

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE QUÍMICA

ESTUDIO DE CONTAMINACION EN EL
LAGO DE CHAPALA

275

T E S I S

que para obtener el título de

INGENIERO QUÍMICO

presenta

MIGUEL ANGEL PAREDES PEREZ

MEXICO, D. F.

1 9 7 5



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

CLAS TESIS
ABO 1975
FECHA 1975
PROC MC 260



A mi esposa e hija
VICTORIA ALICIA Y PERLITA

Al Sr.
I.Q. PROFR. ALBERTO OBREGÓN PÉREZ
con agradecimiento por su colaboración en el desarrollo del presente trabajo.

AL ING. DR. ROBERT BANKS
con agradecimiento por sus enseñanzas.

A mi padre y hermanos
JOSÉ LUIS, VÍCTOR Y FELIPE

*A mis maestros, amigos y
compañeros de estudios.*

PRESIDENTE: *Profr. Guillermo Hernández Angeles*

VOCAL: *Profr. Ramón Vilchis Zimbrón*

Jurado SECRETARIO: *Profr. Alberto Obregón Pérez*

1er. SUPLENTE: *Profr. Jorge Mencarini Peniche*

2do. SUPLENTE: *Profr. Carlos Romo Medrano*

Tema desarrollado en: **Guadalajara, Jalisco**

Sustentante: *Miguel Angel Paredes Pérez*

Asesor del tema: *Profr. Alberto Obregón Pérez*

C O N T E N I D O

- 1.- Introducción
- 2.- Objetivos
- 3.- Generalidades sobre el Lago de Chapala
- 4.- Algunos aspectos Socio Económicos sobre la región
- 5.- Localización de las estaciones de muestreo
- 6.- Factores Fisico-Químicos
 - 6.1.- Reconocimientos de la región
 - 6.2.- Recolección de muestras
 - 6.3.- Resultados analíticos
 - 6.3.1.- Temperatura ambiental
 - 6.3.2.- Temperatura líquida
 - 6.3.3.- Potencial Hidrógeno (pH)
 - 6.3.4.- Oxígeno Disuelto (OD)
 - 6.3.5.- Demanda Química de Oxígeno (DQO)
 - 6.3.6.- Cloruros como (Cl^-)
 - 6.3.7.- Sulfatos como ($\text{SO}_4^{=}$)
 - 6.3.8.- Grasas y Aceites
- 7.- Computación de Demanda Biológica de Oxígeno (DBO) y -
Demanda Biológica de Oxígeno última (DBO_u)
- 8.- Conclusiones y recomendaciones
- 9.- Bibliografía

1.- INTRODUCCION

La selección del presente trabajo como tema de tesis, se debe a la necesidad que tiene la República Mexicana en conjuntar todas las piezas humanas posibles, para poder evitar un desastre en un futuro no muy lejano.

En la República Mexicana, como en muchas partes de nuestro Planeta, el tema " CONTAMINACION " es de grandes discusiones; no obstante hasta la fecha no se cuentan con medidas más estrictas para poder controlar, hasta donde sea posible todas aquellas fuentes que la están provocando.

En las últimas décadas, se ha visto una aplicación desordenada de las energías humanas, a la tierra, al agua y al aire. La humanidad ha abusado de estos recursos hasta el punto de que la naturaleza, se está rebelando contra sus propios explotadores. Las condiciones naturales de salud y seguridad humana, se están viendo sometidas a asaltos salvajes y complejos; actualmente ya están amenazando la integridad fisiológica de nuestros ciudadanos.

A aquellos que por miopía, venalidad e indiferencia producen contaminación, el primer paso a dar es proporcionarles información de lo que están provocando; y explicarles las medidas que pueden adoptar para controlar dicho estado de cosas.

La tendencia de las compañías a reducir los costos, e invertir solo en maquinaria y sistemas que aumentan las ventas, y por ende las ganancias, impone como cargas sociales sobre el público los contaminantes de las actividades de dichas compañías.

Lo mismo sucede con las Industrias, la falta de eliminación de sus desechos de los productos al reaccionar entre sí y vaciarse y convertirse en desperdicio que van a dar a los vasos de agua de los lagos, ríos etc.

El presente trabajo se desea, que pueda servir de ayuda a todas aquellas personas que estén interesadas, en el tema de contaminación de agua.

A lo largo del tema, se expondrá algunos conceptos básicos para cuantificar los diferentes parámetros analizados en el Laboratorio, y observar si son nocivos o no para la vida marina del Lago de Chapala.

Hago patente mi agradecimiento al Instituto de Ingeniería de la UNAM, en donde en la actualidad presto mis servicios, por la oportunidad que me concedió, para elaborar el presente trabajo, y -- también a la S.R.H. (Dirección General de usos del agua y Prevención de la Contaminación), que fungió como patrocinador de dichos proyectos (830). "Estudio Limnológico del Lago de Chapala", ya que sin su ayuda hubiera sido difícil la elaboración de dicho trabajo.

2.- OBJETIVOS

Los objetivos del presente estudio, son las de obtener - información de los siguientes parámetros contaminantes como lo son: pH, T, OD, DBO₅, DBO_u, D.Q.O, sulfatos, cloruros, grasas y aceites; así como observar, si los resultados obtenidos son nocivos para la vida marina del Lago. Como también la de preparar recomendaciones y conclusiones de los resultados analíticos obtenidos, los cuales se presentan en tablas o en gráficas con la explicación necesaria.

3.- GENERALIDADES SOBRE EL LAGO DE CHAPALA

El Lago de Chapala es uno de los más importantes de la - República Mexicana, particularmente para el estado de Jalisco. Se localiza aproximadamente a 50 Km al sur de Guadalajara, su longitud es de 80 Kms, su anchura de 6 a 25 Kms, la profundidad promedio es alrededor de 7 mtrs. y su capacidad, es de aproximadamente de 6800 millones de metros cúbicos. Es actualmente, uno de los paseos más frecuentes del turismo mexicano y extranjero.

El Lago de Chapala forma parte de la cuenca Lerma-Santiago, la cual comprende 130,000 Kms² y es una de las más extensas del país, es de las más relevantes por su demografía, su potencialidad económica y posición geográfica, enclavada prácticamente en el centro de la región.

Su importancia estriba en que tiene todas las posibilidades de usos benéficos para la región como recreación, agricultura, abastecimiento de agua, pesca, deportes acuáticos, generación de energía eléctrica etc.

Otra de las ventajas o desventajas al tema, es que en él, se vierten todas las materias orgánicas e inorgánicas de la región, sufriendo una transformación natural, por la enorme capacidad de dilución del vaso en cuestión.

Todos los datos encontrados y evaluados, se obtubieron en tres etapas (nombre adoptado por conveniencia de identificación).

La primera etapa abarcó de Enero a Marzo de 1973, la segunda fué de Junio a Noviembre del mismo año, la tercera y última fué de Abril a Agosto de 1974. Cada etapa a su vez, estuvo subdividida en fases, las cuales se realizaron aproximadamente de un mes a otro. En la tabla 3.1 se presentan todas las fases realizadas y sus características.

TABLA 3.1

ETAPA	P R I M E R A		S E G U N D A		T E R C E R A		
	1era	2da	4ta	5ta	6ta	7ma	8va
AÑO	1973	1973	1973	1973	1974	1974	1974
MES	Ene. Feb.	Feb. Mar.	Oct. 33	Nov. 33	Abril 33	Jun. 33	Agos. 33
DIAS	22 - 7	22 - 3	16-26	22-29	3-10	5-10	5-12
DURACION	17	10	10	7	7	5	7

Todas las fechas mencionadas en la tabla 3.1 corresponden a las fases de recolección de muestras para los diferentes análisis físicoquímicos

4.- ALGUNOS ASPECTOS SOCIO ECONOMICOS DE LA REGION

Durante el tiempo que duró el estudio, se efectuaron visitas a las poblaciones aledañas al Lago de Chapala, en dichas visitas se obtuvo información variada sobre diferentes aspectos socio económicos.

La información en las poblaciones se refiere, a principales fuentes de trabajo, producción agrícola y ganadera, producción pesquera, turismo e industrias más recientes.

En la fig 4.1 se presenta un mapa de la región del Lago de Chapala, en el cual aparecen las principales poblaciones de los estados de Jalisco y Michoacán que bordean al lago.

En la tabla 4.1 se presenta información general sobre esas poblaciones, la cual fue recabada directamente en el campo durante visitas que se hizo a la zona.

En resumen alrededor del lago se tiene lo siguiente:

- a) Principales fuentes de trabajo : agricultura, pesca, ganadería, turismo, algo de industria y comercio.
- b) Productos agrícolas : maíz, sorgo, frijol, garbanzo y legumbres.
- c) Ganado: muy poco, principalmente vacuno (cebu).

En la tabla 4.2 se presentan los datos sobre producción pesquera en el Lago de Chapala, para los años 1971 y 1972 y para el periodo de Enero a Julio de 1973.

En la tabla 4.3 se presentan los datos recabados por medio de encuestas, llevadas a cabo por el Departamento de Turismo del Estado de Jalisco, sobre afluencia turística en la zona comprendida entre las poblaciones de Chapala y Jocotepec en la ribera noroeste del lago.

En la figura 4.2 se presenta la gráfica de afluencia mensual de turistas a la región del lago.

En la tabla 4.4 se presentan las características principales de las industrias, que aunque no se encuentran alrededor del lago sino en el río Santiago vale la pena mencionárlas. Actualmente se localizan principalmente industrias químicas, las cuales se encuentran dentro del llamado "corredor industrial", situado en el tramo de el Salto y la Barca y son: Cyanamid, Ciba y Celanese. Además en Ocotlán se localiza una planta de productos lácteos: Nestle.

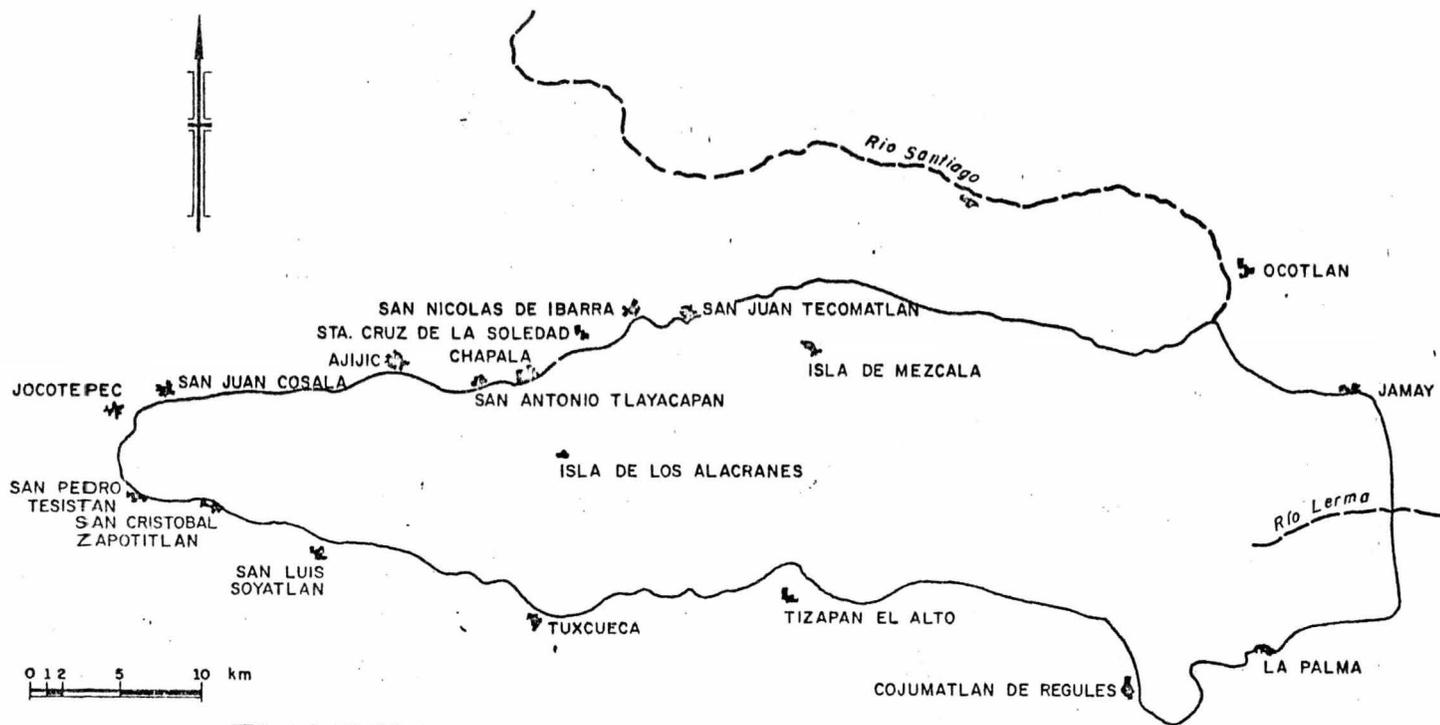


FIG.4.1 PLANO DEL LAGO DE CHAPALA

TABLA 4.1 INFORMACION SOBRE LAS POBLACIONES ALEDANAS AL LAGO DE CHAPALA

Población	Principales fuentes de trabajo	Productos agrícolas	Ganado
Chapala, Jal	Turismo, construcción, pesca, agricultura	Maíz, garbanzo, chícharo, legumbres	Casi no hay
Ajijic, Jal	Turismo, agricultura, pesca	Maíz, garbanzo, chícharos y legumbres	Casi no hay
San Nicolás de Ibarra	Pesca, agricultura	Maíz, garbanzo, chícharos, legumbres	Casi no hay
San Antonio Tlayacapan	Pesca, agricultura	Maíz, garbanzo, chícharos, legumbres	Casi no hay
Jocotepec	Agricultura, ganadería, pesca y artesanías	Maíz, frijol, sorgo, garbanzo	Vacuno (cebú)
San Juan Cosalá	Turismo y pesca	Maíz, garbanzo	Casi no hay
San Pedro Tequisitán	Agricultura y ganadería	Maíz, frijol, garbanzo	Vacuno (cebú)

