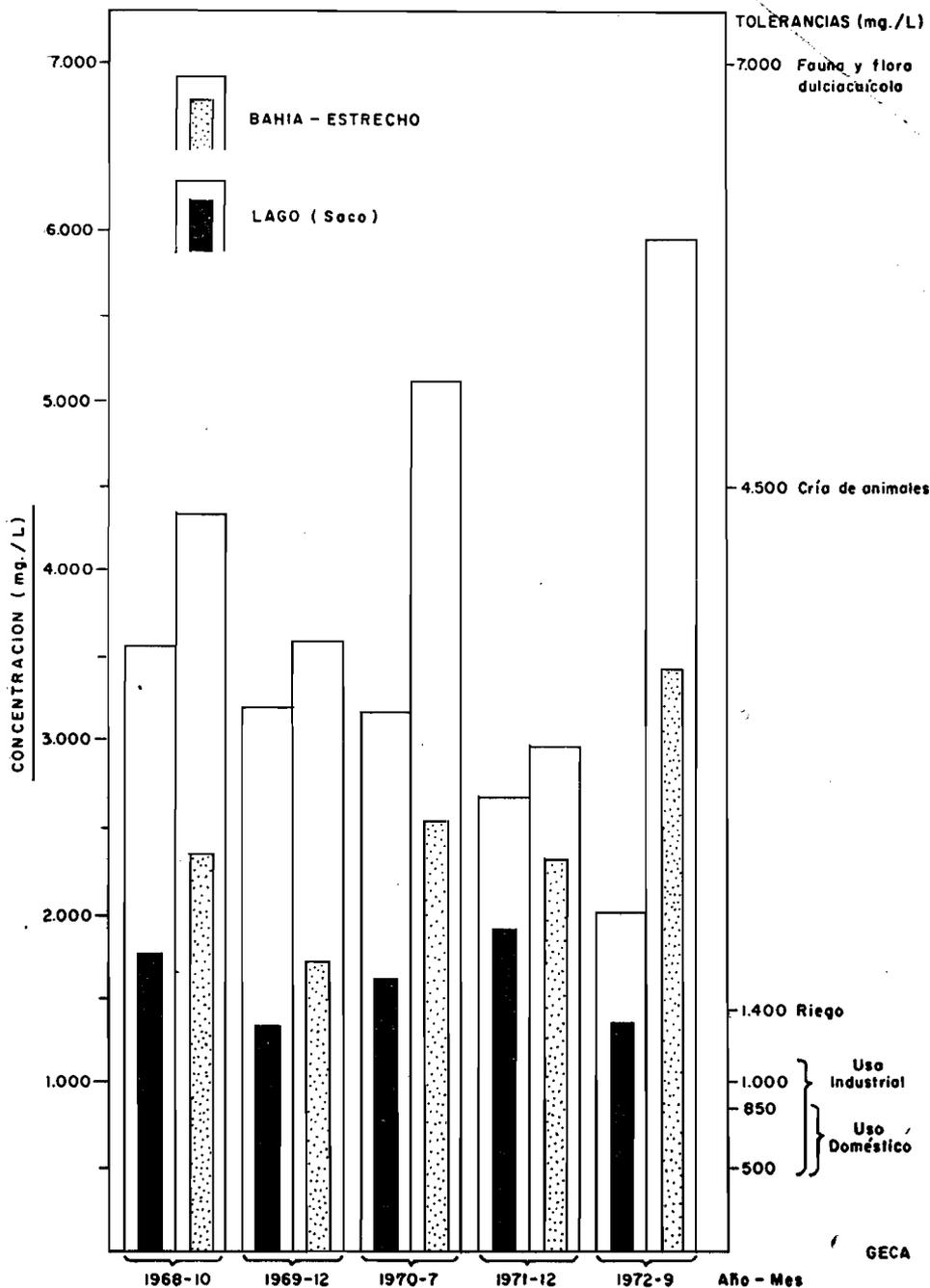


Fig. 4. Valores promedio de la salinidad (Barra exterior) y clorinidad (Barra interior) en el Lago y bahía-estrecho de Maracaibo durante algunas épocas de los años 1968-72 en comparación con las tolerancias para diversas aplicaciones.

oxígeno disuelto y por consiguiente de vida, zona que ocupa 1/10 parte de su superficie en la zona central.

El cuadro 10 contiene los resultados promedios del análisis bacteriológico de muestras de agua del lago recolectadas en setiembre de 1972. En general se puede constatar mayor contaminación bacteriana en dirección norte-sur y como era de esperarse, más acentuada en las áreas ribereñas cercanas a las poblaciones. El promedio obtenido en el cuerpo del lago fue de 300.000 bacterias totales y 410 coliformes por ml, observándose en la mayoría de las muestras, en todas las latitudes, la presencia de *Escherichia coli*, testigo de contaminación fecal. En el área de la bahía-estrecho se encontraron recuentos promedios de 66.000 bacterias totales y 330 coliformes por ml, siendo las zonas más contaminadas las de Maracaibo.

Otros tipos de contaminación

Aun cuando el objetivo del presente trabajo ha sido considerar el aspecto relativo a la contaminación salina y la calidad química del agua del lago, es interesante llamar la atención sobre otros tipos de contaminación que afectan al mismo, amenazando su conservación, los cuales se señalan brevemente a continuación.

Descargas cloacales

Hasta el presente, los desechos domésticos y aquellos provenientes de las industrias que operan en las costas del lago, especialmente a nivel de las poblaciones, se disponen mediante cloacas o tuberías especiales en sus riberas sin haber sido previamente tratados. Estos desechos aportan elevadas concentraciones de materia orgánica oxidable y sustancias tales como detergentes y otros productos que contaminan las aguas. Esa materia normalmente tiende a descomponerse mediante un proceso de estabilización que se efectúa por acción de microorganismos capaces de oxidar sus elementos integrantes como son principalmente carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno y azufre a compuestos tales como anhídrido carbónico (CO_2), agua (H_2O), óxido nitroso (NO_2) y anhídrido sulfuroso (SO_2) que pasan a la atmósfera o permanecen disueltos en el agua, sin alterar significativamente sus características. Este proceso, que es considerado como una autodepuración de las aguas, requiere indudablemente de oxígeno necesario para las bacterias aerobias, el cual se encuentra disuelto en el agua en una proporción de aproximadamente 8-9 mg/l y que es suficiente para que las reacciones de oxidación se cumplan, siempre y cuando la concentración de materia orgánica oxidable, medida en términos de la demanda biológica de oxígeno (DBO) sea relativamente baja. En el lago de Maracaibo existen condiciones ideales favorables para un proceso de autodepuración gracias a su elevada temperatura (29-31°C), contenido de oxígeno disuelto (8-10 mg/l), aereación, radia-

