
DATOS HIDROBIOLOGICOS DEL LAGO DE CHAPALA, JALISCO

ERNESTO A. CHÁVEZ

Laboratorio de Ecología Marina Depto.
de Zoología. Escuela N. de Ciencias
Biológicas, I.P.N.

INTRODUCCIÓN

El lago de Chapala, localizado en la región occidental de la República, es el cuerpo lacustre de mayores dimensiones en nuestro país. Su posición geográfica le hace resaltar aún más su importancia, pues está bien comunicado y esta muy cerca de Guadalajara, una de las ciudades más grandes de la República, por lo cual su atractivo como centro turístico y fuente de recursos pesqueros hacen de Chapala uno de los más importantes de nuestros lagos. Sin embargo, es pertinente mencionar que a pesar de tener los atributos antes citados, es bastante desconocido desde el punto de vista limnológico no obstante haber existido además un organismo oficial, la Comisión Lerma—Chapala—Santiago encargada de su estudio. La literatura que hace referencias concretas al lago de Chapala es muy escasa, Cuesta-Terrón (1925) hace mención de la fauna ictiológica y malacológica de ese cuerpo lacustre, de la que hace especial énfasis sobre las especies comestibles; De Buen (1942), discute los aspectos ictiológicos del trabajo de Cuesta-Terrón antes mencionado, y posteriormente (De Buen, 1945) discute brevemente las características de cuatro factores físicos ambientales, concretamente la temperatura, oxígeno, pH y transparencia registradas en siete puntos del lago. Además, un año después (De Buen, 1946), publica un trabajo sobre la ictiofauna de ese lago. Más recientemente, Deevey (1957) aporta más datos físicos ambientales, así como de la densidad y biomasa de seis elementos de la infauna bentónica colectados en cinco dragados. Cole (1963) sintetiza las observaciones anteriores; y finalmente, la Comisión Lerma-Chapala-Santiago (1962) hace una reseña histórica de los problemas provocados por el lirio acuático en el cuerpo lacustre de referencia. Existen además otras fuentes bibliográficas que sin tratar específicamente de Chapala, aluden colateralmente alguno de sus aspectos las cuales serán citadas en su oportunidad.

En el presente trabajo se pretende dar un vistazo general al lago teniendo como base la escasa literatura existente, así como algunos datos inéditos o en bruto cuyo análisis es objeto de la discusión que aquí se presenta.

DATOS FISIAGRÁFICOS E HIDROLÓGICOS

CLIMA. El lago de Chapala, situado a 1524.6 metros s.n.m. está ubicado en una cuenca tectónica con un grado muy avanzado de azolvamiento. El clima circundante es, de acuerdo con la clasificación de Koeppen, del tipo Cw, es decir, templado lluvioso de invierno seco no riguroso, al que corresponde una vegetación de pradera, y cuyas características se hacen evidentes observando el polígono climático de la figura 1, elaborada con base en datos del boletín N°. 1 del Plan Lerma de Asistencia Técnica (1966) que contiene información resumida de sus estaciones meteorológicas de la cuenca correspondiente a 29 años (1935-1963). A fin de caracterizar el clima se tomó la información de las estaciones meteorológicas de El Fuerte, Jamay, Jocotepec, Tuxcueca y Chapala con la que se obtuvieron los promedios correspondientes.

Por lo que se refiere a la temperatura media ambiental, se observe que tuvo una amplitud de 5.7° C con límites entre 16.7 y 22.4° C y valor medio de 19.9° C; sin embargo, las variaciones locales fueron un poco más amplias, pues en Tuxcueca, la media más baja fue de 15.9 y la más alta corresponde a el Fuerte con 24.2° C. Por lo que respecta a las mínimas y máximas medias, se tiene que el polígono de la derecha corresponde a El Fuerte, que resulta la zona más cálida de la región con 30.4° C como valor máximo. Las temperaturas medias mínimas están representadas en el polígono de la izquierda y corresponden en su mayor parte a la estación de Jocotepec, situada respecto a El Fuerte en el extremo opuesto de la laguna; aunque el valor mínimo, de 9.5° C, corresponde también a El Fuerte. Respecto a los valores mínimos y máximos absolutos, El Fuerte manifiesta ser la zona no sólo más caliente, sino la más extrema de la laguna, pues en esa localidad se registraron los valores mínimos y máximos con 0.6 y 41.4° C respectivamente. Por otra parte, la oscilación mínima se registró en Jocotepec, con 5.0° C de diferencia entre la mínima y la máxima medias.

LAGO DE CHAPALA, JAL.