TABLE 4.1 INFORMACION SOBRE LAS POBLACIONES ALEDANAS AL LAGO DE CHAPALA

San Cristobal Zapotitlán	Agricultura y ganadería	Maíz, frijol, garbanzo	Vacuno (cebú)
Tuxcueca	Agricultura, ganadería, pesca	Maíz, garbanzo, frijol, sorgo	Vacuno (cebú)
San Nicolás de Acuña	Agricultura, ganadería, pesca	Maíz, garbanzo, frijol, sorgo	Vacuno (cebú)
San Luis Soyatlán	Agricultura, ganadería, pesca	Maíz, garbanzo, frijol, sorgo	Vacuno (cebú)
Tizapán el Alto	Agricultura, pesca, ganadería	Cebolla, tomate, maíz, chile, fresa, col, frijol, garbanzo, legumbres	Vacuno (cebú)
Jamay	Agricultura y pesca	Maíz, sorgo, trigo, garbanzo	Casi no hay

TABLA 4.1 INFORMACION SOBRE LAS POBLACIONES ALEDANAS AL LAGO DE CHAPALA

Ocotlán	Agricultura, industria, ganadería, comercio, pesca	Maíz, sorgo, garbanzo, trigo	Vacuno (cebú)
Poncitlán	Agricultura, pesca	Maíz, sorgo, legumbres	Casi no hay
Poblaciones del Mpio. de Poncitlán	Agricultura, pesca	Maíz, legumbres, garbanzo	Casi no hay
Cojumatlán	Agricultura, ganadería, pesca, comercio	Cebolla, tomate, maíz, legumbres	Vacuno (cebú)
La Palma	Agricultura, pesca	Maíz, sorgo, legumbres, cártamo	Casi no hay

TABLA 4.2 ESPECIES EXPLOTADAS EN EL LAGO DE CHAPALA (1971-1973)

ESPECIE	1971 Kg	1972 Kg	Ene-Jul 1973 Kg
Bagre	95 878	145 360	76 198
Pescado blanco	46 465	78 290	42 995
Carpa	26 130	38 450	12 860
Charal seco	180 087	737 600	393 387
Sardina	14 665	14 902	19 312
Popocha	30	4 379	9 990
Rana	3 400	8 480	4 720
No especificado	1 500	500	120
Mojarra		250	400

T O T A L E S 368 155 1 028 211 559 982

TABLA 4.3 AFLUENCIA TURISTICA A LA REGION NOROESTE DEL LAGO DE CHAPALA

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Annual
1 9 6 8													
Turistas nacionales	396	387	570	754	639	426	648	742	535	520	659	566	6 842
Turistas extranjeros	217	265	216	226	190	148	222	278	116	113	138	297	2 426
Totales	613	652	786	980	829	574	870	1020	651	633	797	863	9 268
1 9 6 9.													
Turistas nacionales	527	411	923	923	506	1049	925	1623	917	660	273	812	9 253
Turistas extranjeros	217	308	246	246	163	364	406	459	264	447	154	452	3 825
Totales	744	719	1169	1169	669	1413	1331	2082	1181	1107	427	1264	13 078
1 9 7 0													
Turistas nacionales	923	784	1398	1417	898	1549	1401	2238	1391	1083	618	1265	14 965
Turistas extranjeros	551	660	586	597	486	717	778	841	607	827	521	833	7 959
Totales	1474	1444	1984	2014	1384	2266	2179	3079	1998	1910	1139	2098	22 974
1 9 7 1													
Turistas nacionales	959	814	1453	1473	933	1610	1456	648	1445	1125	1314	2326	15 556
Turistas extranjeros	873	685	609	620	502	745	809	572	636	494	859	1575	8 979
Totales	1832	1499	2062	2093	1435	2355	2265	1220	2081	1619	2173	3901	24 535

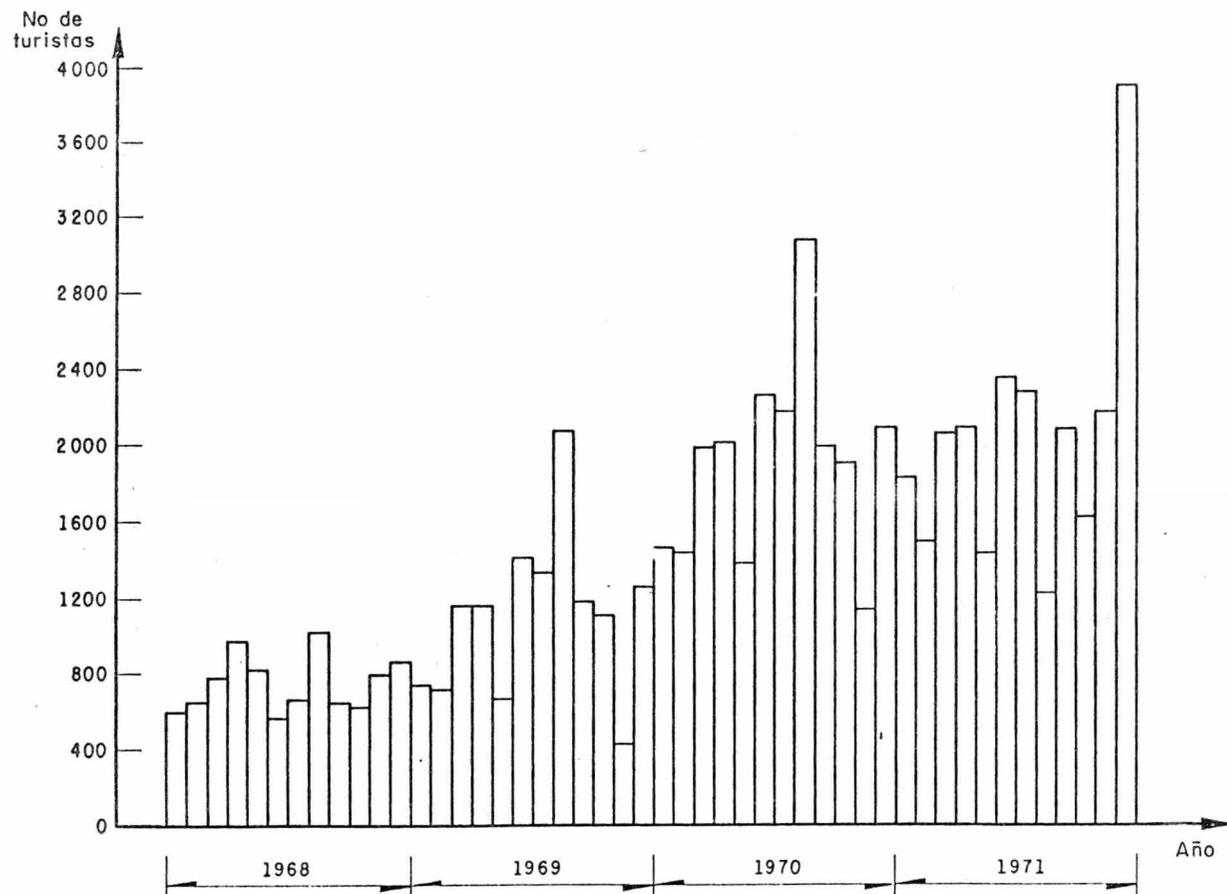


FIG. 4.2 AFLUENCIA MENSUAL DE TURISTAS A LA REGIÓN DEL LAGO DE CHAPALA

TABLA 4.4 PRINCIPALES CARACTERISTICAS DE LAS INDUSTRIAS QUE SE LOCALIZAN A LO LARGO DEL RIO SANTIAGO

Nombre de la industria	Localización	No. de empleados y obreros	Productos principales
CIBA-GEIGY Planta Atequiza	Atequiza, Jal	210	Materia prima para productos farmacéuticos (Bioformas) Productos textiles auxiliares (Suavizantes para acabados de telas, blanqueadores ópticos) Colorantes textiles Resinas hepóxicas
CYANAMID DE MEXICO, S. A. Planta Atequiza	Atequiza, Jal	180	Plástico laminado Antibiótico a granel Antibiótico grado animal Promotores químicos para la minería
NESTLE, S. A.	Ocotlán, Jal		Leche maternizada Productos aglomerados
CELANESE MEXICANA, S. A.	Ocotlán, Jal		Nylon Poliéster Acetato de celulosa
INDUSTRIAS OCOTLAN, S. A.	Ocotlán, Jal		Hilados de poliéster, nylon y acetato de celulosa. Teñido de los hilados anteriores

5.- LOCALIZACION DE LAS ESTACIONES DE MUESTREO

La recolección de muestras de agua para los diferentes análisis efectuados en el Laboratorio, no se hizo en forma arbitraria. Se estudió en primer lugar las fuentes de contaminación que directa o indirectamente llegaban al Lago de Chapala. Por lo que en el afluente de ellas se escogió el punto para colocar la estación de muestreo correspondiente, ó bien la selección simplemente se lograba con un brújula ó por referencias de cerros, casas, hoteles etc.

Las estaciones de muestreo fueron boyas, el diseño de las mismas no fué ningun problema, la que dió mejor resultado en costo, tiempo y estabilidad, fué la que se utilizó para los fines del estudio. En la figura 5.1 se presenta un esquema del diseño de una boya.

Las estaciones de muestreo fueron 25 y se distribuyeron en toda el área del lago, en tres zonas, Jocotepec en el lado este, Chapala en el centro y Ocotlan en el lado oeste, en esta última parte se encuentra la entrada del Río Lerma y salida del Río Santiago.

Cada zona se subdividió aproximadamente en ocho partes iguales para las dos primeras y nueve para la tercera, así como en el centro de cada subdivisión también se instalaron algunas.

Cada estación de muestreo se número de acuerdo con la zona en que se encuentra localizada correspondiendo los números (01 a 08) a la zona Jocotepec, (10 a 17) a la zona Chapala, y (20 a 28) a la Ocotlán. En la fig 5.2 se presenta el esquema definitivo de como quedarón distribuidas las estaciones de muestreo.

Para fines prácticos del presente trabajo que se expone como tesis, se tomó un promedio general para cada zona de estudio de acuerdo a la fase que le correspondía, debido a que las concentraciones de todos los parámetros en las tres etapas fueron muy similares con algunas excepciones esporádicas.

Por otra parte en la tabla 5.1 se presentan todos los aparatos eléctricos utilizados en el trayecto de las tres etapas, así como también sus requerimientos de energía.