ción solar y turbulencia. Sin embargo, cuando la concentración de materia orgánica es muy alta, porque las aguas residuales presenten altas concentraciones de DBO, por no haberse diluido suficientemente hasta valores que no revistan peligro, el oxígeno disuelto puede disminuir hasta concentraciones a las cuales el proceso de estabilización aeróbica normal no puede cumplirse, dando paso a un proceso de putrefacción de características anaeróbicas, es decir, en ausencia de oxígeno, en el cual los elementos mencionados van a formar metano (CH_4), hidrógeno (H_2) gaseoso, amoníaco (NH_3) y ácido sulfhídrico (SH_2) de olores ofensivos, haciendo las aguas impuras y ocasionando la muerte o huida de especies vivientes por la misma disminución de la concentración de oxígeno hasta límites donde no pueden subsistir (menos de 3 mg/l).

El problema señalado es posiblemente la principal causa de los malos olores que se presentan en ciertas áreas del lago y que los autores han observado en las playas de algunas poblaciones, especialmente en Maracaibo (zona de los Haticos y plaza del Buen Maestro).

Sedimentos del dragado

El continuo dragado del canal de navegación de la barra de Maracaibo produce la movilización de grandes masas de material del lecho del lago constituido por arena, arcilla, grava, cieno que se dividen finamente quedando suspendidos en el agua, reduciendo su contenido de oxígeno, con las consecuencias nefastas sobre el proceso normal de estabilización aeróbica y la vida lacustre ya señalados.

* *Contaminación petrolera*

Los derrames de petróleo en el interior y costas del lago de Maracaibo representan un tipo de contaminación adicional para sus aguas. De las continuas informaciones de la prensa local (diarios Panorama y Crítica) y nacional (diarios El Nacional y El Universal) de Caracas, se deduce que el problema ha adquirido últimamente proporciones alarmantes. En la edición del diario Panorama de Maracaibo, del día 9-12-1972, p. 5, se dan declaraciones de funcionarios calificados del Ministerio de Minas e Hidrocarburos de Venezuela, según las cuales durante el año 1970 se fiscalizaron por la Oficina Técnica de Hidrocarburos 1.500 derrames de petróleo; se han detectado rastros de hidrocarburos en numerosas muestras del fondo del lago; los "bancos y cardúmenes de peces ya no existen" y se habla de los graves perjuicios ocasionados por el petróleo en los denominados "chinchorros" o redes de pesca al "tostarlos y romperlos".

Los efectos letales directos de los derrames petroleros sobre las especies acuáticas constituyen un hecho debidamente comprobado (Ferrando, 1972). La causa principal de la mortalidad de los peces parece ser el impedimento de

la normal función respiratoria de las branquias, lo que les provoca la muerte por anoxia. Observaciones macroscópicas y microscópicas, mediante cortes histológicos, teñidos con hematoxilina-eosina, han permitido apreciar partículas extrañas adheridas al epitelio branquial en peces que han estado en contacto con petróleo. Por otra parte, los derrames petroleros producen también efectos nocivos sobre otras especies vivientes sin interés comercial como la muerte de elementos del zooplancton permanente, principalmente copépodos, y elementos del zooplancton transitorio (heteroplancton) tales como huevos y larvas de especies de interés comercial (v.g. corvina), lo que se interpreta como un efecto letal indirecto, ya que al provocar la mortalidad en hidrobiontes integrantes de las cadenas biológicas, se está cortando el ciclo evolutivo normal de esas especies.

La anterior situación derivada de la explotación petrolera, podría complicarse aún más, con la puesta en funcionamiento del complejo petroquímico de "El Tablazo", si no se toman las medidas necesarias para tratar sus desechos en sistemas especiales de estabilización.

De la anterior discusión se concluye que la situación actual del Lago de Maracaibo es verdaderamente alarmante, no solo por los efectos negativos producidos por la intrusión salina sobre la calidad de sus aguas y las consecuencias derivadas de la misma, sino por el grado de peligro que representan otras fuentes de contaminación que exigen urgentemente un control racional. Esta situación conlleva a la imperiosa necesidad de que el gobierno nacional y regional, así como las municipalidades, adopten medidas inmediatas tendientes a estudiar y aplicar efectivamente soluciones al problema.

Algunas soluciones ya han sido propuestas para evitar y corregir la contaminación salina (González 1967). Una de las soluciones que este autor plantea, consistente en un dique a nivel del estrecho de Maracaibo, quizás pudo haberse aplicado cuando se construyó el puente sobre el lago en ese sitio, sustituyéndolo por un muro dique con esclusas para no entorpecer la navegación, aunque tal solución no resuelve el problema de la intrusión salina en la Bahía de El Tablazo y en el río Limón. Las otras soluciones propuestas por dicho autor han sido la construcción de diques de cierre parcial o total a la altura de las islas de San Carlos, Zapara y Oribona, o alternativamente, la construcción de dos diques paralelos, a los lados del canal de navegación, desde el Golfo de Venezuela hasta Punta de Palmas. Algunos autores estiman que antes de adoptar cualquier solución que implique un cierre del lago, deben evaluarse las consecuencias sobre el ciclo de vida de especies que se desplazan libremente por el Estuario y el Golfo y que tienen gran interés comercial, especialmente el camarón (Rodríguez, en SVIH, 1967). Aunque esto aparentemente es cierto, el sacrificio de ciertas especies pesqueras a ese nivel, representa un daño relativamente pequeño en comparación con la magnitud de la pérdida de tan preciado recurso natural.