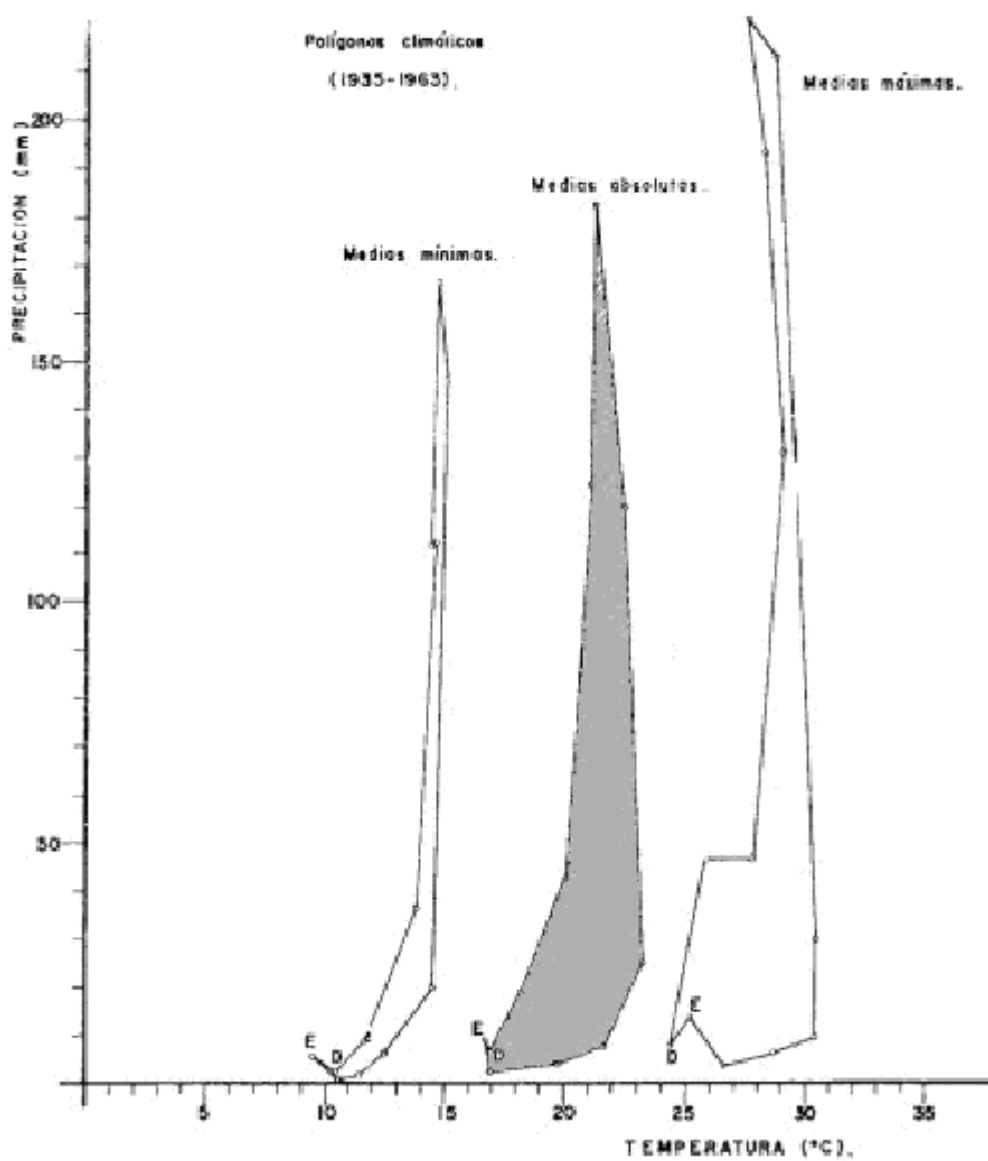


Fig. 1: Polígonos climáticos del Lago de Chapala (1935-1963).

LAGO DE CHAPALA, JAL.

(1935-1963).

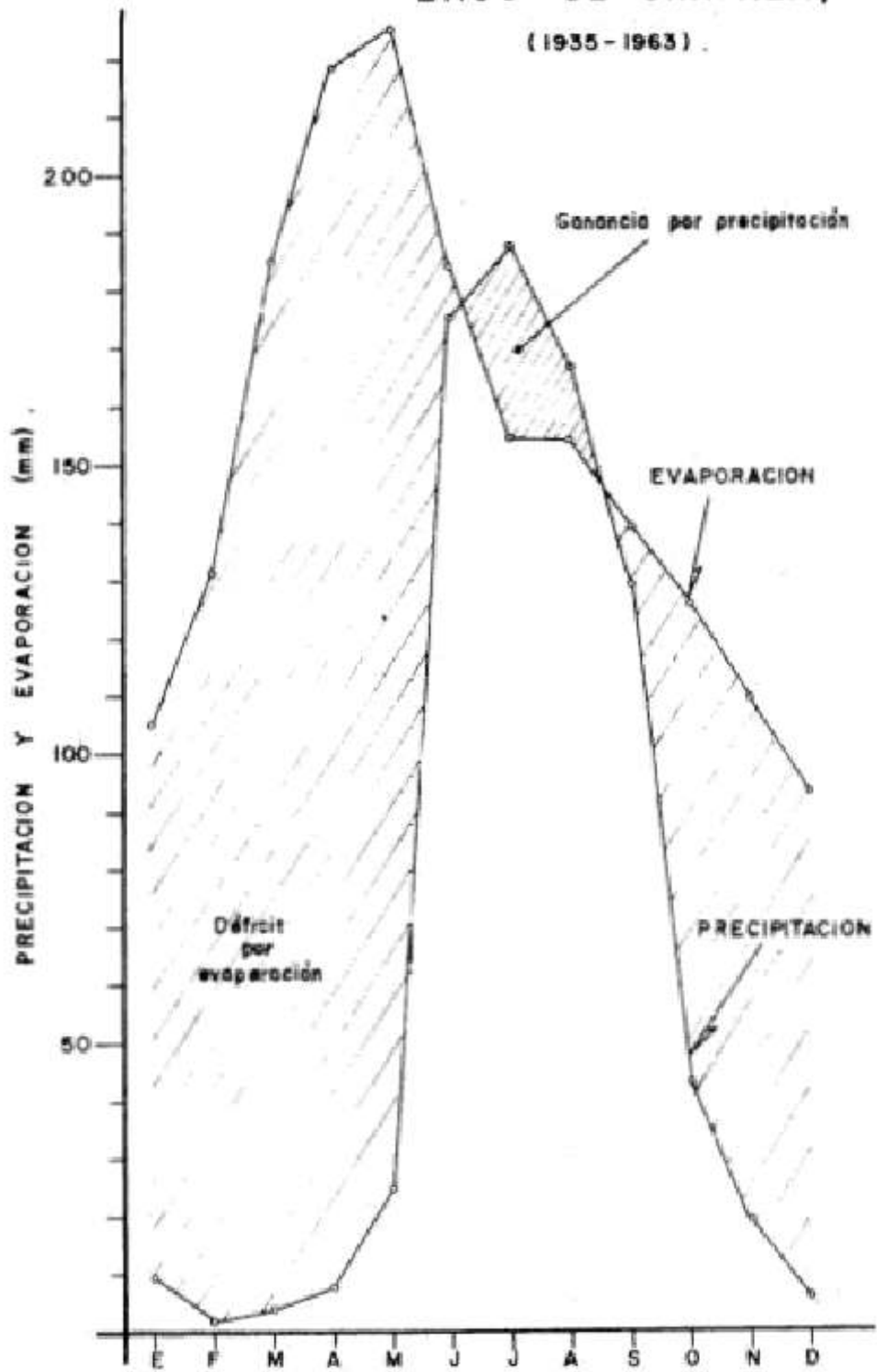


Fig. 2: Valores mensuales promedio de evaporación y precipitación obtenidos a partir de los registros de las estaciones meteorológicas de Chapala, El Fuerte y Tuxcueca, Jalisco.