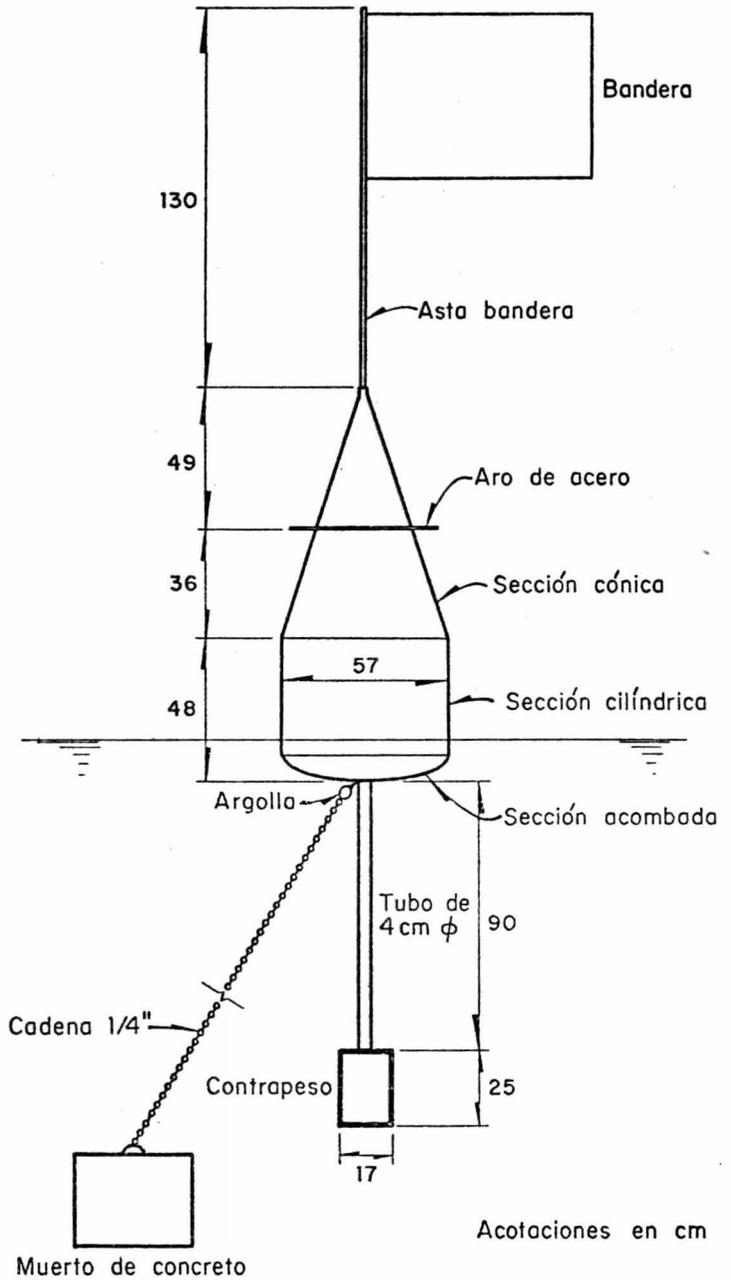


FIG 5.1 MODELO DEFINITIVO DE MOYA

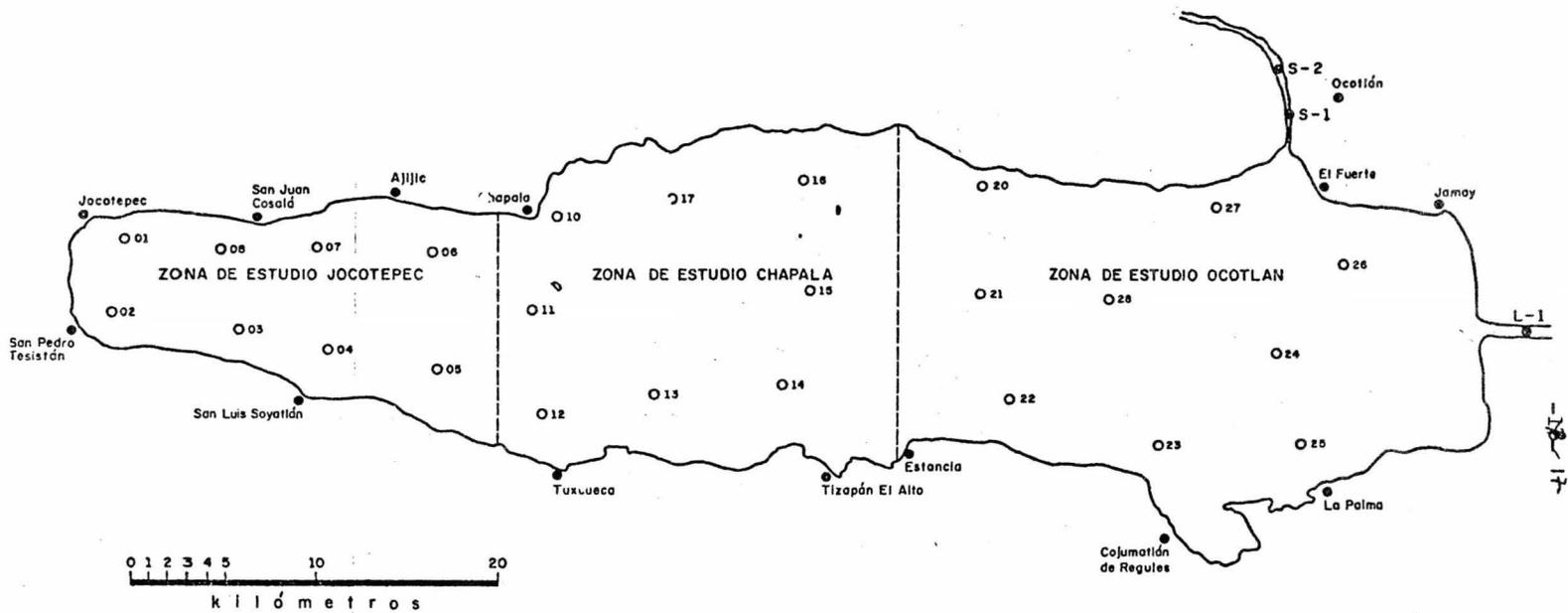


FIG 5.2 LOCALIZACION DE BOYAS

TABLA 5.1 LISTA DE APARATOS ELECTRICOS Y SUS REQUERIMIENTOS DE ENERGIA

NOMBRE	AMPERAJE	VOLTAJE	WATTAJE
AUTOCLAVE	16.5	120	2000
BALANZA ANALITICA	1.0	120	120
COMPARADOR HELIGE	0.5	120	40
DESTILADOR	23.0	115/120	2600
ESTUFA	7.5	120	1500
SPECTRONIC 20	1.2	120	120
INCUBADORA	1.2	120	150
KJELDAHL DESTILACION	40.0	120	4000
KJELDAHL DIGESTION	40.0	120	4000
LUELA	9.0	120	1050
POTENCIOMETRO	0.5	120	40
PLATO CALIENTE	6.0	120	750
ROTOVAPOR	0.75	120	90
WARY HEAT	16.0	120	1800
REFRIGERADOR	5.0	120	600
BOMBA DE VACIO	4.5	120	500
ESTUFA DE CUATRO POSICIONES	10.0	120	1100

6.- FACTORES FISICO - QUIMICOS

6.1.- Reconocimientos de la región

Lo fundamental fué hacer reconocimientos preliminares de la zona que rodea al lago, estudios de campo indispensables para los muestreos y acondicionamiento del laboratorio, se seleccionaron todos los puntos de interés para el estudio, como también descargas de aguas residuales al lago.

Las fuentes directas de contaminación al lago son las descargas municipales de las poblaciones de Chapala y Tizapán el Alto y el drenaje agrícola del distrito de riego de Jamay ; pero la principal atención como se mencionó anteriormente se concentró en el lago.

6.2.- Recolección de muestras

La recolección de muestras es un factor muy importante, debido a que de la buena realización de las mismas depende el éxito o el fracaso de los análisis químicos. Por lo que se puso mucha atención y cuidado apegándose a los lineamientos de preservación y almacenamiento, estipulados en los Métodos Estandar (17).

En la tabla 6.1 se presentan las preservaciones y cuidados para las muestras, así como también el transporte , almacenamiento y tiempo - máximo de preservación.

La recolección de muestras se hizo con un muestreador de bronce, comenzando en la superficie, luego a un metro de profundidad y después a cada dos metros hasta llegar al fondo. Con los volúmenes extraídos se integraron muestras compuestas, con volúmenes iguales para todos los parámetros. Muestras superficiales para grasas y aceites y muestras individuales para oxígeno disuelto, temperatura, y potencial hidrógeno (pH). Estos tres últimos parámetros se determinaron inmediatamente en el campo.

6.3.- Resultados analíticos

En la tabla 6.3.1 se presentan todos los resultados, en valor promedio por zona, en sus diferentes fases, cuestión del presente trabajo y que a continuación se exponen:

6.3.1.- TEMPERATURA AMBIENTAL

Las lecturas se efectuaron por medio de un termómetro con décimas de grado. En general las temperaturas variaban ligeramente de una zona a otra, como se puede apreciar en la tabla 6.3.1. No obstante obteniendo los promedios globales por etapa, se observa que existe una clara tendencia en aumentar de 20°C en la primera, 23°C en la segunda, a 24.2°C durante la tercera. Lo que es lógico ya que la tercera etapa se realizó en los meses de mayor calor como lo son Abril, Junio y Agosto.

6.3.2.- TEMPERATURA DEL LIQUIDO

Los cambios de temperatura de las corrientes de agua estan afectadas generalmente a los cambios climatológicos, lo que se comprobó en las aguas del Lago de Chapala. Estos cambios pueden también provenir de las descargas de aguas industriales, como aguas de enfriamiento, efluentes de destilerias etc.

La elevación de temperatura (introducción de calor), causa también contaminación, debido a que decrece el contenido de oxígeno e incrementa la demanda del mismo, descompone los depositos de lodos, además muchas substancias se vuelven más tóxicas.

El Lago de Chapala , no tiene problemas por introducción de calor de fuentes exteriores, por lo que los cambios de temperatura del líquido se deben exclusivamente a cambios climatológicos.

En la fig 6.3.1 se presenta más claramente este fenómeno, en dicha gráfica se obtuvo los promedios globales por etapa de este parámetro

TABLA 6.1 PRESERVACION, ALMACENAMIENTO Y TRANSPORTE DE LAS MUESTRAS

No	Parámetro	Preservación y cuidado de muestras	Transporte y almacenamiento de muestras	Tiempo máximo de preservación
1	Demanda química de oxígeno (DQO)	Adicionar suficiente H_2SO_4 con. hasta alcanzar un pH de 2 a 3	Se debe hacer sin demora la determinación y las muestras que contengan sólidos sedimentables se deben homogeneizar adecuadamente	7 días
2	Demanda biológica de oxígeno DBO	Se debe de analizar lo más pronto posible y las muestras se deben de tomar con muestreadores especiales	Refrigeración a $4^{\circ}C$	6 horas
3	Oxígeno disuelto (OD)	Adicionar inmediatamente: 2ml de $MnSO_4$ + 2ml de alcali-ioduro-nitruro. Agitar enérgicamente 15 veces. dejar reposar hasta la formación del precipitado. Después agregar 2 ml de H_2SO_4 (con. 0.36N). Agitar vigorosamente	Tomar en frascos especiales de vidrio, con tapón esmerilado, de 300 ml de capacidad. Proteger de los rayos del sol y refrigerar a $4^{\circ}C$, evitando la formación de burbuja	
4	Grasas y Aceites	Acidificar la muestra con 5 ml de H_2SO_4 , 1+1 por litro para inhibir la actividad bacteriológica	Tomar la muestra en recipientes de vidrio con tapón esmerilado, lavados previamente con el disolvente y airearlos antes de usarlos. El frasco no debe llenarse completamente. Refrigerar a $4^{\circ}C$.	24 horas
5	Cloruros	nada en especial	nada en especial	
6	Sulfatos (SO_4)	Para aguas muy contaminadas, de debe preservar la muestra por la adición de formaldehído. Se debe ajustar el pH menor de 8 de las muestras que contengan sulfito	Para aguas muy contaminadas, se debe conservar la muestra a baja temperaturas ($4^{\circ}C$)	7 días

TABLA 6.3.1 VALORES PROMEDIO POR ZONAS Y FASES ENCONTRADOS EN EL LAGO DE CHAPALA EN (mg/l)

F	Z	M	F.M	T.A	T.L	C.A	pH	OD	DBO ₅	DBO ₁	DQO	Cl ⁻	SO ₄ ^o	G.A
1	J	Com	Enero	20.65	17.66	Des.	8.90	8.11	16.25	20.31	23	35		13
	C	"	Enero	19.70	17.30	Des.	8.90	7.95	11.45	14.33	29	33		15
	O	"	Feb.	21.75	17.35	Des.	8.90	7.97	16.81	21.04	28	16		102
2	J	"	Feb.	22.44	18.84	Nub.	8.75	7.64	2.21	2.77	19	14	27	28
	C	"	Feb.	24.02	19.30	Des.	8.77	7.76	3.08	3.80	19	14	30	145
	O	"	Mar.	25.50	19.60	Nub.	8.70	7.80	5.15	6.43	26	21	29	119
4	J	"	Oct.	25.30	23.30	Des.	8.90	6.29	1.20	1.35	18	21	26	39
	C	"	Oct.	26.00	22.70	Nub.	8.70	6.90	1.45	1.58	19	20	26	34
	O	"	Oct.	22.42	21.95	Semi.	8.50	6.40	2.23	2.50	18	17	20	42
5	J	"	Nov.	20.00	19.86	Des.	8.32	6.56	2.44	3.38	29	19	26	26
	C	"	Nov.	22.50	20.12	Des.	8.50	6.80	1.71	2.37	21	19	23	13
	O	"	Nov.	19.25	20.16	Des.	8.40	6.80	2.63	3.65	24	21	23	21
6	J	"	Abril	23.94	20.48	Des.	8.59	6.58	1.99	3.42	28	17	19	26
	C	"	Abril	22.50	20.60	Des.	8.78	6.38	2.18	2.92	25	18	20	39
	O	"	Abril	24.73	20.90	Semi.	8.64	6.66	1.48	3.06	20	17	20	20
7	J	"	Jun.	27.00	24.13	Des.	8.48	6.27	3.40	4.65	9	15	25	62
	C	"	Jun.	24.06	24.00	Semi.	8.50	6.24	1.82	2.31	23	15	23	44
	O	"	Jun.	24.25	23.82	Calma	8.47	6.25	2.03	2.60	14	19	15	45
8	J	"	Agosto	22.10	23.00	Des.	8.37	6.60	2.50	3.43	22	16	25	66
	C	"	Agosto	24.56	23.40	Des.	8.63	6.30	2.50	4.20	21	16	24	53
	O	"	Agosto	24.20	23.40	Des.	8.80	6.30	3.90	5.00	21	16	23	67

J= Jocotepec

F= fase

Z= zona

F.M= fecha de muestreo

T.A= temperatura ambiente

C= Chapala

T.L= temperatura del líquido

C.A= condiciones atmosféricas

O= Ocotlan

G.A= grasas y aceites.

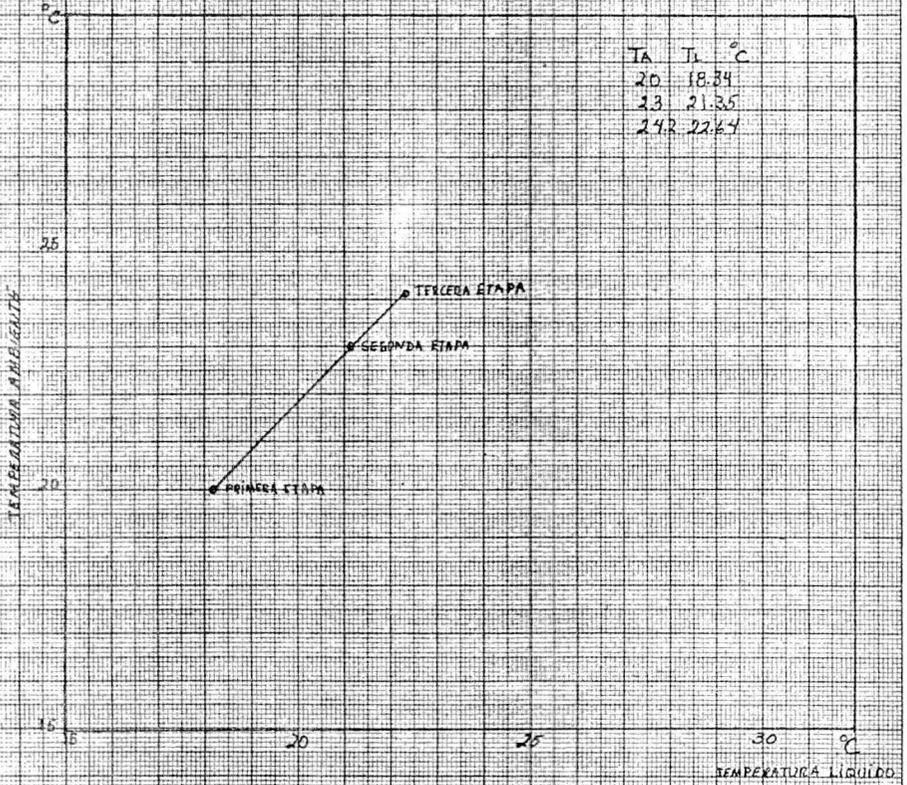


Fig. 6.3.1 RELACION DE TEMPERATURA AMBIENTE Y LIQUIDO

6.3.3.- POTENCIAL HIDROGENO

Este parámetro si nó se controla, es altamente contaminante y perjudicial para la vida marina, debido a que regula el grado de - disociación de muchas substancias, siendo los compuestos no disociados frecuentemente los más tóxicos que los de forma iónica, por lo que es altamente significativo.

En las aguas del Lago de Chapala, el pH se determinó en el momento de extraer la muestra con un potenciómetro debidamente calibrado en cada corrida. La determinación inmediata, se hizo con el fin de que los resultados fueran lo más precisos posibles para evitar un cambio de valor, como consecuencia del transporte al laboratorio.

Los valores de (pH) por zona y por fase, demuestran que es casi constante con ligeras variaciones de décimas de unidad y se observa claramente que tiene tendencias básicas .

En la tabla 6.3.2 se presentan los valores promedio de el potencial hidrógeno.