*

Además de las soluciones propuestas indicadas, se han señalado otras posibles fórmulas que podrían contribuir a reducir el proceso de salinización como son: la canalización de los principales ríos afluentes del lago (Catatumbo, Zulia, Escalante) para aumentar el caudal de agua dulce que desemboca en éste y al mismo tiempo reducir las múltiples inundaciones que originan ciénagas y potreros anegados en la región Sur del Lago; y últimamente, según conclusión de estudios realizados por el Instituto Nacional de Canalizaciones en su modelo hidráulico del lago, la construcción de un dique entre las islas de Zapara y Pescadores y de un muro de 4 kilómetros de longitud, desde Punta de Palmas en dirección norte, con el propósito de “disminuir las corrientes de agua salada hacia el interior del lago”. Estas últimas obras han sido anunciadas por el Presidente de la República para iniciarse en 1973.

Ante la inminente pérdida del Lago de Maracaibo por las causas consideradas, han sido muchas las personas y organismos que han hecho llamados ante las autoridades competentes para evitarlo. Cabe destacar la labor de La Universidad del Zulia, donde últimamente se han realizado numerosas reuniones, foros, seminarios, mesas redondas y eventos similares, habiendo llegado el problema hasta el propio Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico, que se ha dirigido a los organismos de desarrollo regional (CONZUPLAN) solicitando se considere el problema dentro de los planes regionales de desarrollo. El Colegio de Ingenieros del Estado Zulia, a través de la Sociedad Venezolana de Ingeniería Hidráulica, también ha tomado interés en el asunto, lo que ha quedado demostrado en una importante mesa redonda sobre salinidad del lago realizada en su seno (SVIH, 1967), y su reciente preocupación por la constitución de un instituto de conservación. Sería conveniente que también se tomara en consideración a otras personas, profesionales, gremios y organismos interesados. Destaca igualmente la campaña desarrollada recientemente por la prensa y radio local, tendiente a denunciar y despertar interés para la aplicación de soluciones.

Esta movilización de fuerzas regionales afortunadamente ha motivado al Congreso Nacional y a la Gobernación del Estado Zulia a designar comisiones especiales (agosto-setiembre de 1972) para estudiar el problema y buscarle soluciones apropiadas. Recientemente el Ejecutivo Regional designó una “Comisión Coordinadora de los Programas de Estudios, Conservación y Aprovechamiento Integral de la Cuenca Hidrográfica del Lago de Maracaibo” con la asignación de una partida especial del presupuesto. A través de la prensa local (Panorama, Crítica) hemos podido enterarnos de sus gestiones invitando a técnicos extranjeros, expertos en contaminación, para visitar la región y formular recomendaciones. Aparentemente la referida Comisión ha llegado a la conclusión de que el problema de salinización del Lago de Maracaibo es de menor importancia en comparación con la apremiante necesidad de adoptar medidas dirigidas a detener la contaminación con desechos orgánicos (cloacas, industrias, etc.) y derrames petroleros. Tal criterio no es compartido por los autores quienes somos partidarios de asignarle igual im-

portancia a "todos" los tipos de contaminación, sobre todo si se considera que la intrusión salina resulta la más difícil de controlar y menos reversible. Por consiguiente insistimos en que las medidas correctivas deben aplicarse a todos y cada uno de los factores contaminantes y para toda la superficie del lago. Nuestro gobierno necesariamente debe actuar de inmediato; en sus manos queda la grave responsabilidad ante las generaciones futuras, por la conservación o pérdida de esa maravilla que nos ha concedido la naturaleza y que la acción del hombre tiende a destruir.

RESUMEN

Un estudio sobre las características físicas y químicas de muestras compuestas de las aguas del Lago de Maracaibo, recolectadas en diferentes sitios cercanos a las principales poblaciones de sus costas y a lo largo de una línea central de longitud $71^{\circ}, 38' 10''$, se realizó en diferentes épocas comprendidas entre los años 1968 y 1972. Muestras de los ríos Limón (al norte) y Escalante (al sur) y de Caimare Chico (playa del Golfo de Venezuela) se tomaron a modo de comparación. La mayoría de los análisis se hicieron por los "métodos estándar" recomendados por la Asociación Americana de Salud Pública (APHA) y algunos del Instituto Nacional de Obras Sanitarias de Venezuela, mientras que los cationes alcalino y alcalino-térreos se determinaron por espectrofotometría de absorción atómica. Análisis bacteriológicos sobre recuento total microbiano y de gérmenes coliformes se efectuaron por los métodos de la APHA. Los resultados obtenidos para las muestras comprendidas en las zonas denominadas Norte del Lago, integrada por la bahía de El Tablazo y el estrecho de Maracaibo, y Sur o cuerpo interno del mismo, se promediaron para diferentes épocas con fines comparativos.

A pesar de la gran variación encontrada en las características físicas y químicas de las aguas, tomando en consideración los resultados reportados en la literatura revisada y los obtenidos en el presente trabajo para diferentes años, es posible concluir que todavía para 1956 las aguas del Lago de Maracaibo podían considerarse como potables desde el punto de vista químico y con múltiples aplicaciones, incluso para uso doméstico, previo tratamiento de purificación; lamentablemente desde esa época se ha venido produciendo una salinización alarmante, que continúa incrementándose en la zona norte, hasta promedios que se acercan a 6.000 mg/l de salinidad total, que representan un incremento de aproximadamente 1.000%, mientras que aparentemente, después de un aumento considerable en la salinidad de la parte sur o cuerpo del lago, hasta valores promedios próximos a 3.000 mg/l, equivalentes a 300-500% de aumento, se observa cierta estabilización. Este proceso de salinización coincide con las fechas de ensanchamiento y profundización del canal de navegación de la barra de Maracaibo, hecho que hace pensar que ha sido ésta la principal causa del problema. Es evidente además, el efecto de la intrusión salina en las aguas del río Limón y en menor

proporción en el río Escalante. Tales resultados demuestran que las aguas del Lago de Maracaibo, en las condiciones actuales, no son aptas para el consumo humano, ni para abastecer industrias, ni para fines agropecuarios ("relación sodio": 86-88%) por haber sobrepasado las tolerancias máximas permisibles para tales fines, acercándose al límite máximo para el desarrollo de fauna y flora típica lacustre. Los resultados del análisis bacteriológico demuestran fuerte contaminación bacteriana, mayor en las áreas cercanas a las poblaciones y especialmente en Maracaibo, con presencia invariable de *Escherichia coli*, testigo de contaminación fecal.