La precipitación muestra ser estacional, y está bastante bien localizada en el verano cuando alcanza 187 mm, valor correspondiente a julio. El invierno es bastante seco y de enero a abril caen menos de 10 mm mensuales. El promedio general de la precipitación total anual correspondiente a las cinco estaciones analizadas es de 777 mm, carácter que lo acerca al clima de tipo tropical con lluvias intensas en verano, pero del cual queda excluido porque la temperatura media de tres meses es inferior a 18° C.

Por lo que se refiere a la evaporación (fig. 2), se tiene que durante once de los doce meses del año esta es superior a 100 mm, y alcanza sus valores más altos durante mayo y junio, es decir, un poco antes de que se inicie la temporada de lluvias. La oscilación anual fluctúa entre 92.8 mm en diciembre y 225 mm en mayo. Los datos disponibles indican que a Chapala corresponde la evaporación más baja, con 1727 mm al año, y a El Fuerte y Tuxcueca corresponde la más alta, con 1870 mm. El valor máximo promedio se registra en Tuxcueca con 234.7 mm, correspondiente a mayo, y el más bajo en El Fuerte con 91.6 mm, registrado en diciembre. La cantidad de evaporación supera ampliamente al volumen promedio anual de precipitación, provocando un déficit de 1046.7 mm.

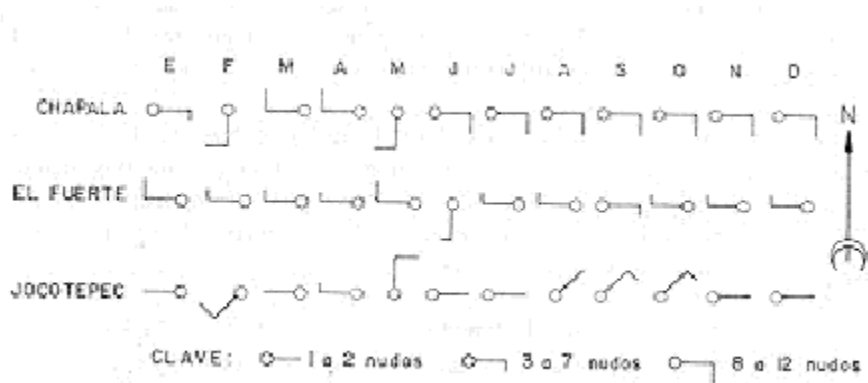


Fig. 3. Vientos dominantes registrados en las márgenes del lago de Chapala (Figura elaborada con base en datos del Río Lerma, 1966, correspondientes al periodo 1935-1953).

Los vientos dominantes en su mayor parte soplan del este y del oeste; de acuerdo con la Comisión Lerma-Chapala-Santiago (1962), a principios del mes de junio de cada año, soplan del este los vientos conocidos como "Mexicano" y "Guaracheño" que son dominantes durante la temporada de lluvias. A principios de febrero sopla del oeste el viento conocido como "Colimote" y dura más de dos meses. Lamentablemente la figura 3 aparentemente no confirma los datos antes citados, pues en El Fuerte durante diez meses sopla viento del oeste, generalmente a velocidades de 4.3 nudos y sólo en junio y septiembre cambia de dirección. En Chapala sopla del este durante ocho meses, en dos sopla del sur y en otros dos del oeste; en Jocotepec finalmente, durante los cuatro primeros meses del año sopla del oeste y cambia de dirección en los meses siguientes, durante los cuales sopla principalmente del este y noreste.

HIDROLOGÍA. La información disponible permite establecer de un modo general las características principales que definen a el lago de Chapala desde el punto de vista físico y químico. Este vaso se localiza en la parte media del tramo que ocupa el sistema fluvial conocido como Lerma Santiago, cuencas originalmente independientes que a causa de la captura de la cuenca del Lerma por la del Santiago en la actualidad forman parte de un solo sistema. De acuerdo con Tamayo (1962), dicha cuenca tiene su origen en la cordillera neovolcánica cerca de Toluca, en las inmediaciones de Almoloya del Río a 2 600 metros sobre el nivel del mar, y desemboca en el mar al noroeste del puerto de San Blas, Nayarit. Se estima que su escurrimiento medio (Tamayo, *op. cit.*) es de 8 600 millones, de metros cúbicos al año a los que habrá que agregar 2 857 millones más que representan el agua aprovechada en la actualidad para usos humanos. La cuenca de referencia ocupa un área de 125 370 km², de los cuales 1 109 km²

corresponden a la superficie del lago de Chapala.

Con base en datos tomados del Boletín Hidrológico N°. 24 de la Secretaría de Recursos Hidráulicos, así como un mapa batimétrico de Bustamante y Sánchez, 1971 (fig. 4), y datos de Tamayo (*op. cit.*), se han hecho los cálculos necesarios para determinar algunos de los parámetros fisiográficos que caracterizan al lago de Chapala, a saber:

Longitud máxima (igual a la longitud máxima efectiva) = 75 km.

Anchura máxima (igual a la anchura máxima efectiva) = 24.8 km.

Anchura media = 14.8 km.

Profundidad máxima = 13.0 m.

Profundidad media = 7.4 m.

Volumen = $8\,220 \times 10^6 \text{ m}^3$

Fluctuación del volumen = $5\,300 \times 10^6$ a $11\,678 \times 10^6 \text{ m}^3$.