TABLA 6.3.2 VALORES PROMEDIO POR ZONAS Y FASES DE (pH)

ZONAS \ FASES	FASES							
	1ra	2da	4ta	5ta	6ma	7ma	8va	
COATEPEC	8.90	8.75	8.90	8.32	8.59	8.48	8.37	
CHAPALA	8.9	8.77	8.70	8.50	8.78	8.50	8.63	
COOTLAN	8.9	8.70	8.50	8.40	8.64	8.47	8.80	
PROMEDIOS	8.9	8.74	8.70	8.41	8.67	8.48	8.60	

De la tabla 6.3.2 se obtuvieron los promedios por fase, debido a que son de gran utilidad si se quieren comparar con la temperatura del líquido en el lago y con esto conocer los efectos que produce este parámetro respecto al (pH).

En la tabla 6.3.3 se presentan los valores promedio por fases de pH y temperatura.

TABLA 6.3.3 VALORES PROMEDIO POR FASE DE (pH) y TEMPERATURA (1)

FASE	pH	TEM. °C	ETAPA
PRIMERA	8.90	17.44	1era
SEGUNDA	8.74	19.25	
CUARTA	8.70	22.65	2da
QUINTA	8.41	20.05	
SEXTA	8.67	20.66	3era
SEPTIMA	8.48	23.98	
OCTAVA	8.60	23.26	

Como se puede observar de la tabla 6.3.3., el potencial de hidrógeno, excepto en dos fases no tiende a disminuir al aumentar la temperatura (quinta y sexta), posiblemente se deba a otros factores.

En la octava fase se presenta el fenómeno inverso ya que al disminuir la temperatura se incrementa el pH. Por lo que concluimos que no existe una tendencia muy clara de éstos dos parámetros en el Lago de Chapala.

Finalmente los valores en concentración promedio encontrados en el lago (tabla 6.3.3.) de éste parámetro según Ellis (19), no son perjudiciales hasta la fecha, para la vida marina ya que reporta un rango de 6.7 a 8.6 con extremos de 6.3 y 9. Esto no quiere decir por ningún motivo que no pueda existir vida a pH inferiores o superiores a esos valores debido a que dependen de otros factores como temperatura, oxígeno disuelto ó bien si se trata de los peces, una preaclimatación al medio etc.

6.3.4.- OXIGENO DISUELTO (OD)

a).- Generalidades

Se define el oxígeno disuelto como la cantidad del mismo que existe en las aguas naturales y generalmente depende de las propiedades químicas y biológicas del medio en que se encuentre.

Existen dos factores muy importantes que influyen en los efectos de este parámetro. Uno de ellos es la temperatura y el otro son los sólidos disueltos, tanto la temperatura como los sólidos disueltos - tienen la propiedad de disminuir la cantidad de oxígeno disuelto en el agua, cuando se incrementan y depende de la habilidad de la misma para retenerlo.

Ni la temperatura, ni los sólidos disueltos hasta la fecha afectan al vaso lacustre en cuestión, de afluentes exteriores, ya que se comprobó en párrafos anteriores, que los cambios de temperatura se deben exclusivamente a los cambios climatológicos de la región y por ende al incremento de este parámetro, ó disminución del mismo.

b).- Muestreos y Método

1.- Muestreos

La recolección de muestras para la determinación analítica de este parámetro, se hizo con mucho cuidado, debido a que depende de la fuente donde se extrae.

Las muestras no deben permanecer mucho tiempo en contacto con el aire del medio ambiente, ni tampoco sufrir cambios de presión y temperatura, no debe permitirse la formación de burbujas siendo la interferencia más común, y que en un momento dado puede interferir en esta determinación.

11.- Método

Hay dos métodos para la determinación analítica de oxígeno disuelto: el primero es el de Winkler modificado, llamado también modificación ácida y el segundo es el electrométrico (basado en la velocidad de difusión del oxígeno molecular a través de una membrana (13)).

En el presente estudio se utilizó el método de Winkler modificado por falta de equipo electrométrico, el que hubiera sido de gran utilidad para una determinación más rápida de este parámetro.

El método de Winkler se basa principalmente en la adición de una solución de manganeso y un alcalí fuerte, para que el oxígeno disuelto en la muestra oxide rápidamente al ión divalente de manganeso Mn^{++} a un estado alto de valencia, precipitando de esta forma óxidos hidratados (7) de color café.

En presencia de ioduro y acidificando la muestra los óxidos hidratados de manganeso regresan al estado divalente con liberación de iodo, equivalente al oxígeno disuelto original de la muestra. Después el iodo se titula con una solución valorada de tiosulfato de sodio (17), utilizando como indicador almidón que pasa de un color azul oscuro a uno incoloro.

Las reacciones que se efectúan según (7), se presentan a continuación:



c).- Resultados analíticos

En la tabla 6.3.1, no se pueden visualizar muy fácilmente todos los valores promedios de las zonas en estudio, de este parámetro ; no obstante obteniendo los promedios globales por etapa, se observa muy claramente como los valores disminuyen de una etapa a otra, con valores de 7.87 mg/l para la primera, 6.63 mg/l para la segunda y 6.39 mg/l durante la tercera.

La disminución anterior de una etapa a otra parece lógica según los principios anteriormente especificados, debido a que conforme se acercan los meses más calurosos, este parámetro disminuye aproximadamente 1 mg/l de la primera etapa a las dos restantes.

En la fig 6.3.2 se presenta la relación entre temperatura y oxígeno disuelto y de dicha gráfica se puede observar como al aumentar la temperatura, la cantidad de oxígeno disuelto disminuye. La gráfica tiene como coordenadas, los promedios por etapa de dichos parámetros.

d).- Efectos sobre la vida acuática

Las concentraciones de este parámetro, que pueden ser perjudiciales para la vida acuática especialmente para los peces, depende de muchos factores a saber algunos de ellos son: la especie, edad, temperatura concentración de sustancias tóxicas etc.

Como consecuencia de los factores antes mencionados es difícil estimar la concentración óptima a la cual los peces estarían a salvo de su muerte.

Cuando el oxígeno disuelto se encuentra en concentraciones bajas, se incrementa generalmente por la presencia de sustancias tóxicas, tales como, dióxido de carbono disuelto, amoníaco, zinc, plomo y cobre.

Según Ellis (10,11) se puede considerar un valor de 3 mg/l de oxígeno disuelto, como peligroso ó fatal y considera que para mantener una gran variedad de fauna, en buenas condiciones, las concentraciones de

oxígeno disuelto deben de mantenerse en 5 mg/l o bien sobrepasarla moderadamente.

Por último se puede concluir que el Lago de Chapala respecto a este parámetro esta muy saludable, porque los valores andan en un rango de 6 a 8 mg/l.

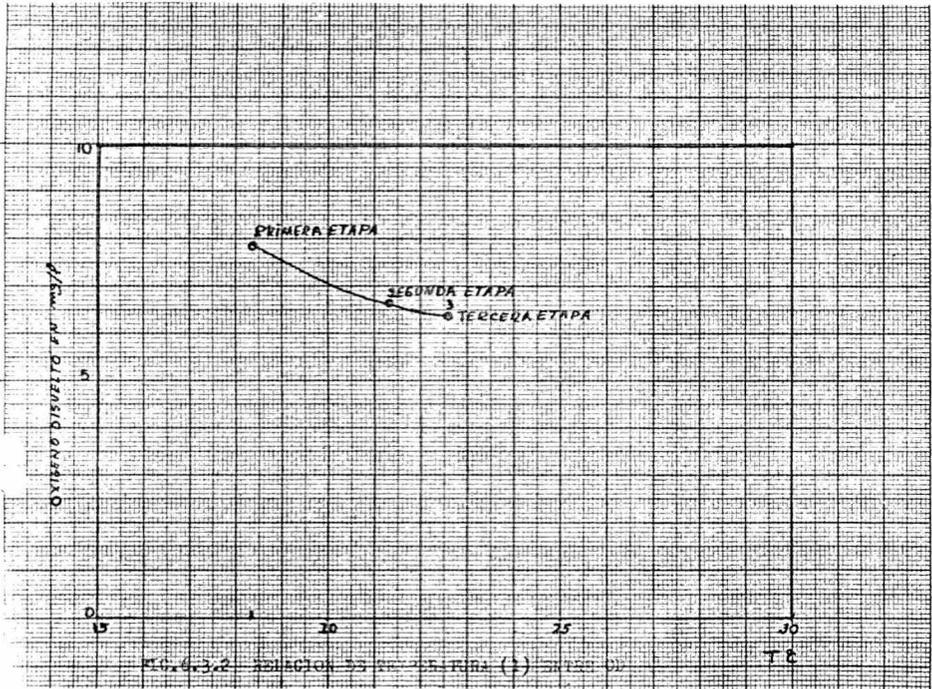


FIG. 4.3.2. SOLUCION 23 DE LA FIGURA (1) ENTREGA DE

6.3.5.- DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO (DQO)

a).- Generalidades

La demanda química de oxígeno es una prueba que se basa principalmente en la cantidad de oxígeno disuelto que se requiere para lograr una oxidación completa y transformarse en dióxido de carbono, - proporcionando de esta forma la medición del oxígeno equivalente a la porción de materia orgánica susceptible de oxidación química.

Los compuestos orgánicos generalmente son susceptibles de oxidarse, con muy pocas excepciones, cuando se encuentran en condiciones fuertemente ácidas. Como por ejemplo si la muestra que se va analizar contiene aminas las transforma a nitrógeno amoniacal y si lleva nitrógeno orgánico a nitratos.

Los valores de este parámetro son generalmente más grandes que los de la demanda biológica de oxígeno y se debe principalmente a que algunas sustancias se oxidan completamente como lo son: la glucosa y la lignina y pueden ser mucho mayores cuando se encuentran en un medio, en donde la materia orgánica es abundante. De cualquier forma este parámetro no nos indica ni nos proporciona una evidencia de a que velocidad se mueven las bacterias (actividad biológica), en condiciones naturales.

Una de las ventajas de la demanda química de oxígeno es, su corto tiempo de análisis, se determina en dos horas, comparadas con los cinco días que se requieren para evaluar la demanda biológica de oxígeno. Por esta razón y no teniendo los medios, para la determinación de la DBO_5 , se utiliza como substitución de la misma.

Los agentes oxidantes para la determinación de este parámetro se escogieron de un gran número de experiencias, seleccionando el que mejores resultados proporcionó, que posteriormente se describe.

Antiguamente para la determinación de la demanda química de oxígeno se empleaba permanganato de potasio y los resultados obtenidos por este medio se reportaban como oxígeno consumido de permanganato ; pero la oxidación causada por el permanganato, arroja resultados dispares, además de que los resultados se consideraban siempre menores que los valores de la DBO₅, demostrando con este hecho la incapacidad del permanganato para llevar a cabo la oxidación a su punto final. Se intentó con otros agentes oxidantes tales, como: sulfato cerico, iodato de potasio y dicromato de potasio, los primeros dieron resultados negativos pero; el dicromato de potasio demostró ser el mejor agente oxidante, debido a que fué capaz de oxidar un número bastante considerable de sustancias orgánicas, al menos de llevarlas hasta su oxidación completa y transformarse en dióxido de carbono y agua.

Las condiciones necesarias para que el dicromato funcione con todo su poder y oxide completamente a las sustancias orgánicas, presentes en la muestra, es que debe de estar en un medio fuertemente ácido y a elevadas temperaturas; como consecuencia de ese medio, se pierde mucha materia volátil, al menos que se tomen precauciones para evitar su escape. No obstante existen ciertos compuestos orgánicos, como los ácidos grasos de peso molecular bajo que no se oxidan por medio de este método, a no ser que se emplee una catalisis que actúe efectivamente sobre dichas sustancias orgánicas. El catalizador que mejores resultados proporciona es el ión plata.

b).- Muestreos y Método

1.- Muestreos

La toma de muestras para la determinación de este parámetro, tiene las mismas características que la DBO ; pero a diferencia de la misma, se preserva, con ácido sulfúrico concentrado hasta alcanzar un pH de 2 a 3.

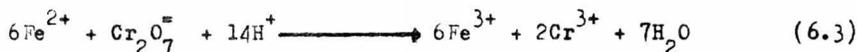
11.- Método

Para el análisis cuantitativo de la demanda química de oxígeno, se emplea el método de dicromato de potasio a reflujo durante dos horas(17). El entendimiento y aplicación del mismo es muy importante, ya que sabemos que existen compuestos, como los hidrocarburos aromáticos y la piridina que no logran oxidarse completamente, bajo las condiciones ya descritas; no obstante mucha materia orgánica se destruye en el calentamiento con la mezcla de los acs. sulfúrico y crómico.

La muestra se coloca en un matraz de 250 ml, de entrada 24/40 y se pone a reflujo con su respectivo condensador, al cabo del tiempo requerido para su completa oxidación, se deja enfriar a temperatura ambiente y el exceso de dicromato se titula con una solución valorada de sulfato ferroso amoniacal. El exceso de agente oxidante es necesario debido, a que de esta forma se asegura que toda la materia orgánica es oxidada, dando como resultado que el oxígeno se mida como oxígeno equivalente, proporcional al dicromato de potasio consumido.

Por lo que respecta al titulante, el ión ferroso es un excelente agente reductor para el dicromato. La solución de sulfato ferroso amoniacal, es bastante estable por días, ya que el átomo de oxígeno lo ataca muy débilmente y no llega a oxidarlo de una manera alarmante; pero siempre hay que tener la precaución de valorar la solución cada que se efectúe la prueba.

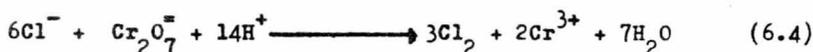
La relación que existe entre el sulfato ferroso amoniacal y el dicromato es:



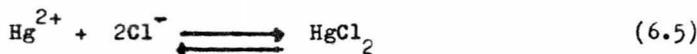
Como en todas las pruebas por titulación, se utiliza un indicador con el fin de detectar mejor el punto final. En ésta prueba se usa ferroín como indicador de óxido-reducción (sulfato ferroso 1.10 fenantrolina).

El ferroín nos indica cuando todo el dicromato se ha reducido por el ión ferroso, pasando de un color verde oscuro, a uno azulado y finalmente al café oscuro.