Se señalan y discuten otros factores de contaminación del lago, resaltando la imperiosa necesidad de adoptar medidas inmediatas tendientes a estudiar y aplicar sin demora y efectivamente soluciones para todas y cada una de las formas de contaminación existentes, con especial atención al aspecto de la salinización en toda la superficie del lago, por constituir el factor contaminante más difícil de controlar y menos reversible, que amenaza con la pérdida irreparable de este preciado recurso natural.

CUADRO Nº 1

UBICACION DE LAS ESTACIONES Y FECHAS DE RECOLECCION DE LAS MUESTRAS DE AGUA DEL LAGO DE MARACAIBO ANALIZADAS

ESTACION	DISTANCIA DE LA # ORILLA EN METROS	FECHAS DE RECOLECCION				
		OCT/68	DIC/69	JUL/70	DIC/71	SEP/72
CAIMARE CHICO (PLAYA)	200-300	15	12	2	12	10
SAN RAFAEL DEL MOJAN (MUELLE)	200-300	16	12	2	12	10
SANTA CRUZ DE MARA (MUELLE)	100-200	18	12	2	12	10
MARACAIBO (PLAZA BUEN MAESTRO)	200-300	16	12	6	12	10
PUENTE SOBRE EL LAGO (PILAS CENTS)	--	-	10	9	10	8
EL TABLAZO (MUELLE)	200-300	-	9	6	9	9
ALTAGRACIA (MUELLE)	200-300	18	9	6	9	9
PALMAREJO (MUELLE)	200-400	16	9	6	9	9
LA CONCEPCION (PLAYA)	200-300	16	13	3	13	8
EL CURARIRE (DTTO. URDAMETA)	200-300	16	13	3	13	8
CABINAS (MUELLE NAVECA)	200-400	17	9	8	9	9
LAGUNILLAS (MUELLE CREOLE)	100-200	17	9	6	9	9
SAN TIMOTEO (MUELLE)	200-300	17	9	6	9	9
BOBURES (MUELLE)	200-300	17	11	-	11	9
CENTRO-NORTE FRENTE LAGUNILLAS (10° 08' 5" N-71° 32' 4" W)		19	10	9	10	8
CENTRO FRENTE SAN TIMOTEO (9° 48' 8" N-71° 38' 20" W)		19	10	9	10	8
CENTRO-SUR FRENTE LA CEIBA (9° 31' 30" N-71° 38' 6" W)		19	10	9	10	8
SUR A 1.000 M DESEMBOCADURA ESCALANTE		19	10	9	10	8
RIO LIMON FRENTE A PUERTO GUERRERO CENTRO RIO		18	12	2	12	10
RIO ESCALANTE (A 2.000 M DE LA BOCA) CENTRO RIO		19	11	10	11	8

* MUESTRAS RECOLECTADAS A 1 M DE PROFUNDIDAD

CUADRO Nº 2

VALORES DE LA CONCENTRACION DE CLORUROS ENCONTRADOS POR DIVERSOS INVESTIGADORES EN MUESTRAS DE AGUA DEL LAGO DE MARACAIBO RECOLECTADAS EN DIFERENTES EPOCAS EXPRESADAS EN MG/L $\frac{1}{l}$.

ESTACION	MARZO 2/ 1954	DICIEMBRE 3/ 1958	MAYO 4/ 1959	OCTUBRE 5/ 1962	JUNIO 6/ 1964	OCTUBRE 7/ 1965	SEPTIEMBRE 8/ 1966	NOVIEMBRE 9/ 1967	MAYO 6/ 1968
CAIMARE CHICO					2.910	930			
SAN RAFAEL DEL MOJAN		1.355				3.330			
SANTA CRUZ DE MARA	2.000				4.160	2.860			
MARACAIBO	2.250						3.150	2.660	2.330
ALTAGRACIA	4.100				3.190	3.130			
PALMAREJO	700								
LA CONCEPCION	710			2.000					
EL CURARIRE		914		2.000					
CABINAS	690			1.990					
LAGUNILLAS	670	849	1.100						
SAN TIMOTEO			1.100						
BOBURES	640	724	1.100						
CENTRO-NORTE	725		1.246	2.100					
CENTRO	747	1.241	1.488	2.200					
CENTRO-SUR	733		1.349	2.100					
SUR (ESCALANTE)	650								
RIO LIMON					250	250			
RIO ESCALANTE									

1/ Algunos valores han sido tomados de curvas de isotoclinidad reportados en los trabajos señalados.

2/ Redfield, et al., 1955 (datos del Woods Hole Oceanographic Institution para la Creole Pet Corp. 1954)

3/ Boscán L., 1959 (tesis de grado, publicada en "Revista del Instituto de Geografía y Conservación de Recursos naturales", Universidad de los Andes, Mérida, diciembre de 1959).

4/ González, M., 1967 (datos de la Creole Pet Corp 1959)

5/ González-Pozo O. E., 1965 (datos de la Creole Pet. Corp., 1962)

6/ Rodríguez, G., 1964 (informe del IVIC al INC 1964)

7/ Rodríguez, G., et al 1966 (informe del IVIC al INC 1966)

8/ Estevez A. E., 1968 (informe del IVIC al INC 1968)

CUADRO Nº 3

VALORES DE LA SALINIDAD (SOLIDOS DISUELTOS) Y DE LA CONCENTRACION DE CLORUROS (Cl⁻) ENCONTRADOS POR LOS AUTORES EN MUESTRAS DE AGUA DEL LAGO DE MARACABO RECOLECTADAS A 1 M. DE PROFUNDIDAD EN 1968-72 EXPRESADOS EN MG/L.