Las fluctuaciones máximas en el volumen representan en el nivel una variación de más o menos 3.6 m con respecto al nivel medio. Las fluctuaciones observadas se deben en gran medida al aporte diferencial de los afluentes, los que en promedio surten, según Tamayo, un total de 3 350 millones de metros cúbicos anuales, de los cuales 2 150 corresponden al Lerma, 340 al Duero, 150 al Zula y 710 a la cuenca propia de la laguna. Por otra parte, el gasto total medio del río Santiago es del orden de 323 millones de metros cúbicos.

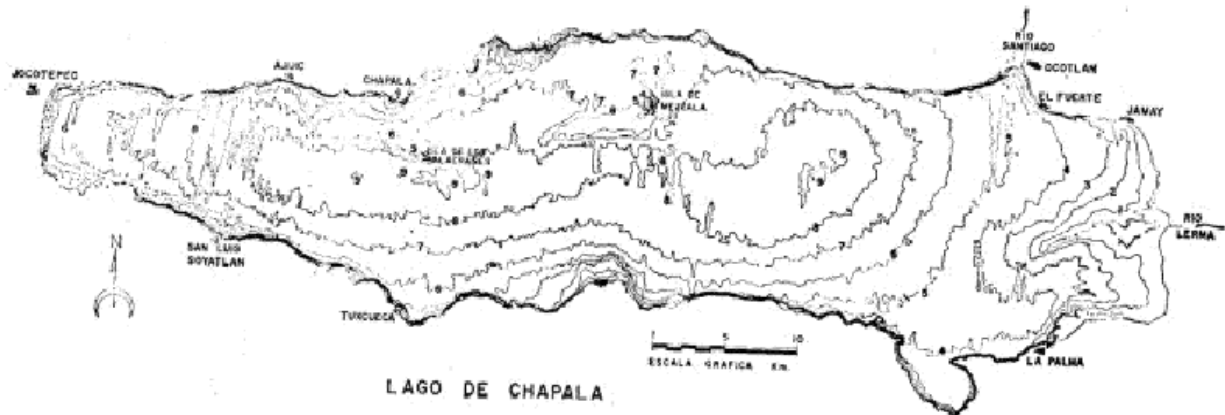


Fig. 4: Mapa batimétrico del lago de Chapala. Tomado de Bustamante y Sánchez (1971), con modificaciones. Isobatas en metros.

Si se considera que el volumen total anual evaporado, de $2\,039 \times 10^6 \text{ m}^3$ menos el volumen de precipitación, que es de $1\,236 \times 10^6 \text{ m}^3$ en promedio origina un déficit anual de 803 millones de metros cúbicos (véase fig. 5), entonces el balance hídrico del lado de Chapala es como sigue:

Ganancia	($\text{m}^3 \times 10^6$):
Precipitación:	1 236
Afluentes:	3 350
Total:	<u>4 586</u>

Pérdidas	(m ³ x 10 ⁶):
Evaporación:	2 039
Efluentes:	323
	<hr/>
Total	2 362

Los datos anteriores arrojan un balance positivo de 2 224 millones de m³, que son aprovechados para usos humanos, así como desprendidos en la transpiración de las plantas acuáticas, que como en el caso del lirio suele alcanzar grandes volúmenes.

Por su composición química, la concentración iónica del lago, según Deevey (1957) se considera dentro del grupo de lagos carbonatados, según la clasificación de Clarke, confirmado además por la alcalinidad del mismo, de 8.4 a 9.2 según De Buen (1945), aunque con la peculiaridad de tener más sodio y potasio que calcio y magnesio, lo que refleja una composición poco usual de la roca madre (o de los sedimentos aluviales que la cubren), circunstancia poco común para los lagos, cuyo anión dominante suele ser el carbonato. La concentración de otros aniones inorgánicos se encuentra dentro de los límites normales presentes en otros cuerpos lacustres. Con respecto a los iones orgánicos y a la cantidad de clorofila, es pertinente señalar con respecto al fósforo que su concentración total es relativamente alta, de 0.079 ppm, y la del nitrógeno relativamente baja, lo cual es un índice aparentemente, de que la productividad biológica es alta, sobre todo si se tiene en cuenta que la ceniza volcánica que le da turbidez característica a la laguna (de 0.25 a 1.75 m de transparencia, según Deevey), no es particularmente rica en fósforo.