Una de las interferencias que con más frecuencia aparece en ésta prueba, son los cloruros debido a que provienen de diferentes fuentes, como las grandes concentraciones de las aguas municipales, industrias etc. La reacción que se efectúa es la siguiente:



Afortunadamente esa interferencia se puede eliminar agregando a la muestra sulfato mercúrico, por lo que siempre se hace la determinación después de saber que cantidad de cloruros existen en la misma. La reacción que se efectúa según (7) es como sigue:



El método es de gran importancia, para el control de plantas de tratamiento, se aplica para determinar concentraciones de demanda química de oxígeno mayores o iguales a 50 mg. por litro, cuando el dicromato es concentrado y de 10 mg/l ó menos cuando el dicromato se usa diluido.

La exactitud de el método fué determinada por Moore y Asociados, arrojando opiniones como ésta: " La mayoría de los compuestos orgánicos son oxidados de un 95 a 100 % del valor teórico " y algunos compuestos como el tolueno, benceno y piridina no logran oxidarse (17).

La fórmula matemática para la determinación de éste parámetro es como sigue:

$$\text{mg/l DQO} = \frac{(A - B) N \times 8000}{\text{cantidad de muestra}} \quad (6.6)$$

donde:

DQO = Demanda Química de Oxígeno

A = Mililitros de sulfato ferroso amoniacal en el blanco.

B = Mililitros de " " " en la muestra.

N = Normalidad = $\text{ml K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \times 0.25 / \text{ml Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2$

c).- Resultados Analíticos

En la tabla 6.3.1 se presentan los valores de la de manda química de oxígeno y se observa que los valores en todas las zonas son mayores que los de la DBO_5 , debido a que como se explicó en párrafos anteriores, casi todas las sustancias orgánicas se oxidan completamente.

La relación de DQO y DBO_5 en el Lago de Chapala, durante el tiempo que duró el estudio de las tres etapas de 1973 a 1974, fué de aproximadamente de 1 : 5. Lo que quiere decir que la DQO fué cinco veces mayor que la DBO_5 , ésto viene a representar un dato clave para estudios posteriores.

Los valores promedio de DQO encontrados por etapa, de ningu na manera representan un peligro para la vida acuática del Lago; pero si nó se controla en pocos años la contaminación aumentará en el mismo y en un futuro no muy lejano será un vaso lacustre muerto.

Los promedios nos demuestran que hubo una tendencia a de- crecer de la primera a la tercera etapa, con valores de 24 mg/l, 21.45 mg/l y 20.3 mg/l respectivamente. Lo que viene a representar un decre- cimiento de aproximadamente de 4 mg/l de la primera a la tercera etapa.

6.3.6.- CLORUROS como (Cl^-)

a).- Generalidades

Los cloruros en las aguas naturales se encuentran en una gran variedad de concentraciones y su incremento depende de la región donde se encuentre, por ejemplo: si los lagos, ríos etc. se encuentran cerca de el mar, lógico es que se contaminen y de ahí que las concentraciones sean mayores. Otra fuente de contaminación son los desechos de seres humanos y de animales especialmente la orina. En los efluentes industriales como los fermentos de las fábricas de papel, plantas galvanizadoras etc.

En el Lago de Chapala, los desechos que llegan con más frecuencia a su vaso, son los de las aguas municipales, llamadas también aguas negras provenientes de la Cd. de Chapala y Tizapán el Alto, posiblemente son las fuentes que aportan mayor cantidad de cloruros y de otros compuestos.

El Quality Criteria (19) ha clasificado las concentraciones de éste parámetro para suministros públicos como sigue:

- a).- Aceptable, cuando la concentración es menor de 125 mg/l.
- b).- Dudosa, cuando está en un rango de 125 a 250 mg/l.
- c).- Insatisfactoria, cuando la concentración es mayor de 175 mg/l.

El U.S. Public Health Service (19), reporta una concentración de 250 mg/l como límite y dice que no son peligrosas para la vida humana; pero se ha demostrado que a esas concentraciones proporcionan ya un sabor salado. Esto no quiere decir que en otras partes de el mundo tengan las mismas normas; por ejemplo se ha encontrado regiones cuyas aguas contienen cerca de 2000 mg/l de cloruros, sin ningún efecto hacia la vida humana. Esto quiere decir que el organismo ya se adaptó a esa clase de aguas.

Algunas agencias reportan que los cloruros proporcionan ese sabor salado a concentraciones menores de 100 mg/l (1,2) y concretan diciendo que algunas aguas no son nocivas a concentraciones de 700 mg/l (1). Otras reportan concentraciones de 5 a 600 mg/l (16, 6, 18).

La WHO International Standards de 1958 reporta un límite permisible de 200 mg/l, y un máximo de 600 mg/l y no tolera límites específicos.

En conclusión podemos aseverar, que cada Cd, cada país, - tiene sus propias normas a las cuales el organismo humano está adaptado.

Para cuestiones industriales o bien suministros de agua para las industrias, los cloruros son muy perjudiciales a ciertas - concentraciones, algunas agencias como la Bethlehemssteel Corpora-- tion reporta que es corrosivo a 185 mg/l en el aluminio, y para el acero inoxidable a 50 mg/l .

En las aguas de irrigación se concideran más tóxicos que los sulfatos a las plantas, tales como el limón, alfalfa, frutas etc. y reportan la siguientes concentraciones como peligrosas: 71 mg/l - (8), 177 mg/l (9) y de 62 mg/l (14).

b).- Muestreos y Método

I.- Muestreos

La toma de muestras para la determinación de éste parámetro no fué ningún problema, ya que no es una prueba muy delicada como la DBO o la de DQO; sin embargo se le puo mucho cuidado de igual forma que las muestras anteriores.

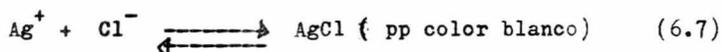
Las muestras no necesitan ninguna preservación, excepto que deben mantenerse refrigeradas durante el transporte o en el tiempo que dure su determinación.

Los recipientes en los cuales se tomó la muestra, fueron de polietileno. En general todos los recipientes eran de ese material - excepto para la extracción de grasas y aceites, debido a que la grasa se adhiere más fuertemente a el polietileno que al vidrio.

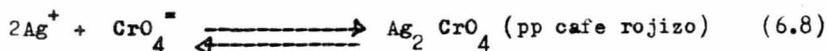
II.- Método

Los cloruros se pueden determinar por varios métodos volumétricos; pero para nuestros propósitos se utilizó el método de Mohr, que emplea como titulante nitrato de plata, con indicador de cromato de potasio.

En la titulación el ión cloruro se precipita formando cloruro de plata de color blanco como sigue:



El punto final de la titulación es difícil detectar; pero si se utiliza cromato de potasio como indicador, es relativamente sencillo debido a que se puede observar mejor el exceso de el ión plata Ag^+ al ser titulado, de ésta manera se forma un precipitado de color café rojizo como sigue:



Puesto que el exceso del ión plata es necesario para proporcionar una cantidad visible de Ag_2CrO_4 , el posible error de el indicador ó el testigo, se cuantifica llevándolos en las mismas condiciones que se emplearon para determinar las muestras y substrayéndolos de cada una de ellas.

En el análisis de éste parámetro, la cantidad de muestra debe ser uniforme, generalmente se toma una alícuota de 100 ml, ésto se hace-

con el fin de que la concentración iónica sea la necesaria para indicar el punto final. Otro de los factores muy importantes en la determinación de éste parámetro es el pH. Las muestras deben ser analizadas en un rango de 7 a 10, debido a que el ión plata se precipita como AgOH a pHs mayores. El indicador también tiene que ser una cantidad uniforme para proporcionar cierta concentración, también uniforme de $\text{CrO}_4^{=}$.

El error más frecuente en la determinación de cloruros, depende generalmente de la habilidad de el investigador para observar el cambio de color de amarillo a rojizo.

Por último el análisis cuantitativo para la determinación de éste parámetro, se logra por medio de la ecuación 6.9.

$$\text{mg/l Cl}^- = \frac{(A - B) N \times 35,450}{\text{ml de muestra}} \quad (6.9)$$

donde: A= Mililitros del titulante gastado en la muestra.

B= Mililitros de titulante gastado en el blanco (generalmente es de 0.2 a 0.4 ml según (17)).

N= Normalidad del nitrato de plata.

c).- Resultados analíticos.

Los valores encontrados en el Lago de Chapala de éste parámetro, se pueden considerar relativamente bajos debido a que de ninguna forma afectan la vida acuática del vaso en cuestión, particularmente a los peces, mucho menos al ser humano.

En la tabla 6.3.4 se presentan todos los valores promedios - por zona de cloruros.

TABLA 6.3.4 CONCENTRACIONES DE CLORUROS EN mg/l

FASE ZONA	1ra	2da	4ta	5ta	6ta	7va	8va
JOCOTEPEC	35	14	21	19	17	15	16
CHAPALA	33	14	20	19	18	15	16
OCOTLAN	16	21	17	21	17	19	16
PROMEDIOS	28	16	19	19	17	16	16

De la tabla 6.3.4 se obtienen los siguientes promedios por etapa:

Primera Etapa	22.15 mg/l
Segunda "	19.0 "
Tercera "	16.5 "

Se observa de los promedios calculados por etapa, que hubo un ligero decrecimiento de cloruros de la primera a la tercera etapa aunque no siendo muy significativo, debido a que la diferencia de etapa a etapa, es de aproximadamente 3 mg/l, cabe la pena mencionarlo.

Por otra parte si consideramos todo el estudio completo, el promedio global de éste parámetro en las aguas de el Lago de Chapala, fué de 19.22 mg/l, cifra que puede servir de ayuda para estudios posteriores.

De todos los datos expuestos en la tabla 6.3.4. se observa - que ninguna concentración es perjudicial para los peces. En particular según Haret (15) reporta el siguiente rango como peligroso para algunas especies de éstos, de 400 a 6,000 mg/l (5).

Por lo que la Acuatc Life Advisory Commission of ORSANCO, - concluye que es casi imposible generalizar los efectos de las concentraciones de cloruros, a las cuales los peces estarían libres de toxicidad.

6.3.7.- SULFATOS ($\text{SO}_4^{=}$)

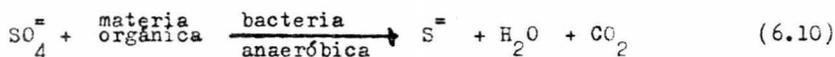
a).- Generalidades

Este ión generalmente forma sales muy insolubles en el agua y se encuentra en la misma en cantidades considerables, es de gran importancia en suministros de aguas públicas, debido a que en grandes concentraciones provocan al ser humano efectos de purga. Por lo que la U.S. Public Health Service Standards, viendo este problema reporta una cantidad límite, no perjudicial de 250 mg/l (19).

Los sulfatos también son importantes para suministros de aguas industriales, debido a que con el tiempo si no se tiene control forman costras causando problemas en tuberías de calentadores y cambiadores de calor, además son muy corrosivos.

Los sulfatos son los que provocan el olor característico de las aguas negras. La corrosión y el olor resultan comunmente de la reducción de los sulfatos a sulfuro de hidrógeno o ácido sulfhídrico. cuando se encuentran en condiciones anaeróbicas (7).

La reacción 6.10 nos presenta el proceso de reducción de los sulfatos.



En la fig 6.3.3, se presenta el ciclo del azufre y en ella se observa perfectamente los cambios bioquímicos que sufre el azufre por su descomposición por etapas, através de los cuales pasa la materia orgánica que contiene azufre se descompone, a productos aprovechables para la vida vegetal, de la cual depende a su vez la vida animal. Por su parte la vida animal a través de sus productos de desecho, muerte y degradación aca-

ba en materia orgánica, iniciándose nuevamente el ciclo.

Una de las ventajas de los sulfatos es que en ausencia de oxígeno disuelto y de nitratos, pueden servir como fuente de oxígeno, para algunas bacterias anaeróbicas. De acuerdo a estas condiciones el ión sulfato $\text{SO}_4^{=}$ se reduce al ión sulfuro, estableciéndose un equilibrio con el ión hidrógeno, formando ac.sulfrídrico H_2S , como se puede observar en la reacción (6.11).

b).- Muestreos y Método

I.-Muestreos

Las muestras se tomaron en recipientes del material ya especificado en el inciso 6.3.6. La cantidad de la misma fué de un litro suficiente, para determinar varias experiencias y obtener resultados más reales de este parámetro.

Las muestras se preservaron en el transporte a bajas temperaturas y agregandoles formaldehido, si no se analizaban inmediatamente. Se tenia la precaución de que las muestras que tuvieran evidencias de sulfitos, se les ajustara el pH a un valor de 8 o cercano al mismo. Esto se hizo con el fin de que el oxígeno disuelto no oxidara a sulfatos a un pH mayor de 8. En el Lago de Chapala no tuvimos este problema ya que no se determinó sulfitos.

II.- Método

La determinación de los sulfatos se puede hacer por medio de dos métodos, uno de ellos es el gravimétrico y el otro el turbidimétrico. El primero es de gran exactitud; pero es de mayor duración y muy costoso, el segundo es más práctico y de tiempo más reducido, por lo que fué el que se utilizó en este trabajo. (emplea un agitador magnético y un espectrofotómetro (1)).

El método turbidimétrico se basa principalmente en la precipitación del ión sulfato, con cloruro de bario, de tal forma que se -

precipitan pequeños cristallitos de sulfato de bario, como se presenta en la siguiente reacción:



Se lee la transmitancia provocada por la precipitación de la reacción 6.12 y se reportan los valores en mg/l.

Otra de las ventajas de este método es que tiene gran aplicación puesto que, para aquellas muestras con concentraciones de sulfatos mayores de 10 mg/l, se pueden analizar tomando pequeñas porciones y diluyendolas a 50 ml cantidad recomendada por los métodos estandarizados (17).

Antes de hacer el procedimiento, las muestras se acidifican con el propósito de eliminar la posible precipitación de carbonato de bario BaCO_3 , en aquellas aguas que son muy alcalinas.

En el método turbidimétrico como su nombre lo indica, se tienen que hacer correcciones por turbiedad y color, se logra llevando un testigo en las mismas condiciones que para cada una de las muestras, los valores encontrados se comparan con una curva de calibración de antemano, hecha con patrones de soluciones estandar de sulfato. Una vez conocidos los valores en mg se utiliza la ecuación (6.13) para su análisis cuantitativo.