ESTACION	SOLIDOS DISUELTOS					CLORUROS TOTALES (Cl)				
	OCT/1968	DIC/1969	JUL/1970	DIC/1971	SEP/1972	OCT/1968	DIC/1969	JUL/1970	DIC/1971	SEP/1972
CAIMARE CHICO	23.879	20.990	18.350	13.399	35.389	7.470	9.908	9.004	9.479	16.258
SAN RAFAEL DEL MOJAN	2.824		3.538		7.939	1.438		1.685	1.420	4.241
STA. CRUZ DE MARA	5.773	2.793	5.943	2.894	6.640	2.913	1.288	2.966	2.165	4.241
MARACAIBO	4.263	3.360		3.097	4.245	3.088			2.734	2.828
PUENTE SOBRE EL LAGO		3.205	3.503	2.499	3.194		1.520	1.755	1.983	1.767
E L TABLAZO	4.336	4.490	7.336	3.527	8.729		2.110	3.580	2.663	4.595
ALTABRACIA	4.259	4.284	6.473	3.082	7.746	2.176	2.074	3.211	2.414	4.241
PALMAREJO	3.868	3.502	4.031	2.696	3.198	2.141	1.645	1.999	1.988	2.121
LA CONCEPCION	3.775	3.259	3.539	2.806	1.182	1.930	1.574	1.772	2.024	1.414
EL CURARI RE	3.542	3.152	3.467	2.819	1.636	1.930	1.538	1.755	1.988	1.414
CABIMAS	3.515	3.254	3.224	2.480	2.064	1.878	1.538	1.532	1.882	1.414
LAGUNILLAS	3.522	3.018	2.274	4.313	2.064	1.755	1.466	1.649	1.811	1.414
SAN TIMOTEO	3.073	2.881	3.147	2.207	2.004	1.772	1.359	1.562	1.811	1.414
BOBURES	3.699	2.713	3.399	1.952	1.862	1.534	1.256	1.667	1.527	1.060
CENTRO-NORTE	3.987	3.562	2.974	2.974	2.373	1.913	1.532	1.667	1.988	1.767
CENTRO	3.784	3.646	3.665	2.207	2.246	2.071	1.069	1.625	2.272	1.060
CENTRO-SUR	2.403	3.291	3.072	2.564		1.948	1.037	1.509	1.917	
SUR	428	495	393	375	5.468	1.263	1.037	1.037	2.059	
RIO LIMON	147	286	325	237	274	158	125	97	269	3.161
RIO ESCALANTE						18	30	59	284	35

l/ Datos de Boscón et al (1969)

CUADRO Nº 4

RESULTADOS PROMEDIOS OBTENIDOS EN ANALISIS DE MUESTRAS DE AGUA DEL LAGO DE MARACAIBO RECOLECTADAS EN 1.966-1.972 EXCLUYENDO LA BAHIA DE EL TABLAZO Y EL ESTRECHO DE MARACAIBO, EXPRESADOS EN TERMINOS DE LA MEDIA ARITMETICA (\bar{x}) Y LA DESVIACION ESTANDAR (S).

ANALISIS ^{1/} (mg/L)	OCTUBRE 1966		DICIEMBRE 1969		JULIO 1970		DICIEMBRE 1971		SEPTIEMBRE 1972	
	\bar{x}	S	\bar{x}	S	\bar{x}	S	\bar{x}	S	\bar{x}	S
TEMPERATURA (°C)	30,3	0,6			30,6	0,17				
COLOR APARENTE ^{2/}	23,6	12,4								
CONDUCTANCIA ^{3/}	3.941	399								
TURBIEDAD (UNIDADES)	14,7	11,0								
SOLIDOS DISUELTOS	3.550	474	3.199	302	3.188	512	2.680	690	2.016	230
CLORUROS (Cl)	1.799	238	1.312	215	1.606	219	1.926	195	1.369	227
DUREZA (CaCO ₃)	610	82			1.142	121	447	44	405	22
ALCALINIDAD TOTAL (CaCO ₃)	55	7	48	4	38	7	60	8	52	6
ALCALINIDAD FENOLFT. (CaCO ₃)	0,4/	0	0	0	2,7	2,3	1,75	3,35		
pH (24°C)	7,7	0,6	7,9	0,1	8,1	0,2	7,8	0,3	8,0	0,4
SODIO	1.300	158	1.058	80						
POTASIO	34,7	12,7								
CALCIO			41	11	60	17				
MAGNESIO					93	20				
HIERRO	0,083	0,042								
YODO (I) ^{5/}	5,6	1,2			0,856	0,36	0,257	0,217		
SULFATOS (SO ₄)	245	39	101	30	148	37	121	22	126	39
FOSFATOS (PO ₄)	0,06	0,06	0,27	0,05	0,28	0,05				
FLUORURO (F)	0,019	0,03								
NITROGENO (NH ₄)	0,12	0,09	0,20	0,08			0,13	0,10		
OXIGENO DISUELTO									10,5	0,8

- 1/ LOS RESULTADOS DE SABOR Y OLORES SE SEÑALAN EN EL TEXTO
- 2/ EXPRESADOS EN UNIDADES DE LA ESCALA DE CLORO-PLATINATO DE POTASIO
- 3/ EXPRESADA EN MICROMOHS (23°C)
- 4/ UNICAMENTE EN EL CURARIRE, D.T.O. URDANETA (23 mg/L)
- 5/ CONCENTRACION DE YODO EXPRESADA EN MICROGRAMOS/L.

CUADRO Nº 5

RESULTADOS PROMEDIOS OBTENIDOS EN ANALISIS DE MUESTRAS DE AGUA DE LA BAHIA EL TABLAZO Y EL ESTRECHO DE MARACAIBO, RECOLECTADAS EN 1966-1972, EXPRESADOS EN TERMINOS DE LA MEDIA ARITMETICA (\bar{x}) Y LA DESVIACION ESTANDAR (S).

ANALISIS ^{1/} (mg/L)	OCTUBRE 1966		DICIEMBRE 1969		JULIO 1970		DICIEMBRE 1971		SEPTIEMBRE 1972	
	\bar{x}	S	\bar{x}	S	\bar{x}	S	\bar{x}	S	\bar{x}	S
TEMPERATURA (°C)	29,1	0,9			30,8	0,11				
COLOR APARENTE ^{2/}	22,2	14,5								
CONDUCTANCIA ^{3/}	4540	823								
TURBIEDAD (UNIDADES)	16,8	14,9								
SOLIDOS DISUELTOS	4307	1032	3606	1276	5138	1857	2966	368	6968	2361
CLORUROS (Cl)	2361	685	1710	321	2633	819	2323	329	3433	1187
DUREZA (CaCO ₃)	801	230			1817	512	504	13	1236	811
ALCALINIDAD TOTAL (CaCO ₃)	84	32	72	48	78	22	66	14	71	17
ALCALINIDAD FENOLFT. (CaCO ₃)	4,8	4,7	0	0	0	0	3,16	3,12		
pH (24°C)	8,0	0,6	7,8	0,3	8,3	0,6	8,2	0,5	7,8	0,3
SODIO	1878	287	1087	214						
POTASIO	30,0	18,8								
CALCIO			64	11	78	22				
MAGNESIO					166	76				
HIERRO	0,09	0,04			0,43	0,30	0,84	0,46		
SULFATOS (SO ₄)	260	72	196	160	314	88	160	38	403	189
FOSFATOS (PO ₄)	0,06	0,06	0,28	0,08	0,29	0,06				
YODO (I) ^{5/}	5,6	1,9								
NITROGENO (NH ₄)	0,17	0,09	0,28	0,04			0,07	0,08		
FLUORURO (F)	0,102	0,004								
OXIGENO DISUELTO									6,7	6,0

- 1/ Los resultados de sabor y olor se señalan en el texto.
- 2/ Expresados en unidades de la escala de cloro-platinato de potasio.
- 3/ Expresada en micromohs (23°C)
- 4/ Expresado en microgramos/L.
- 5/ Expresado en microgramos/L.