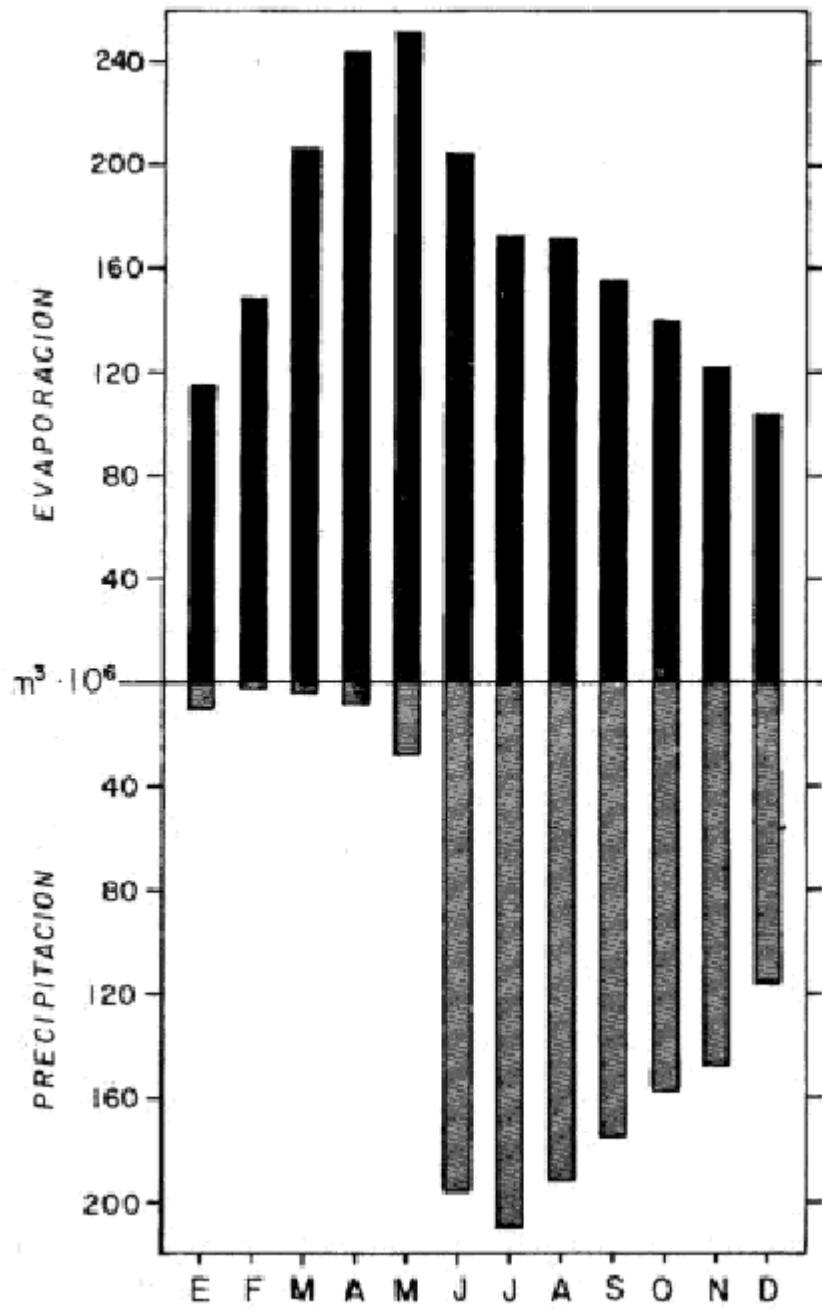


Fig. 5: Registro pluviométrico y de evaporación en el lago de Chapala. Datos promedio elaborados a partir de la información de las estaciones meteorológicas que circundan el lago.

Por su temperatura, los datos de De Buen (1945) señalan una circulación holomíctica muy clara que permite

agrupar a Chapala dentro de los lagos tropicales de tercer orden, pues la temperatura es muy similar en todos los niveles y está muy por encima de 4°C (de 18.0 a 20.6° en la superficie y 20.4° en el fondo). La concentración de oxígeno es buena y se encuentra entre 70 y 80% de saturación en todos los niveles, con 4.1 a 4.75 ppm en la superficie y 4.01 a 4.1 en el fondo.

DATOS BIOLÓGICOS

La información referente a este aspecto es bastante limitada; sin embargo, se considera pertinente discutir separadamente cada uno de los tres aspectos que se conocen actualmente, los dos primeros son esencialmente extractos bibliográficos, y el tercero es un análisis hecho a base de datos recopilados; personalmente.

VEGETACIÓN. Considerable atención se le ha prestado a una especie vegetal del lago de Chapala por parte de los organismos oficiales y público en general a causa de los problemas que ha provocado por el desarrollo explosivo que en varias ocasiones ha llegado a presentar; se trata del lirio acuático, pontederiácea de la especie *Eichhornia crassipes* que suele desarrollarse hasta formar densos tapetes o "tamandas" que causan múltiples problemas; pues no sólo impiden la navegación, sino que estorban considerablemente la práctica de la pesca y limitan la producción pesquera por éste y otros motivos; pues impiden el florecimiento del fitoplancton a la vez que sus raíces consumen oxígeno en detrimento de la fauna. También ha provocado interrupciones en las presas hidroeléctricas situadas en los ríos Lerma y Santiago, debido y que obstruye las tomas del canal alimentador de las turbinas; en varias ocasiones ha derribado el puente de madera para el paso del ferrocarril en Ocotlán, Jalisco.

De acuerdo con la Comisión Lerma-Chapala-Santiago (1962), las principales crisis provocadas por el exuberante desarrollo del lirio han coincidido con las grandes avenidas de 1912, 1926, 1935, 1941, 1955 y 1958, que han arrastrado las enormes masas que se encontraban estacionadas en las márgenes de los ríos y vasos de la cuenca.

La última expansión del lirio, que principió en 1958 y duró hasta 1962, llegó a cubrir cerca del 25 % de la superficie del lago, y sobre esta base, la Comisión Lerma-Chapala-Santiago (1962) elaboró una gráfica que señala la variación del área ocupada por el lirio desde marzo de 1959 hasta marzo de 1962, con 250 km² y 50 km² en cada caso. Con base en esa gráfica, se calculó la superficie que en promedio ocupó el lirio durante ese período, encontrándose los valores siguientes: 1959, 224; 1960, 174; 1961, 82; y 1962, 54. km².

Con la información anterior se hizo el cálculo del agua extraída del lago por transpiración de la planta, para ello se contó con dos datos, uno de Treviño (1965), quien encontró que en Cupatitzio en cada metro cuadrado de agua ocupada por lirio se pierden 14.2 litros por día en noviembre; el otro dato obtenido en Chapala, en enero de 1961 es de 11.8 litros/m²/24 hrs. Para hacer el cálculo mencionado se tomó el promedio de ambos valores, que es de 13.0 litros, por lo tanto, en un mes, cada metro cuadrado de lirio transpira 390 litros de agua. Los resultados obtenidos por estos cálculos son estratosféricamente grandes según se observa a continuación:

1959 (10 meses):	888 160 x 10 ⁶ litros
1960:	825 630 x 10 ⁶ "
1961:	389 090 x 10 ⁶ "
1962 (3 meses):	63 180 x 10 ⁶ "
<hr/>	
Total (37 meses):	2 166 060 x 10 ⁶ "

El volumen calculado corresponde a una pérdida anual de agua casi equivalente a la cuarta parte del volumen total del lago o al volumen del escurrimiento anual de toda la cuenca. Por otra parte, resulta difícil imaginar el valor correspondiente a que asciende el monto de las pérdidas económicas potenciales considerando la cantidad de energía eléctrica que hubiese podido generarse con esa cantidad de agua.