En la fig 6.3.4 se presenta una curva de calibración hecha el día 14 de Marzo de 1973, en el Laboratorio de Agrología (S.R.H) y también se describen las condiciones a las cuales se realizó.

$$\text{mg/l SO}_4^{\text{m}} = \frac{\text{mg SO}_4^{\text{m}} (\text{curva}) \times 1000}{\text{ml de muestra}} \quad (6.13)$$

c).- Resultados analíticos

En la primera fase, los valores promedio de este parámetro de la tabla 6.3.1 no aparecen; pero la causa principal de que no se obtu-

vieran esos datos fué de que al principiar el estudio las condiciones de trabajo no fueron las óptimas para el buen desarrollo del mismo. De la misma tabla se puede observar que los valores promedios de todas las fases son muy homogéneos; no obstante obteniendo los promedios por etapa, se puede visualizar más claramente que tienen una tendencia a decrecer de una etapa a otra, con valores de 28.6 mg/l en la primera, 24.0 mg/l en la segunda y 21.5 mg/l durante el desarrollo de la tercera. Lo que representa un decrecimiento de 7.1 mg/l de 1973 a 1974 inicio y final del estudio.

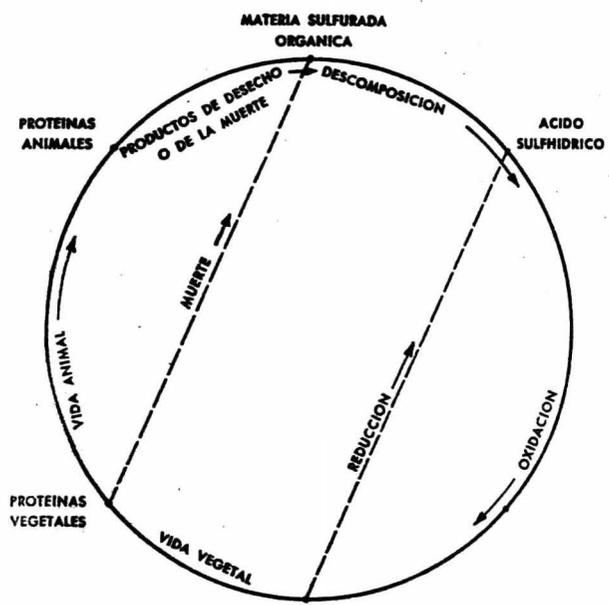
El decrecimiento anterior parece ilógico, debido a que las concentraciones de un año a otro debió haber sido mayor, es decir, que las fuentes de contaminación en 1974 se supone que fueron mayores (por más habitantes, productos químicos etc) que en 1973 y por ende , mayor cantidad de flujo de aguas negras hacia el cuerpo receptor que en este caso es el Lago de Chapala.

Otra posibilidad puede ser que el flujo del río Lerma hacia el lago fué mayor en el año de 1973.que en 1974 y con esto aumentar el contenido de este contaminante. En fin existen un gran número de posibilidades las cuales se pueden confirmar con estudios posteriores.

Una gran ventaja es que por lo menos se puede confirmar, que de todos los valores encontrados de este parámetro, ninguno es nocivo para la vida acuática del lago, ni tampoco para suministros de aguas públicas, irrigación y aguas recreativas. Todo lo anterior con bases bien establecidas - por el Quality Criteria (19), puesto que reporta las siguientes concentraciones de sulfatos como no perjudiciales para el ser humano y son:

- | | |
|---------------------------|----------|
| a).- Suministros públicos | 500 mg/l |
| b).- Aguas de irrigación | 200 mg/l |
| c).- Aguas recreativas | 500 mg/l |

FIG . 6.3.3 CICLO DEL AZUFRE



T

FIG. 6.3. CURVA DE CALIBRACION PARA SULFATOS

GUAD. JAL

MARZO 14 DE 1973

CONDICIONES

1 ml = 1 mg SOL ESTANDAR

TEMPERATURA 21°C

PRECION ATM.

CELDA DE 2.5 CM DE PASO DE LUZ

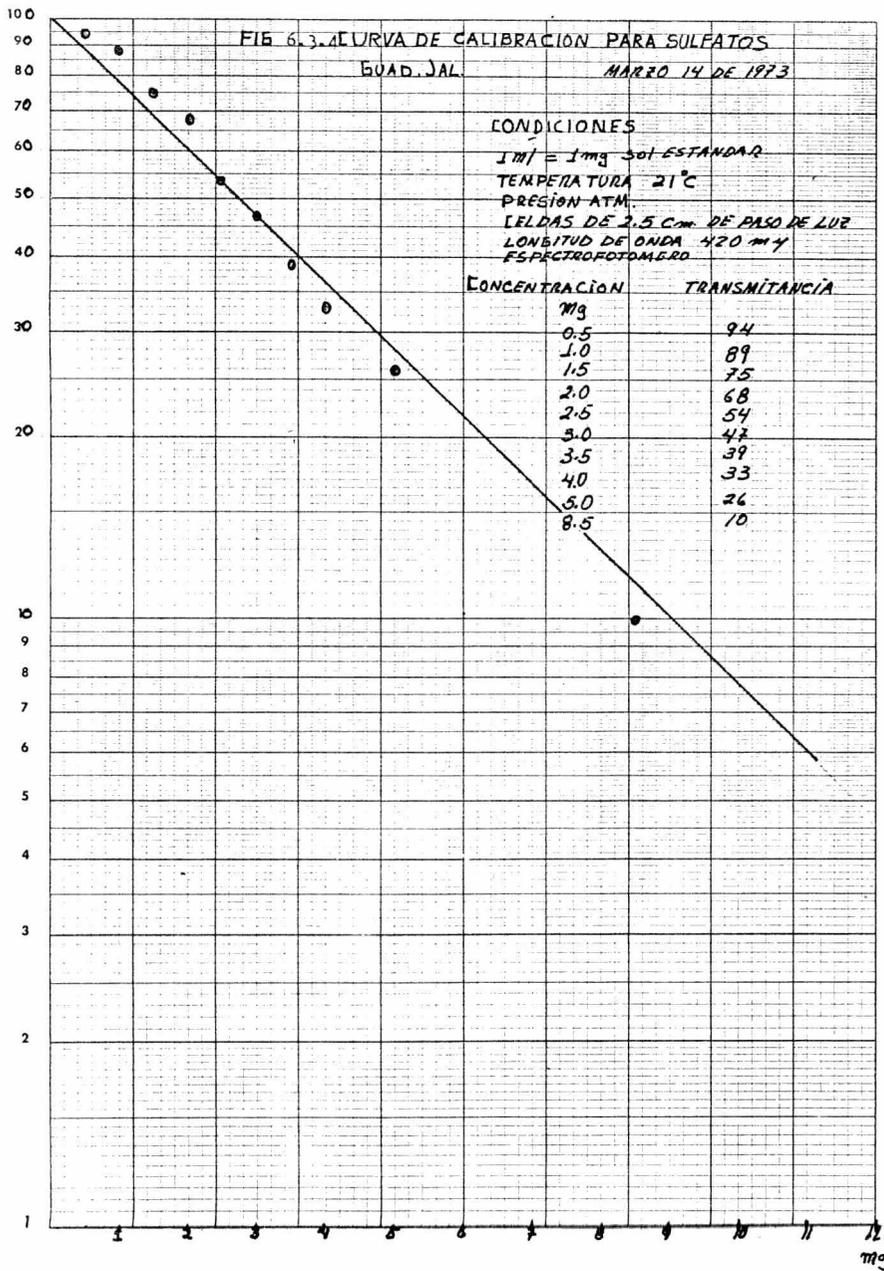
LONGITUD DE ONDA 420 mμ

ESPECTROFOTOMETRO

CONCENTRACION

TRANSMITANCIA

CONCENTRACION	TRANSMITANCIA
0.5	94
1.0	89
1.5	75
2.0	68
2.5	54
3.0	47
3.5	39
4.0	33
5.0	26
8.5	10



K&E SEMILOGARITHMIC 46 4850
 J CYCLES X 60 DIVISIONS. MODEL 111
 KUFFEL & ESSER CO.

mg

6.3.8.- GRASAS Y ACEITES

a).- Generalidades

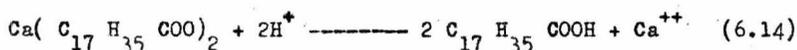
La determinación de éste parámetro es también muy importante, debido a su escasa solubilidad en el agua, de acuerdo a dicha insolubilidad las grasas y aceites, tienden a separarse muy fácilmente de la fase acuosa, dando como resultado que flote en la superficie ya que presentan una densidad muy baja. Aunque el razonamiento anterior parece una ventaja, porque facilita la separación de un medio con el otro no lo es así para el transporte. En el transporte las grasas y aceites llegan a sedimentarse ó bien a adherirse a las paredes de los medios de transporte causando problemas muy serios-

La gran cantidad de grasas y aceites, que algunas industrias desechan a los vasos lacustres, ríos etc., son verdaderamente un problema serio, debido a que con ésto están incrementando la mortandad de la vida "marina". Muy pocos industriales tienen conciencia de lo que están provocando y tratan por lo menos de no arrojar crudamente, todos sus desechos a los vasos lacustres, colocando en sus efluentes desgrasadores o trampas, para eliminar en gran parte el contenido de grasas y aceites.

El término grasas y aceites, comprende una gran variedad de sustancias orgánicas, como hidrocarburos de origen mineral, incluyendo también a los glicéridos de origen animal y vegetal. Además algunos aceites se derivan del Plankton o de algunas formas de vida acuática. En general la gran mayoría de sustancias orgánicas de ésta índole, se extraen de la fase acuosa por medio de disolventes orgánicos y dependerá de mayor o menor grado de la capacidad de extracción de los mismos. Uno de los disolventes orgánicos que ha dado mejores resultados, por su poder de extracción en aguas muy contaminadas es el nhexano; pero existe que se emplea comunmente para aguas no muy contaminadas, es el

éter de petróleo.

Existen compuestos como los ácidos grasos que generalmente se precipitan en forma de compuestos de calcio y magnesio. Estos compuestos son muy insolubles en el nhexano; pero si acidificamos la muestra con HCl hasta alcanzar un pH de 1, los ácidos grasos se liberan, según la siguiente reacción.



Por otra parte aunque los dos disolventes orgánicos, mencionados anteriormente para la determinación de las grasas y aceites no son muy refinados ni muy exactos, se puede tener la seguridad de que ellos son los resultados de grandes esfuerzos de muchos años de experiencias, para llegar a obtener una medida razonable de éste parámetro en el agua.

b).- Muestreos y Métodos

I.- Muestreos

En la toma de muestras para la determinación de éste parámetro se debe tener mucho cuidado puesto que las cantidades que se reporten dependen mucho de la forma en que se realicen.

Los recipientes en los cuales se extraen de la fuente, generalmente son de vidrio, de boca ancha, limpios previamente lavados con el disolvente y aire seco.

Las muestras se toman de la superficie del area de muestreo dejando en el recipiente un espacio vacío con el fin de que al destapar éste en el momento del análisis no haya ninguna pérdida de grasas y aceites por derramamiento.

Otro de los problemas es de que si nó se determinan inmediatamente y se almacenan se debe tener la precaución, de preservarlas con ácido sulfúrico 1 + 1. La acidificación tiene como objeto inhibir toda posibilidad de actividad bacteriana, ya que muchas de ellas -

se alimentan de las substancias orgánicas en el transcurso del almacenamiento.

II.- Método

Los métodos que normalmente se emplean en el análisis de éste parámetro son dos; el primero emplea como disolvente orgánico el éter de petróleo, y es para aguas poco contaminadas. El segundo - usa como medio de extracción el nhexano y es para aguas muy contaminadas.

El procedimiento del primero es muy fácil y rápido mientras que para el otro es tardado y tedioso, cuando se tienen gran cantidad de muestras debido a que dura cuatro horas intermitentes.

La selección del método en el estudio no fué cosa arbitraria se observaron las fuentes de contaminación, que llegaban al Lago de Chapala y viendo que de ninguna manera eran excesivas, se optó por analizar éste parámetro por el método del éter de petróleo, lo que proporcionó muy buenos resultados.

El método del éter de petróleo a grandes rasgos es como sigue: se toma un litro de muestra en un embudo de separación de bastante capacidad para que los gases del disolvente orgánico tengan buen radio de acción. Se comprueba que la muestra esté acidificada, después se lava el recipiente con disolvente orgánico y se agrega al embudo con más disolvente, se agita vigorosamente durante dos minutos - al cabo de los cuales se deja reposar para que se separe la capa etérea de la acuosa, de ésta forma se hacen tres extracciones reuniendo los extractos en un solo embudo. Los extractos se filtran a un matraz previamente tarado y después se destila para recuperar el disolvente orgánico. Se seca en una estufa durante treinta minutos y otros treinta minutos en el desecador; el secado se hace, con el fin de permitir que el disolvente orgánico penetre rápidamente en la muestra

para separar las grasas y aceites.

La determinación cuantitativa de éste parámetro se hace por diferencia de pesos del matraz tarado después del proceso, y el mismo antes del proceso; por lo que su expresión matemática es como sigue:

$$\text{mg/l G.A.} = \frac{(A - B)}{\text{ml de muestra}} \times 1000 \quad (6.15)$$

Donde: A= Peso total del matraz después del proceso.

B= Peso del matraz antes del proceso.

c).- Resultados Analíticos

En la tabla 6.3.5 que se presenta abajo se engloban todos los valores promedios por fase y por zona encontrados y son:

TABLA 6.3.5 CONCENTRACIONES PROMEDIO DE GRASAS Y ACEITES EN mg/l

FASE ZONA	1ra	2da	4ta	5ta	6ta	7tma	8va
JOCOTEPEC	13	28	39	26	26	62	66
CHAPALA	15	145	34	13	39	44	53
OCOTLAN	102	119	42	21	20	45	67
PROMEDIOS	43	97	38	20	28	50	62

Graficando los valores de la tabla 6.3.5, colocando en el eje de las (x) las zonas de estudio y en el de las (y) las concentraciones en mg/l, como se muestra en la fig(6.3.5). En dicha figura se observa que las concentraciones de grasas y aceites en todas las fases estuvo en un estrecho ámbito de 13 a 66 mg/l, excepto tres valores que se pueden considerar altos, posiblemente a que alguna fuente exterior contaminó esas zonas durante esa época. Los valores son 102 mg/l encontrado en la primera fase, zona Ocotlan y 145, 119 mg/l en la segunda fase, en las zonas Chapala y Ocotlan respectivamente.