CUADRO N° 6

RESULTADOS DEL ANALISIS DE MUESTRAS DE AGUA DE LOS RIOS ESCALANTE Y LIMON, AFLUENTES DE LAS PARTES NORTE Y SUR-OESTE RESPECTIVAMENTE DEL LAGO DE MARACAIBO, RECOLECTADAS EN 1968-1972

ANALISIS (mg/L)	RIO ESCALANTE ^{1/}				RIO LIMON ^{2/}					
	OCT 1968	DIC 1969	JUL 1970	DIC 1971	SET. 1972	OCT 1968	DIC 1969	JUL 1970	DIC 1971	SET 1972
TEMPERATURA	26,5				32,0	28,2				
COLOR APARENTE (UN CI-Pr)	180					50				
SABOR	ferroso					salobra				
OLOR	ferroso					inodoro				
TURBIEDAD (UNIDADES)	85					31				
CONDUCTANCIA (MMOHS 23°C)	142					620				
SOLIDOS DISUELTOS	147	286	325	237	274	428	495	393	375	5468
CLORURO (Cl)	18	30	59	61	35	158	125		269	3181
DUREZA (CaCO ₃)	60		113	94	72	223		300	156	931
ALCALINIDAD TOTAL (CaCO ₃)	52	55	70	83	75	151	157	129	89	105
ALCALINIDAD FENOLF. (CaCO ₃)	0					0				
pH (24°C)	8,8	7,9	7,3	7,3	7,5	7,5	8,5	7,7	8,2	7,9
SODIO	11					100				
POTASIO	1					1				
CALCIO		20	30				43	30		
NIERRO	0,46		7,10	1,06		0,12		0,92	0,65	
SULFATOS (SO ₄)	9,5	9,2		9,6	13,4	19	8,5		5,8	3,4
FOSFATOS (PO ₄)	0,25	0,54	0,21			0,08	0,29	0,30		
FLUORURO (F)	0,100					0,100				
NITROGENO (NH ₄)	0,16	0,10		0,10		0,26	0,05		0,03	
ODDO (1) MICRO-g/L	44,0					0,18				

^{1/} Muestras recolectadas a aproximadamente 1 000 m de la desembocadura (centro del río, 1 m de profundidad)

^{2/} Muestras recolectadas en Pta Querrera, Dpto Mara (centro del río, 1 m de profundidad)

CUADRO N° 7

CONTENIDO PORCENTUAL DE LOS PRINCIPALES COMPONENTES DE LAS AGUAS DE MAR Y RIO EN COMPARACION CON EL LAGO DE MARACAIBO Y LOS RIOS ESCALANTE Y LIMON.

CARACTERISTICAS	MAR		GOLFO DE VENEZUELA		LAGO DE MARACAIBO ^{2/}				RIO	RIOS DEL LAGO DE MARACAIBO			
			(CAIMARE OHCO)		LAGO		BAHIA- ESTRECHO			ESCALANTE		LIMON	
	\bar{x}	\bar{x}	\bar{x}	\bar{x}	\bar{x}	\bar{x}	\bar{x}	\bar{x}	\bar{x}	\bar{x}	\bar{x}	\bar{x}	
	1/	1/	(68-71)	(68-71)	(68-71)	(68-71)	1/	(68-71)	(68-71)				
	mg/L	%	mg/L	%	mg/L	%	mg/L	%	mg/L	%	mg/L	%	
SOLIDOS TOTALES													
DISUELTOS	34.482	100,00	19.208	100,00	3.154	100,00	3.298	100,00	100,00	248	100,00	423	100,00
Cl ⁻	18.980	55,04	8.968	46,69	1.661	52,70	2.230	57,20	5,68	42	16,87	184	43,80
SO ₄ ²⁻	2.649	7,68	1.084	5,55	188	5,91	232	6,00	12,14	9,4	38,00	111	2,60
CO ₃ ²⁻									35,15				
Na ⁺	10.558	30,62	3.500	18,22	1.179	37,40	1.318	33,81	5,79	11	4,42	100	23,80
K ⁺	0,380	1,10	240	1,25	23,7	0,80	24,30	0,62	2,12	1	0,40	1	0,02
Ca ²⁺	0,400	1,15	255	1,33	32,0	1,00	64,5	1,55	20,39	25,0	10,00	48,5	11,00
Mg ²⁺	1.272	3,69	500	2,60	93,0	2,95	158,4	4,08	3,41	5,0	2,01	10,4	2,45

^{1/} Fuente: Sverdrup et al (1942)

^{2/} Se dan valores por separado del cuerpo interno del Lago y de la bahía El Tablazo y el Estrecho de Maracaibo.

CUADRO N° 8

TOLERANCIAS MAXIMAS DEL AGUA SEGUN SU APLICACION (MG/L)

CARACTERISTICAS	USO DOMESTICO 1/	USO INDUSTRIAL 2/	IRRIGACION 3/	CRIA DE ANIMALES	DESARROLLO DE FAUNA Y FLORA 4/
COLOR (UNIDADES)	15	-	-	-	-
SABOR Y OLOR	ACEPTABLE	-	-	-	-
TURBIEDAD (UNIDADES)	5	-	-	-	-
SOLIDOS DISUELTOS	500	500-1.000	1.400	4.500	7.000
CLORUROS (Cl)	250	250	-	-	-
DUREZA (CaCO ₃)	500	-	-	-	-
NITRATOS	45	15	BENEFICIOSO	570	-
SULFATOS (SO ₄)	250	-	950	1.000	90
HIERRO	0,3	0,2	-	-	-
PLOMO	0,05	INACEPTABLE	TOXICO	0,5	0,1
MANGANESO	0,05	0,05	BENEFICIOSO	10	1
FLUORURO (F)	1,2	-	-	-	-

1/ NORMAS BACTERIOLÓGICAS (APHA 1965): NUMERO MAS PROBABLE DE MICROORGANISMOS NO + 10% DE MUESTRAS POSITIVAS (+) PARA PORCIONES DE 10 ML EN UN MES, NI MAS DE 60% (4) PARA 100 ML; RECUESTO DE COLONIAS EN PLACAS NO MAYOR DE 3%/30ML, 4%/100 ML, 7%/200 ML, 13%/500 ML O 5% PARA 20 O MAS MUESTRAS EN UN MES.