Ha habido varios intentos para aprovechar el lirio, y desde 1910 por lo menos, se iniciaron las pruebas para darle un uso como materia prima para fabricar papel, como combustible, fertilizante, o como forraje para ganado, pero todas fracasaron por algún motivo.

Además de las intentos para aprovecharlo, se han probado diversos métodos de control, como la extracción mecánica, ensayos con lanza llamas, control biológico, y métodos químicos. Los tres primeros han arrojado resultados negativos (a pesar de que en el caso del control biológico se ha tenido un éxito relativo y limitado empleando manatíes en el sur de los Estados Unidos), y de los métodos químicos se ha tenido bastante éxito, sin ser absolutamente satisfactorio, el uso del ácido 2, 4 diclorofenoxiacético, mejor conocido como 2, 4-D, herbicida de infiltración actualmente muy usado en todas las regiones del mundo en donde se aplican métodos de control del lirio acuático.

Los ensayos realizados en Chapala con el herbicida mencionado arrojan costos que fluctúan entre \$600.00 y \$1 500.00 por hectárea de lirio tratada. Sin embargo, es pertinente mencionar que el uso del 2, 4-D implica ciertos riesgos, pues según indican en las casas distribuidoras: "El herbicida no es tóxico para la fauna acuática ni para el ganado a la concentración se piensa usar para el control de la plaga".

"Después de la aplicación es prudente no utilizar el agua para irrigación, sino hasta después de 60 días pues aunque el 2, 4-D estaría muy diluido, puede ocasionar perjuicios a algunos cultivos como jitomate y frijol".

Por otra parte, la Comisión Lerma-Chapala-Santiago ha resuelto parcialmente el problema atacándolo por medios mecánicos, pues cuando la laguna alcanza nivel apropiado para salir por gravedad a través del río Santiago, dejan salir el lirio con ayuda de unas compuertas radiales construidas *ex profeso*, y de varias brigadas, de personal destinadas a evitar el congestionamiento del lirio en las estructuras que existen sobre el río Santiago. Tomando en cuenta únicamente la erogación que representa el personal de dichas brigadas, el costo ha sido de \$10.00 por hectárea de lirio desalojado, lo cual representa una buena solución al problema, siempre y cuando la laguna tenga un nivel adecuado para que pueda llevarse a cabo en esa forma.

FAUNA. Se conocen algunos datos sobre la fauna que habita el lago de Chapala, de tal manera que es posible caracterizarlo desde el punto de vista del bentos y necton que pueblan sus aguas.

La cantidad total de pequeños invertebrados que viven en el fondo de un modo temporal o permanente, varía grandemente de lago a lago. De acuerdo con Deevey (1957), la cantidad y composición de sus componentes están en general, probablemente más estrechamente relacionados con el tamaño y forma del lecho lacustre que con la productividad fundamental de la región. Estudios comparativos entre los diferentes tipos de lagos sugieren que los más profundos y morfométricamente más oligotróficos, tienen menos bentofauna profunda.

El autor citado señala que una consecuencia predecible del metabolismo intensificado de los lagos tropicales es que la regeneración de nutrientes en las aguas libres debería ser más completa que en un lago templado de similar tamaño y profundidad. De ahí se inferiría que menos energía se vertería a los sedimentos; por lo tanto, el fondo de un lago tropical como Chapala deberá ser no sólo más pobre en materia orgánica, sino también más pobre en fauna del fondo.

Con los datos que aporta Deevey (*op. cit.*) a este respecto, se infiere que en el fondo existe una biomasa de organismos cuya magnitud es del orden de 2.1×10^9 g pues tiene una densidad media de 1.9 g/m^2 , de cuyos componentes, *Chaoborus* es el más importante en términos de peso con 7 g/m^2 y le siguen *Tanytus* y los anélidos tubificidos con 0.37 y 0.304 g/m^2 respectivamente. Esta cantidad de bentofauna debe jugar un papel muy importante para todos aquellos consumidores secundarios que tienen en el bentos su principal fuente de alimentos. Se considera que tal cantidad de biomasa de tipo animal es una posible reserva pues es de suponerse que en las condiciones actuales existe un equilibrio entre los distintos niveles tróficos y aunque dicha reserva es baja, pues por su magnitud corresponde a la de los lagos de tipo oligotrófico, probablemente podría soportar una población piscícola aún superior a aquella con la que actualmente cuenta.

El necton será discutido muy brevemente, pues son pocos los datos que se conocen sobre la biología de sus componentes, y por lo tanto la discusión sobre este aspecto se ha limitado a la enumeración de las especies conocidas del lago de Chapala. Dicha lista se ha elaborado tomando como base los trabajos de Alvarez y Cortés (1962), De Buen (1946), y una lista de especies obtenida directamente de la Comisión Lerma-Chapala-Santiago. Dicha lista hace un total de 42 especies repartidas en 22 géneros pertenecientes a 9 familias; de esas especies por lo menos cuatro son introducidas, y las restantes se distribuyen localmente o a lo largo de la cuenca. El género

mejor representado es *Chirostoma*, con trece especies (de las cuales es dudoso que dos existan, señaladas con una interrogación), y las familias con mayor número de representantes son Goodeidae, con nueve géneros y Cyprinidae con siete. Las especies de referencia son las siguientes:

CLASE PETROMYZONES

ORDEN PETROMYZONIFORMES

Familia Petromyzonidae

Tetrapleurodon spadiceus Creaser y Hubbs "Anguila"

CLASE TELEOSTOMI

ORDEN SALMONIFORMES

Familia Salmonidae

Salmo gairdneri Richardson "Trucha arco iris"

ORDEN CYPRINIFORMES

Familia Catostomidae

Moxostoma austrinum (Bean) "Carpa chupadora"

Familia Cyprinidae

Algansea dugesi (Bean) "Juile"

A. lacustris Steindachner "Acúmara"

A. stigmatura Regan

A. rubescens Meek

Carassius auratus (Linnaeus) "Carpa dorada"