Por otra parte si se obtienen los valores promedio por etapa se observa que tienen una tendencia a decrecer de la primera a la segunda, aumentando nuevamente durante la tercera con valores de 70 mg/l, 29 mg/l, y 70 mg/l respectivamente.

Aunque éste parámetro presenta valores relativamente altos, no se puede asegurar si son nocivos o no para la vida acuática de el Lago, puesto que se necesitaría hacer bioensayos sobre las diferentes especies de peces existentes en el Lago.

No obstante no hay que perder de vista que su incremento es peligroso debido a que el aceite libre y las emulsiones atacan sobre la superficie epitelial del pez, y se adhiere a las bránquias interfiriendo con su respiración (19). Esto parece que es un problema para la supervivencia del pez; pero hay que recordar que tienen un mecanismo de defensa para dicha situación, debido a que secretan mucosa, la cual lava la parte donde dichos irritantes penetran. Claro esto es relativo porque si las concentraciones son grandes se acumulan sobre las agallas o bránquias provocando asfixia (19).

Los aceites y las emulsiones también cubren y destruyen las algas y el plankton, quitando de ésta forma una fuente de alimentación para otras formas de vida como por ejemplo el pez. Algunas grasas y aceites se pueden sedimentar y crear con esto la destrucción de los organismos bentónicos interfiriendo de ésta forma las áreas de desove.

Cuando las grasas y aceites se encuentran en cantidades excesivas, tienden a quitar el oxígeno disuelto de grandes áreas, creando con esto el fallecimiento de los peces así como también interfiriendo con los procesos naturales de reareación y fotosíntesis.

Chipman y Caltsoff (19) llegaron a la conclusión de que el aceite crudo en concentraciones tan bajas como 0.3 mg/l, es tóxico para la vida acuática especialmente para el pez.

En conclusión los valores encontrados en el Lago de Chapala pueden o no ser perjudiciales para algunas especies de peces, como se observa ésta idea es muy vaga; pero se necesitan más estudios específicos para llegar a una conclusión verdadera, para conocer a que concentración los peces se intoxican y mueren.

Por último se puede afirmar que no hay una concentración fija en la que los peces estén libres de éste problema, ya que dependen de muchos factores tales como: temperatura, pH, oxígeno disuelto etc.

180
100
50
0

JOLOTEPEC

CHAPALA

OCOTLAN

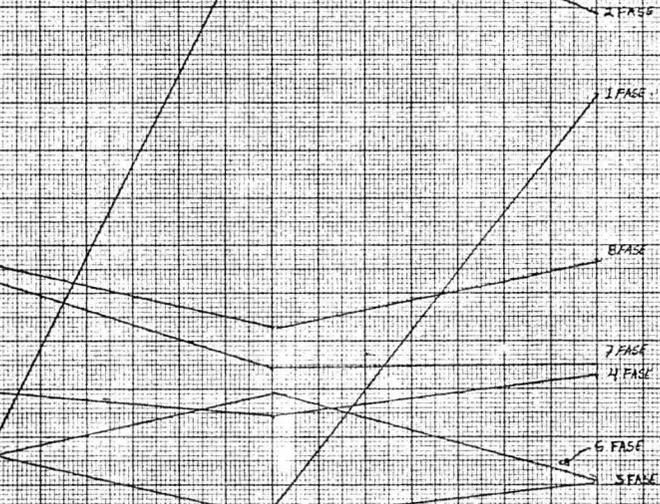


FIG. 6.3.5 PROMEDIOS POR ZONAS DE FASAS Y RECIBES

C A P I T U L O VII

7.1.- COMPUTACION DE DEMANDA BIOLOGICA DE OXIGENO (DBO) Y DEMANDA BIOLOGICA DE OXIGENO ULTIMA(DBO_u).

a).- Generalidades de (DBO)

La DBO generalmente se define como la cantidad de oxígeno consumido por las bacterias, mientras la materia orgánica descompuesta se encuentra en reposo bajo condiciones aerobias.

Este parámetro determina el grado de contaminación, en función del oxígeno disuelto existente en el agua, regula los trabajos y estudios para evaluar la capacidad de purificación de los cuerpos receptores de agua.

Generalmente se considera como un bioensayo, y se caracteriza como se mencionó, en la medida de oxígeno disuelto consumido por los organismos vivientes, utilizando la materia orgánica presente en condiciones naturales. La degradación biológica de materia orgánica en condiciones naturales, se lleva a cabo por un grupo diverso de organismos que llevan la oxidación hasta un grado muy cerca del dióxido de carbono.

Por último se puede considerar a la DBO, como un procedimiento de oxidación húmeda, en la cual los organismos vivientes sirven como medio de oxidación de la materia orgánica a dióxido de carbono.

b).- Muestreos y Método

Los muestreos de agua para los análisis de este parámetro son muy delicados. Las muestras deben de protegerse del aire, para prevenir una posible reareación; debe evitarse que las botellas lleven burbuja en el período de incubación, en general son los mismos principios y bases descritos en el inciso 6.3.4

II.- Método

El método que se utilizó en la determinación de éste parámetro fué el de las diluciones e incubación por un período de tiempo de cinco días, de aquí el nombre adoptado de "Demanda Biológica de Oxígeno al Quinto Día" (DBO_5).

La incubación se lleva a cabo a una temperatura de $20^{\circ}C \pm 1$, teóricamente el tiempo de incubación es indefinido, para que el grado de oxidación biológica de materia orgánica llegue a completarse; pero para propósitos prácticos, la reacción se considera completa en 20 días, como se puede observar éste tiempo también es impráctico, debido a que es un período largo para obtener resultados concretos, por lo que se ha considerado por varias experiencias, que un porcentaje razonable de DBO_5 , se obtiene a los cinco días (7), por lo que ésta prueba generalmente se basa en el período de incubación de cinco días; pero no hay que olvidar que representa una porción de la demanda biológica de oxígeno total.

Por lo que se refiere a la temperatura el valor de $20^{\circ}C$, es más o menos un valor medio considerado en las aguas naturales y además por que se ha comprobado que el proceso metabólico de las bacterias se acelera a dicha temperatura; por lo que se requiere que las determinaciones se cuantifiquen diariamente o bien alternadamente.

El método de diluciones se basa fundamentalmente, en el concepto, de que la velocidad de degradación bioquímica de materia orgánica, es directamente proporcional a la cantidad de materia inoxidable en un determinado tiempo. Las diluciones se hacen con las muestras, agregándolas con una pipeta volumétrica a botellas de un tipo especial, con capacidad de 300 ml, con el fin de tener una referencia más sencilla, después se agrega agua de dilución, seguido del método de Winkler modificado, de ésta forma se obtiene el oxígeno disuelto inmediato D_0 y la de los demás días $D_1, D_2, D_3, \dots, D_5, \dots, D_n$.

El agua de dilución es el nombre adoptado a una mezcla de agua destilada de la mejor calidad, con los nutrientes respectivos. Los nutrientes son soluciones de: buffer de fosfato, sulfato manganeso, cloruro de calcio y cloruro férrico. Seguida de una reareación con el fin de incrementar o disminuir el contenido de gases disueltos de la muestra y llegar cerca de la saturación.

Todas las sales mencionadas anteriormente, proporcionan una capacidad buffer y propiedades osmóticas y de esta manera le dan al organismo un medio de crecimiento y desarrollo de su metabolismo.

La determinación cuantitativa de este parámetro, se logra por medio de la diferencia entre el oxígeno disuelto inmediato D_0 , con el encontrado en los días posteriores, dividido entre el porcentaje de dilución, dando los resultados en mg/l. La expresión matemática se presenta en la ecuación 7.1.

$$\left(\frac{D_0 - D_1}{\%}\right), \left(\frac{D_0 - D_2}{\%}\right), \dots \dots \dots \left(\frac{D_0 - D_n}{\%}\right) \quad (7.1)$$

NOTA: El método de las diluciones no es estadísticamente confiable para aquellas muestras, que presenten un abatimiento de oxígeno menor de 2 mg/l.

c).- Resultados Analíticos

Las diluciones que se emplearon en el Lago de Chapala para la determinación de este parámetro, fueron: 25,50,75 %. Las cuales no se escogieron arbitrariamente, sino que se seleccionaron de un gran número de experiencias, para precisar cuales eran las más adecuadas en el lago.

En la tabla 6.3.1 se puede observar que los valores promedio por zona de la primera fase, son grandes comparados con los de las fases restantes. Posiblemente se debió a la mala interpretación del me-

todo al empezar el estudio. Los valores de las fases restantes, están dentro de un rango razonable, debido a que la experiencia demostró en forma categórica, que la DBO_5 en el Lago de Chapala anda en un rango de 1 a 4 mg/l, lo que es aceptable para la vida marina del mismo.

Por otra parte los valores promedio encontrados por etapa demuestran que tienen una tendencia a disminuir de los dos extremos; llamemos de ésta forma a la primera y tercera etapa, hacia el centro con valores de 9.16 mg/l en la primera, 1.95 mg/l en la segunda y 2.42 mg/l en la tercera.

d).- DEMANDA BIOLÓGICA DE OXÍGENO ÚLTIMA (DBO_u).

d.1).-Generalidades

Esta prueba se realizó experimentalmente en un período de siete días alternos, es decir, se determinó el oxígeno disuelto para 1,3,5, y 7 días, como se puede observar de ésta forma se determinó también la DBO_5 , facilitando enormemente el análisis de éstos dos parámetros. La experiencia se hizo con el fin de obtener la curva de oxidación al cabo del período mencionado.

Se ha establecido por varios estudios cinéticos que la reacción de la DBO sigue una ecuación de primer orden, donde la velocidad de reacción, es proporcional a la cantidad de materia orgánica oxidable en un tiempo determinado y depende de la contaminación de los organismos activos. La velocidad de reacción generalmente se controla por medio de la cantidad de alimento existente para el organismo, esto quiere decir que la velocidad de reacción decrece gradualmente respecto a la concentración L del alimento ó bien por el decrecimiento de la materia orgánica.

Para consideraciones prácticas se representa la demanda última de oxígeno por la siguiente ecuación:

$$-\frac{dL}{dt} = k^*L \quad (7.2)$$

donde: L = Demanda de materia orgánica oxidable en el tiempo (t).

k^* = Velocidad de reacción.

El signo menos representa el decrecimiento de materia en el tiempo (t). La ecuación 7.2 representa la velocidad por medio de la cual la materia orgánica es destruida y por consiguiente se puede interpretar (L) en términos del oxígeno empleado.

Integrando la ecuación 7.2 tenemos:

$$\frac{L_t}{L} = e^{-k^* t} = 10^{-k^* t} \quad (7.3)$$

donde: $k = 2.3 k^*$ $k^* = 0.4343 k$

La formula 7.3 indica la cantidad de contaminante que permanece después del tiempo (t) y que corresponde a una fracción de $10^{-k^* t}$

Ahora bien haciendo una modificación, cambiando $L_t = y$, para facilitar el cálculo de la ecuación 7.3, queda finalmente de la siguiente forma:

$$y = L (1 - e^{-k^* t}) = L (1 - 10^{-k^* t}) \quad (7.4)$$

donde: y = Demanda biológica de oxígeno en el tiempo (t).

k = Velocidad de reacción.

Por muchos años se consideró que la reacción de la DBO se efectuaba a una velocidad constante y se estableció un valor de 0.1 por día a 20 °C; pero se ha comprobado por estudios experimentales que varía día-

a día (7), debido a que depende de factores como la temperatura. Por este motivo la velocidad de reacción se determinó para cada una de las estaciones del Lago de Chapala.

La variación de la velocidad de reacción es determinante en el curso de la reacción de la DBO, ya que depende de varios factores tales como:

- 1.- La naturaleza de la materia orgánica.
- 2.- La habilidad del organismo presente para utilizar la materia orgánica.

Posiblemente para controlar las variaciones de la velocidad de reacción los factores más importantes son la velocidad de hidrólisis y difusión.

d.2).- Muestreos y Método

I.- Muestreos

Los muestreos se hacen de la misma forma que para la DBO del inciso (b).

II.- Método

El método que se utilizó en la determinación de éste parámetro, es el desarrollado por Thomas y Moore (12). En donde calculan los valores de L y k por medio de varias ecuaciones que posteriormente se describen.

A las muestras correspondientes, a todas las estaciones del lago se les determinó el oxígeno disuelto, por medio del método de Winkler modificado a las diluciones de 25, 50, 75 %. Comenzando por el OD inmediato D_0 , para cada dilución, el resto de botellas se incubaron a $20^{\circ}\text{C} \pm 1$ y se les determinó el oxígeno disuelto el día que les pertenecía, por ejemplo para éste estudio se seleccionaron, el primer día,

tercero, quinto y séptimo y de esta forma se encontró la DBO, para cada uno de los días especificados.

Los valores de la DBO encontrados para cada día y cada dilución se promediaron para obtener una DBO más real, inmediatamente después se encontró el valor de $\sum y/\sum ty$, de la ecuación 7.5, entrando con este valor a una gráfica de oxidación de antemano hecha para los días 1, 3, 5 y 7, por lo que la curva arroja los valores de L y k buscados.

Cálculo de la curva de oxidación para 1, 3, 5 y 7 días.

$$\text{Ecuación general: } \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{\sum_{i=1}^n y_i t_i} = \frac{n - \sum_{i=1}^n e^{-kt_i}}{\sum_{i=1}^n t_i - \sum_{i=1}^n t_i e^{-kt_i}} \quad (7.5)$$

donde: t= días

n= número de experiencias

y= demanda biológica de oxígeno

k= constante de velocidad de reacción

Para poder resolver la ecuación (7.5), se deben suponer los valores de k ó bien los de L que son las incógnitas que se andan buscando. Para este estudio se supuso los valores de k en un rango más o menos adecuado a las aguas del lago.

En la tabla 7.1 se presentan todos los valores supuestos de k ; en la segunda etapa y en la figura 7.1 se presenta la curva de oxidación para los días 1, 3, 5 y 7 .