2/ VARIABLE SEGUN EL TIPO DE INDUSTRIA (VER CUADRO 9).

3/ RELACION SODIO: (Na) + (K) 100/(Na) + (K) + (Ca) + (Mg) NO SUPERIOR A 60% PORQUE AFECTARIA PERMEABILIDAD DEL SUELO.

4/ DE AGUA DULCE.

CUADRO N° 9

TOLERANCIAS MAXIMAS PARA EL AGUA DE ABASTECIMIENTO DE DIVERSAS INDUSTRIAS (MG/L) 1/

	INDUSTRIAS LACTEAS 2/	ENLATADO CONSERVAS	CERVECERIAS	BEBIDAS GASEOSAS	HORNADOS	MIEL	LAVADO DE EQUIPOS	CALDERAS 3/
COLOR (UNIDADES)	5			10	10	5	20	50
SABOR Y OLOR	NINGUNO	NINGUNO	NINGUNO	NINGUNO	NINGUNO	NINGUNO	NINGUNO	
TURBIEDAD	1	10	10	1-2	10	1-8	1	20
CLORUROS (Cl)	250	250	250	250				
HIERRO Y MANGANESO	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	
SULFATOS (SO ₄)	250	250		250		250		
ALCALINIDAD (CaCO ₃)			75-150	30-55		30-50		
DUREZA (CaCO ₃)	25-55			250			10	75
pH			7					8
OXIGENO DI SUELTO								2
MATERIA ORGANICA	NINGUNA	NINGUNA	NINGUNA	NINGUNA	NINGUNA	NINGUNA	NINGUNA	
FLUORURO	1	1	1	1			1	
SOLIDOS DISUELTOS	550	170-350	500-1000	550		300	550	300-1000

1/ Parker y Litchfield, 1965, Rivas-Mijares, 1967, y otras fuentes menores

2/ Agua destinada al lavado de mantequilla.

3/ Tolerancias para calderas de 0-150 lb/pulg², variables a presiones mayores (Rivas-Mijares, 1967).

CUADRO N° 10

ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO DE MUESTRAS DE AGUA DEL LAGO DE MARACAIBO Y RÍOS ESCALANTE Y LIMÓN RECOLECTADAS EN SEPTIEMBRE DE 1972. RECUENTO TOTAL EN PLACAS, RECUENTO DE COLIFORMES EN PLACAS, NÚMERO MÁS PROBABLE DE COLIFORMES, EN BACTERIAS POR ML.

ANÁLISIS	GOLFO DE VENEZUELA	LAGO DE MARACAIBO		RÍO ESCALANTE	RÍO LIMÓN
	(CAIMARE CHICO)	(BAHÍA-ESTRECHO)	(LAGO)	(DESEMBOCADURA)	(S CARLOS) (P QUERRERO)
RECUENTO TOTAL (PLACAS):					
RANGO		1 000 - 250 000	2 000-800 000	400 000-950 000	
\bar{x}	20 000	66 000	500 000	350 000	710 000 5 000
COLIFORMES:					
RECUENTO EN PLACAS:					
RANGO		4 - 1 000	10 - 1 400	250-1 500	
\bar{x}	100	330	410	20	1 200 2 000
NÚMERO MÁS PROBABLE:					
RANGO		0 - 430	0 - 450	250-920	
\bar{x}	13	137	272	600	450
DETECCIÓN DE <i>Escherichia coli</i> *	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)

* Prueba de Eijkman (APHA 1965)

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUERREVERE I. P. (1960). "Apuntaciones acerca de la salinidad del Lago de Maracaibo", Caracas, 15 de agosto 1960.
- APHA. (1965). "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, XII Ed., American Public Health Association, Inc., New York.
- BOSCAN L., (1959). "Ensayos Hidrográficos del lago de Maracaibo". Tesis. Universidad de los Andes, Mérida. Publicada en Revista del Instituto de Geografía y Conservación de Recursos Naturales, Universidad de los Andes, Mérida, diciembre 1959.
- BOSCAN L., F. CAPOTE Y E. AMESTI. (1969). "Contribución al estudio de la composición salina de las aguas del lago de Maracaibo, I Jornadas Zulianas de la Asociación Venezolana para el Avance de la Ciencia, Maracaibo, Venezuela.
- BUSTOS E. (1969). "Contaminación de las aguas del lago de Maracaibo: método de estudio, Facultad de Ingeniería, Universidad del Zulia, Maracaibo, Venezuela.
- CADENAS R. (1968). "One dimensional Analysis of Salinity and Sediments of the Maracaibo Channel". Master's Thesis. Massachusetts Institute of Technology.
- CARTER D. (1955). "The Water Balance of the Maracaibo Basin durin 1946-1953". Laboratory of Climatology, Drexell Institute of Tecnology.
- CORONA L. F. (1964). "Balance hidrológico del lago de Maracaibo". Instituto Nacional de Canalizaciones, Caracas, Venezuela.
- CORONA L. F. (1966). "Salinity Intrusion and Sedimentation in the Straits of Maracaibo". Master's Thesis. Massachusetts Institute of Technology.
- CORONA L. F., E. PARTHENIADES AND J. F. KENNEDY (1965). "The interaction of Tides, Salinity and Sediment in the lake Maracaibo Estuary in Venezuela". Diciembre 1965.