Cyprinus carpio Linnaeus "Carpa"

Falcularius chapalae (Jordan y Snyder) "Sardina"

Notropis calientis Jordan y Snyder

N. lermæ (Evermann y Goldsborough)

Xystrosus popoche Jordan y Snyder "Popocha"

Yuriria alta (Jordan) "Pescado blanco"

Familia Ictaluridae

Ictalurus dugesi (Bean) "Boquinete"

I. ochoterenai (De Buen) "Bagre"

ORDEN CYPRINODONTIFORMES

Familia Goodeidae

Alloophorus robustus (Bean) "Mojarrita"; "Chegua"

Allotoca dugesi (Bean) "Juile"

Chapalichthys encaustus (Jordan y Snyder)

Goodea atripinnis Jordan "Mojarrita"; "Tiro"

Neotoca bilineata (Bean)

Ollentodon multipunctatus (Pellegrin)

Skiffia lermae lermae Meek

Xenotoca variata (Bean)

Zoogoneticus diazi Meek "Tirito"

Z. robustus (Bean) "Mojarrita"; "Chegua"

Z. quitzeoensis (Bean)

Familia Poeciliidae

Poeciliopsis infans (Woolman)

ORDEN MUGILIFORMES

Familia Atherinidae

Chirostoma arge (Jordan y Snyder) "Charal"

C. bartoni Jordan y Evermann (?) "Charal"

C. chapalae Jordan y Snyder "Charal"

C. consocium Jordan y Hubbs

C. diazi Jordan y Snyder "Campamocho"

C. estor Jordan (?) "Pescado blanco"

C. grandocule Steindachner "Pescado blanco"

C. jordani Woolman "Charal"

C. labarcae (Meek)

C. lucius Boulenger "Pescado blanco"

C. ocotlanae Jordan y Snyder

C. promelas Jordan y Snyder "Pescado blanco"

C. sphyraena Boulenger "Pescado blanco"

ORDEN PERCIFORMES

Familia Centrarchidae

Micropterus salmoides (Lacépède) "Huro"; "Lobina negra"

ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN PESQUERA LOCAL. La situación de la producción pesquera de Chapala es como sigue: Hasta muy recientemente equivalía aproximadamente a la tercera parte del volumen total de pesca en aguas interiores de la República, y por su valor, correspondió al 50-60% de la producción dulceacuícola nacional (antes de que la presa Miguel Alemán iniciara la pesca en gran escala).

La producción pesquera del lago de Chapala se estima en casi 2 000 toneladas anuales de pescado fresco como promedio de años en que no hace crisis el problema del lirio. Estas cifras corresponden a una producción anual de 18 kg/ha. La tabla 1 indica la producción total del lago durante una década, así como la producción de las principales especies que son sólo cuatro, aunque es pertinente señalar que bajo el nombre de charal están representadas varias especies de *Chirostoma* incluyendo juveniles de pescado blanco.

Por lo que puede apreciarse de dicha tabla, la especie mas importante indudablemente es el charal, cuyo mayor consumo es como pescado seco. Por otra parte, se observa que la carpa también se explota intensamente y en ocasiones su producción suele superar a la del charal. Respecto a el pescado blanco, a pesar de su producción relativamente escasa, pues es ligeramente superior al 1% del total en peso, suele representar cerca del 10% del valor total de la pesca en esa localidad.

Finalmente, es pertinente señalar que los datos expuestos en la tabla 6 corresponden a pescado fresco exclusivamente, y que los datos de pescado seco fueron transformados a fin de darles una representación uniforme.

La pesca se realiza por medio de permisos a corta escala con embarcaciones que desplazan hasta tres toneladas, cuyo número, es variable año con año, y fluctúa entre 150 y 600. Toda la pesca es de tipo comercial, no existe pesca deportiva.

La población dedicada a la pesca en la laguna de Chapala varia entre 300 y 650 pescadores aproximadamente. La cantidad extraída de pesca total ha sido, en años en los que no se presenta el problema del lirio, del orden de las 1 400 a las 2 500 toneladas de pescado (tabla 6), cuyo valor comercial fluctúa alrededor de 5 millones de pesos anualmente.

Si se tiene en cuenta que los pescadores obtienen un equivalente a la tercera parte del valor de su pesca, aproximadamente, la remuneración anual por concepto de la misma, por pescador es de \$5 300 a \$12 000 anuales.

LA PESCA EN RELACIÓN CON EL LIRIO. Con el objeto de encontrar alguna relación entre la pesca y el lirio se examinaron las estadísticas de producción y se compararon con la abundancia de lirio. Las comparaciones reflejan objetivamente una relación inversa bastante notoria entre la abundancia de éste y las capturas pesqueras durante el período 1956-1965. Sobre tal comportamiento de la pesca seguramente influyen varios factores, provocados directa o indirectamente por la presencia del lirio en la proporción tan desusada.

Algunos de tales factores posibles son únicamente producto de deducciones lógicas que necesitan ser comprobadas experimentalmente, y otros son obvios a ojos vistas; entre los primeros está el desequilibrio ecológico que tiene lugar al reducir la superficie de insolación a causa del lirio, con esto disminuye la cantidad de energía solar que da lugar a la formación de materia orgánica por medio de la fotosíntesis del fitoplancton; esto trae como consecuencias secundarias, disminución de la cantidad de oxígeno formado con el proceso mencionado, lo que aunado al consumo que hacen del mismo las raíces del lirio, provoca una disminución de la cantidad que se encuentra disuelta en el agua originando problemas para la supervivencia de los peces y otros organismos.