Por lo tanto obteniendo los términos de la ecuación (7.5)

se tiene:

Desarrollo del numerador : $\sum y$

$$\sum_{i=0}^n y_i = \sum_{i=0}^n L_0 (1 - e^{-kt_i}) = \sum_{i=0}^n (L_0 - L_0 e^{-kt_i})$$

donde; $n = 1, 3, 5$ y 7 días

$$\begin{aligned} y_1 + y_3 + y_5 + y_7 &= L_0 - L_0 e^{-k} + L_0 - L_0 e^{-3k} + L_0 - L_0 e^{-5k} + L_0 - L_0 e^{-7k} \\ &= L_0 \cdot 4 - (e^{-k} + e^{-3k} + e^{-5k} + e^{-7k}) \end{aligned}$$

$$\text{finalmente } \frac{\sum y_i}{L_0} = 4 - (e^{-k} + e^{-3k} + e^{-5k} + e^{-7k}) \quad (7.6)$$

desarrollo del denominador : $\sum_{i=0}^n t_i y_i$

$$\begin{aligned} t_1 y_1 + t_3 y_3 + t_5 y_5 + t_7 y_7 &= L_0 - L_0 e^{-k} + 3L_0 - 3L_0 e^{-3k} + 5L_0 - 5L_0 e^{-5k} + 7L_0 - 7L_0 e^{-7k} \\ &= L_0 \cdot 16 - (e^{-k} + 3e^{-3k} + 5e^{-5k} + 7e^{-7k}) \end{aligned}$$

$$\frac{\sum_{i=0}^n t_i y_i}{L_0} = 16 - (e^{-k} + 3e^{-3k} + 5e^{-5k} + 7e^{-7k}) \quad (7.7)$$

Ecuación final:

$$\frac{\sum y_i}{\sum t_i y_i} = \frac{4 - (e^{-k} + e^{-3k} + e^{-5k} + e^{-7k})}{16 - (e^{-k} + 3e^{-3k} + 5e^{-5k} + 7e^{-7k})} \quad (7.8)$$

TABLA 7.1 VALORES DE k SUPUESTOS

k	$\sum y_i / L_0$	$\sum y_i / t_i y_i$
0.01	0.157	0.191
0.02	0.304	0.192
0.03	0.444	0.193
0.04	0.577	0.193
0.05	0.704	0.194
0.10	1.250	0.197
0.15	1.633	0.199
0.20	2.017	0.202
0.25	2.262	0.205
0.30	2.507	0.208
0.35	2.670	0.210
0.40	2.833	0.213
0.45	2.946	0.215
0.50	3.059	0.217
0.55	3.140	0.219
0.60	3.221	0.221
0.70	3.340	0.224
0.80	3.442	0.227
0.90	3.508	0.229
1.00	3.575	0.231
1.25	3.688	0.236
1.50	3.765	0.239
2.00	3.865	0.244
3.00	3.950	0.248
4.00	3.982	0.249
5.00	3.993	0.250

DE las fórmulas 7.6 y 7.8 se determinaron todos los valores que se encuentran en la tabla 7.1. En la fig. 7.1 se presentan todos los valores anteriormente calculados por dichas ecuaciones, la curva presenta la oxidación de materia orgánica, debido a los organismos — vivientes durante siete días.

Una vez hecha la curva de oxidación, la interpretación de los valores encontrados en el Lago de Chapala, es más sencilla. Por ejemplo, en la estación (01) se encontraron los siguientes valores de DBO, correspondientes a los días 1, 3, 5 y 7 y diluciones al 25, 50 y 75 % como sigue:

d \ t	1	3	5	7
25	.80	.80	1.60	2.40
50	.40	.80	0.80	1.20
75	.53	.26	1.06	0.80
P	.58	.62	1.15	1.47

donde: t = días

d = diluciones

P = promedios

Por lo que:

$$t = 1, 3, 5, 7 \text{ días}$$

$$P = 0.58, 0.62, 1.15, \text{ y } 1.47$$

$$\sum ty = 0.58, 1.86, 5.75, 10.29$$

de donde $\sum y = 3.82$ y $\sum ty = 18.48$

$$\frac{\sum y}{\sum ty} = \frac{3.82}{18.48} = 0.2067 \text{ de la fig 7.1 obtenemos :}$$

$$k = 0.28 \quad \text{y} \quad \frac{\sum y}{L_0} = 2.43 \quad \text{por lo tanto} \quad L_0 = \frac{3.82}{2.43} = 1.57$$

Por lo que obteniendo la relación de DBO_5 y DBO_u , se encuentra el porcentaje correspondiente a la estación (01) y fué de 73.2%, lo que es adecuado en un lago.

De la misma forma se hizo el cálculo de las demás estaciones que cubrían toda el área del lago. De esta forma se obtuvo una k y una L en cada estación; finalmente se tomó un promedio de las mismas, para cada zona de estudio, correspondiendo a la zona Jocotepec un valor de 0.65, para Chapala 0.40 y para Ocotlan de 0.30 ; encontrando un promedio global para k de 0.45 y para la relación L_5/L_0 un valor de 0.89

d.3).- Resultados Analíticos.

El período que sirvió como ejemplo para describir la L_0 y también para encontrar el valor de k en el lago, corresponde a la cuarta fase. De la misma forma se calculó para las fases restantes; pero como es lógico hubo ligera variación en los valores, debido a que fueron curvas de oxidación diferentes, es decir en la primera etapa se hizo para 1,3 y 5 días y en la tercera y última para 1,3,5,7, y 9 días. Esto se hizo con el fin de poder tener más evidencias sobre esos dos parámetros (k y L_0); lo que demostró en el transcurso de las tres etapas, que los valores encontrados son similares a los de la estación (01) tomada como ejemplo.

En la tabla 6.3.1 se presentan todos los valores obtenidos de este parámetro y se observa que las concentraciones mayores en mg/l fueron las de la primera fase, debido a que la DBO_5 es grande también. Los valores de las demás fase estuvieron en un rango de 1.35 a 6.43mg/l.

Finalmente los valores promedios encontrados por etapa fueron: en la primera 11.43 mg/l, para la segunda 3.40 mg/l y para la tercera y última 3.5 mg/l, por lo que hace un promedio global de 5.77 mg/l

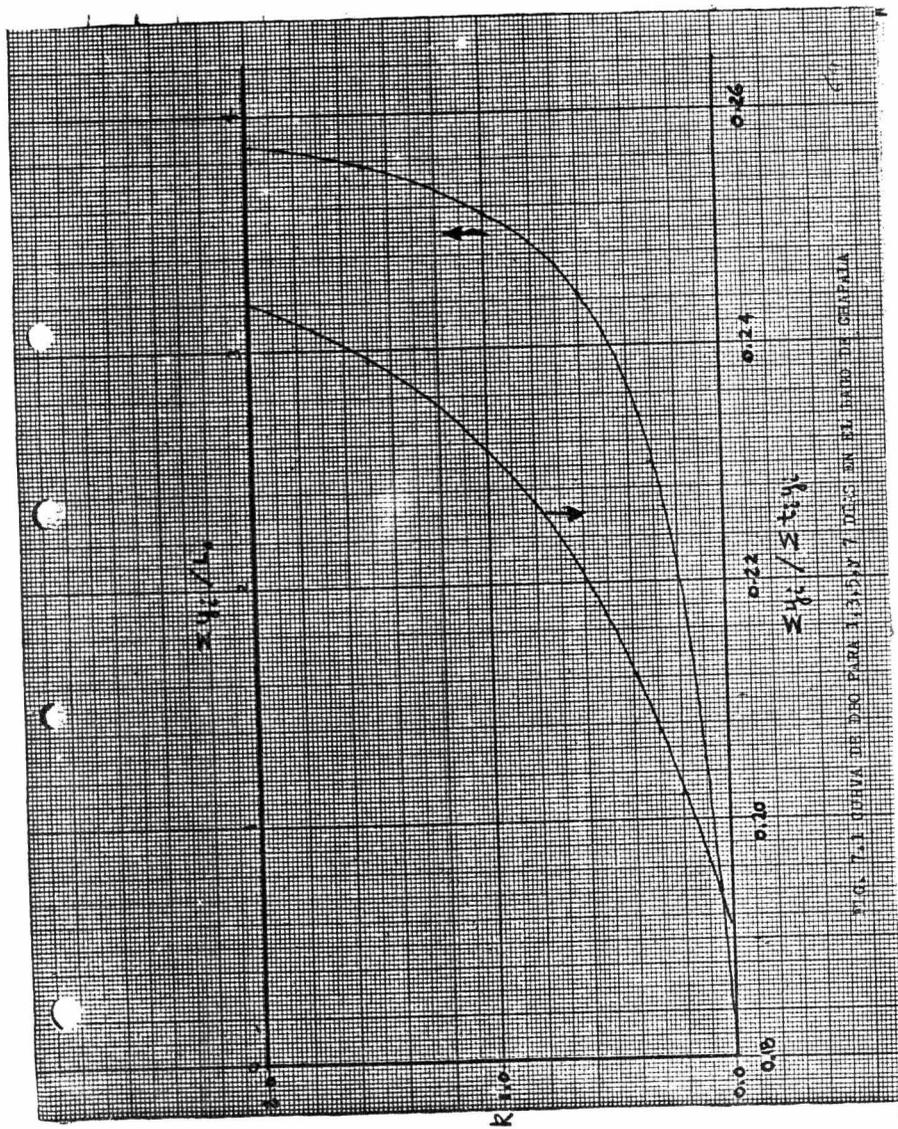


FIG. 7.3 CURVA DE DBO PARA 1,3,5 Y 7 DIAS EN EL BARRIO DE GEFALIA

VIII .- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

I.- Conclusiones

- 1.- En general las temperaturas ambiente y líquida, estuvieron en un rango normal durante el tiempo que duró el estudio; puesto que no existió ningún cambio radical que afectara a otros parámetros.
- 2.- El pH como se puede observar, de la tabla 6.3.1 siempre fué un valor casi constante con tendencias básicas.
- 3.- El oxígeno disuelto estuvo en condiciones de subsaturación, saturación y sobresaturación, por lo que no presentó un problema su medición.
- 4.- La demanda biológica de oxígeno, siempre estuvo en un rango aceptable, excepto en la primera etapa.
- 5.- Los valores de la demanda química de oxígeno siempre fueron superiores a los de la DBO_5 , lo que demuestra que en ella toda la materia orgánica se oxidó.
- 6.- Las concentraciones de cloruros y de sulfatos, se pueden considerar que no son nocivas para la vida acuática del lago, ni para el ser humano.
- 7.- Los valores de grasas y aceites, fueron aceptables excepto tres valores promedio que posiblemente estén afectando la vida acuática del vaso en cuestión.

II.- RECOMENDACIONES

- 1.- Se necesita mayor cantidad de estudios de ésta índole, para llegar a conocer exactamente el grado de contaminación de dicho lago.
- 2.- Los estudios se deben realizar más específicamente, es decir que a cada parámetro hay que darle su debida importancia y profundizarse en ellos.
- 3.- Crear conciencia en las personas y empresas que están provocando contaminación y los resultados que se pueden esperar de ella.
- 4.- Poner medidas más estrictas a personas que no quieren entender la necesidad actual que se tiene de controlar dicho estado de cosas.
- 5.- Se debe tener los medios necesarios para el buen desarrollo de los programas que se planean.

B I B L I O G R A F I A

- 1.- Anon "Water Quality and Treatment" 2nd ED, A.W.W.A. (1950).
- 2.- Anon "Standards of Water Quality and Factors Affecting Quality" water works eng. 100.658 (1947). Pub. Health Engineering.
- 3.- Anon "International Standards for Drinking Water". World Health Organization, Geneva (1958).
- 4.- Anon "European Standards for Drinking Water". World Health Organization, Geneva (1961).
- 5.- Brenneke A.M. "Control of Salt-Water Intrusion in Texas "Jour- A.W.W.A. 37, 579 (1945); Water Pollution, Abs 18 (Sep-Oct 1945).
- 6.- Baylis J.R. "Water Quality Standards" Jour A.W.W.A 1953 (1940).
- 7.- Chemistry for Sanitary Engineers, (Second Edition), Mc Craw Hill Book Company, Kogakusha Company. Ltd.
- 8.- Eaton, F.M. Mc Galloway R.D. and Mayhugh M.S. "Quality of Irrigation Water of the Hollister. Area of California U.S. Dept. of - Agr. Tech. Bull 746 (1941).
- 9.- Eaton, F. M. Mc Galloway R.D. and Mayhugh M.S. "Quality of Irrigation Water of the Hollister. Area of California U.S. Dept. of - Agr. Tech. Bull 746 (1941).
- 10.- Ellis M.M. West Fall B.A. and Ellis M.D. "Determination of Water Quality" Dep. of interior Res. Report 9 (1946).
- 11.- Ellis Min "Detection and Measurement of Stream Pollution" (Related principally to Fish Life) U.S Dept. of Commerce Bur of - - Fisheries Bull 22 (1937).
- 12.- E.W. Moore, H.A. Thomas, and W.B. Snow "Simplified" Method for Analysis of DBO "Sewage and Ind. Wastes 22: 1343 (1950); H.A. - Thomas" Graphical Determination de DBO Curva Constant "Waterand Sewage Works 97: 123, 1950.

- 13.- K.H. Nancy St. Jaffe 1966 Analysis of Dissolved Oxigen In Natural y Waste Waters. USFHS Pub. No. 999-W-P-37 Washington D.C.
- 14.- Kelley N.P. "Suitability of Colorado River Water For Citrus in South Coastal Basin" Cal. Citrus Grower 22, 235, (1937); Water Pollution ABS 12 (Feb 1939).
- 15.- Hart W.B. Doudoroff P. and GreenBank J. "Evaluation of Toxicity of Industrial Wastes Chemicals and other substances to Presh- - Water control Lab. Atlantic Refrining Co. Philadelphia Pennsylvania (1945).
- 16.- Hibbard P.L "The Significance of Mineral Matter In Water" Jour. A.W.W.A. 21, 884 (1934).
- 17.- Methods Standard for the Examination of Water and Waste Water . 13th Edition 1971 APHA. AWWA. WPCF.
- 18.- Schoeller H. "The Chemical Quality of Water for Human Consumption in Desert Regions" ChronMines Coloniales 6, 552 (1937); Water - Pollution ABS 12 (Jan. 1939).
- 19.- Water Quality Criteria, Second Edition 1963 Prepared with Assistance from Division of Water Suply and Pollution Control U.S -- Public Health Service Departament of Health Education and Wel--- fare.