- CREOLE PETROLEUM CORPORATION (1961). "Salinity Changes in Maracaibo Lake". Creole Petroleum Corporation, Departamento de Ingeniería General, Venezuela.
- CREOLE PETROLEUM CORPORATION (1963). "Hidrographic Survey of Lake Maracaibo". Estudio preparado por la Creole Petroleum Corporation durante 1962-1963, Venezuela.
- DOE E. (1957). "Algunos aspectos hidrográficos del lago de Maracaibo". VI Congreso Venezolano de Ingeniería, Valencia, febrero 1957.
- ESTEVES A. E. (1968). Análisis químico efectuado del 18-1-1966 al 22-3-1968 en el plancton y el flujo de agua en el estuario de Maracaibo. Informe al Instituto Nacional de Canalizaciones, Caracas, mayo 1968.
- ELWELL W. T. AND J. A. F. GIDLEY (1962). "Atomic Absorption Spectrophotometry". Mac-Millan Co., New York.
- FERRANDO H. J. (1972). Comunicación personal. Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad del Zulia, Maracaibo, Venezuela, 13 de setiembre de 1972.
- FRIEDMAN I., D. R. NORTON, D. B. CARTER AND A. REDFIELD (1958). The Deuterium Balance of Lake Maracaibo. *Limnology and Oceanography*, Vol. I, N° 4.
- GONZALEZ M. (1959). Informe general sobre las posibilidades de dulcificar progresivamente las aguas saladas del lago de Maracaibo, hasta hacerlas utilizables para el consumo humano, agrícola o industrial. *Revista del Colegio de Ingenieros*, Octubre 1959.
- GONZALEZ M. (1967a). "Estudio sobre la posibilidad de dulcificar las aguas del lago de Maracaibo, Ministerio de Obras Públicas, Caracas, julio 1967.
- GONZALEZ M. (1967b). "Informe sobre la factibilidad de construir el terraplén de Maracaibo. Ministerio de Obras Públicas, Caracas, agosto 1967.
- GONZALEZ-POZO O. E. (1965). "Estudios de la salinidad en el lago de Maracaibo". Tesis, Facultad de Ingeniería, Departamento de Hidráulica, Universidad del Zulia, Maracaibo, Venezuela, Enero 1965.
- HARLEMAN D. R. F., L. F. CORONA Y E. PARTHENIADES (1966). "Análisis de la distribución de la salinidad en el canal de Maracaibo". Instituto Nacional de Canalizaciones, Caracas, junio 1966.
- INSTITUTO NACIONAL DE CANALIZACIONES (1963-1966). Informes Anuales de 1963, 1964, 1965, 1966. Instituto Nacional de Canalizaciones, Caracas.
- INSTITUTO NACIONAL DE CANALIZACIONES (1969). "Proyecto Maracaibo". Instituto Nacional de Canalizaciones, Caracas.
- INSTITUTO NACIONAL DE CANALIZACIONES (1967). "Bibliografía sobre el lago de Maracaibo". Instituto Nacional de Canalizaciones, Caracas.
- JARRELL ASH DIVISION. "Instruction manual 82-720 Dial-Atom Atomic Absorption Flame Emission Spectrophotometer". Jarrell-Ash Division, Fisher Scientific Co., Waltham, Massachusetts.
- MARTINEZ F. A. (1955). Diccionario geográfico del Estado Zulia. *Revista de Fomento* N° 89-90. Ministerio de Fomento, Caracas.
- McCAMMON A. G. (1958). General Aspects of a Study on the Regimen of Maracaibo Lake, Ch. 37 Coastal Engineering 1955.
- McKEE AND WOLF. "Water Quality Criteria". The Resources Agency of California State Water Quality Control Board, Sacramento, California.
- M.O.P. (1954). "Esbozo preliminar para estudios sobre recursos de agua dulce en la cuenca del lago de Maracaibo". Informe de la oficina Aguerreverere S. A. para el Ministerio de Obras Públicas. Caracas, diciembre 1954.
- NAVA R. y A. ALIZO (1960). "Método gráfico para la predicción de caudales en el estrecho de Maracaibo", Facultad de Ingeniería, Universidad del Zulia. Maracaibo, Venezuela, mayo de 1966.

- PARKER M. E., J. H. LITCHFIELD (1962). "Food Plant Sanitation". Reinhold Publishing Corp. London.
- PARTHENIADES E. (1966). Field Investigations to determine Sediment Sources and Salinity Intrusion in the Maracaibo Estuary, Venezuela. Hydrodynamics Laboratory Report N° 94, Massachusetts Institute of Technology, June 1966.
- RIVAS-MIJARES G. (1967). Calidad del agua en función del uso que tiene, Cap. V en "Desarrollo de Aguas Subterráneas". Universidad Central de Venezuela, Caracas.
- REDFIELD A., KETCHUM AND BUMPUS (1955). "The Hydrography of Lake Maracaibo". Woods Hole Oceanographics Institution. Creole Petroleum Corporation, Venezuela.
- ROBINSON J. W. (1966). "Atomic Absorption Spectroscopy". Marcel Dehker Inc., New York.
- RODRIGUEZ G. (1964a). "Informe al Instituto Nacional de Canalizaciones sobre la biota de la bahía de El Tablazo". Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas, Caracas.
- RODRIGUEZ G. (1964b). "Physical Parameters of Maracaibo Estuary and their ecological Implications", noviembre 1964.
- RODRIGUEZ G. G. FEBRES Y A. E. STEVES (1966). "Estudios Hidrobiológicos en el estuario de Maracaibo". Informe al Instituto Nacional de Canalizaciones. Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas, Caracas, mayo de 1966.
- SOBOTT P. L. (1964). "A Study on the Hydrography of Lake Maracaibo". Creole Petroleum Corporation, Venezuela.
- S.V.I.H. (1967). MESA REDONDA SOBRE SALINIDAD DEL LAGO DE MARACAIBO: CONCLUSIONES DE LOS TEMAS PRESENTADOS POR M. GONZALEZ, J. BREZZINA, L. CORONA, G. RODRIGUEZ. SOCIEDAD VENEZOLANA DE INGENIERIA HIDRAULICA-SECCIONAL ZULIA, Maracaibo, Venezuela, 14 de Junio de 1967.
- SVERDRUP H. V., M. W. JOHNSON AND R. H. FLEMING (1942). "The Oceans, Their Physics, Chemistry and General Biology". Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey.
- ZEIGLER J. M. (1960). "The Hydrography and Sediments of the Gulf of Venezuela. Woods Hole Oceanographics Institution, Woods Hole, Massachusetts.