Otro factor negativo para la pesca que provoca la presencia de la plaga también está relacionado con el fitoplancton, pues el área que ocupa *Eichhornia crassipes* es superficie que en otras circunstancias aprovecha la

microflora para su desarrollo, y por lo tanto representa materia orgánica aprovechable por otros niveles tróficos, en cuyo ápice dentro del ecosistema limnético de referencia está el pescado blanco como un depredador activo. Se podría pensar que el lirio también constituye una fuente alimenticia para los peces, pero debe tenerse en cuenta que aquel es una planta superior y consecuentemente deriva de un grupo vegetal que tuvo su origen en tierra firme; por lo tanto debe recordarse también que las fanerógamas tienen mayor cantidad de celulosa que las algas lo que las hace poco accesibles a todos aquellos animales como los peces, que no han evolucionado junto con ellas el tiempo suficiente como consumidores de las mismas tal y como ha sucedido con algunos mamíferos y reptiles herbívoros.

El factor principal que con certeza se sabe influyó en la disminución de la pesca, radica en la obstrucción provocada por las grandes mesas de lirio, que impedían efectuar los lances normalmente, con lo cual el rendimiento de las capturas pesqueras disminuyó notablemente, tanto en la cantidad obtenida por lance como en la frecuencia de los mismos.

El análisis de la tabla 1 de capturas pesqueras permite hacer una interpretación de la tendencia general de su producción y de la de cada una de las especies principales que se extraen de la laguna.

El tonelaje total registrado durante la década 1956-1965 muestra en general, una disminución a partir de 1958 en que empezó a desarrollarse la plaga, y un ascenso en 1963 cuando esta había sido erradicada; el aumento que se observa en 1959 se debió a que mientras la pesca de carpa fue incrementada, las otras especies disminuyeron notablemente.

Al observar la abundancia de cada especie, se nota una relación inversa entre la cantidad de carpa y las otras tres especies principales.

La disminución en las capturas de charal no es muy evidente, aunque se hace muy notorio el aumento que experimenta a partir de 1963.

La pesca de bagre disminuyó bastante, sobre todo a partir de 1960, hasta que en 1963 se empezó a notar un ligero aumento que se hizo aún más sensible en 1965.

En el caso del pescado blanco, especie que alcanza el valor comercial más alto que cualesquiera otra en la República Mexicana, la disminución de su pesca fue la más sensible durante la época de referencia y se manifestó desde 1959, reduciéndose al mínimo durante los dos años siguientes; en 1962 aumentó ligeramente, y lo hizo de un modo súbito a partir del año siguiente, cuando el lirio había sido prácticamente eliminado.

Considerando ahora el valor de la pesca durante los años en que se analizó su tonelaje, se nota una relación más objetiva aún que en el caso antes citado. Las cifras se indican en la tabla 2. Con el fin de conocer desde el punto de vista económico el momento de las pérdidas provocadas en la pesca a causa del lirio, se promediaron los valores de la producción correspondientes a los años 1956, 1957, 1963, 1964 y 1965, con los que se obtuvo uno de 5 085, y se dedujo la diferencia para los años de 1958 a 1962, cuando se registró una sensible baja en la pesca; se estima que el total de pérdidas es equivalente a \$8 728 000.00 durante ese lustro.

MEDIOS POSIBLES PARA INCREMENTAR LA PESCA

PESCA COMERCIAL. Con los conocimientos que en la actualidad se tienen sobre esa región, es difícil prever hasta qué punto será factible incrementar la pesquería, considerándose como un hecho la posibilidad de hacerlo, debido al bajo rendimiento que tiene la laguna en la actualidad, de 18 kilogramos anuales por hectárea, lo que vislumbra buenas perspectivas para poder incrementarla varias veces sin que ese aumento pudiera afectar las reservas.

Uno de los caminos para alcanzar el objetivo está, en principio de cuentas, en averiguar si las redes existentes están siendo utilizadas en forma adecuada para dar su rendimiento máximo, lo que es poco probable. Una pesca más eficiente se traducirá inmediatamente en un aumento en la producción.

Otros aspectos que deberán determinarse para tal objeto son:

- 1.—Conocer la participación relativa de cada una de las especies que forman parte de las capturas registradas

colectivamente como pescado blanco y charal.

2.—Conocer la velocidad de crecimiento de la o las especies que por su valor y abundancia ameriten un estudio concreto al respecto.

3.—Determinar la madurez sexual de la o las especies señaladas.

4.—Estimar la fecundidad y potencial biótico de las mismas.

5.—Evaluar el tamaño de las poblaciones de cada una de las principales especies.

6.—Determinar la captura máxima que podría ser ejercida sin menoscabo del recurso.

7.—Determinación de otros parámetros inherentes a la dinámica de las poblaciones de esas especies, tales como la mortalidad natural y por pesca que permitan introducir regulaciones como la cuota de captura, tamaño de la malla, etc., para lograr con ello un aprovechamiento máximo pero racional del recurso.

Uno de los medios para efectuar el estudio de la biología y dinámica de las poblaciones de peces en Chapala consistiría en la construcción de una estación piscícola en la que además se haría el cultivo de una o varias de las especies de importancia que con el tiempo podría producir en escala comercial.

Una solución más para el incremento de la pesca con fines comerciales, sería por medio del cultivo de una carpa africana (*Tilapia mossambica*), que ha dado muy buenos resultados en algunos países, asiáticos principalmente.

Para incrementar la pesca en esa localidad por medio del cultivo de la *Tilapia*, es recomendable tener en cuenta las principales ventajas que ofrece, así como algunos detalles de su cultivo, (según Ling, 1963):

“Se desarrolla muy rápidamente, pues en sólo cuatro meses las crías alcanzan un peso de 150 g cada una. En ese mismo lapso de tiempo alcanza su madurez sexual y se reproduce casi durante todo el año. Su potencial biótico es alto, pues una pareja puede producir hasta 10 000 ejemplares en condiciones óptimas, con lo cual es posible producir hasta 3 300 kg/ha. Es poco exigente respecto a su habitat, y los estanques rústicos en que se crían no necesitan mucho cuidado. Es de buena calidad con pocas espinas y carne firme. Ayuda a controlar los insectos y plantas acuáticas pequeñas.”

PESCA DEPORTIVA. La pesca deportiva no existe actualmente en Chapala; para desarrollarla sería necesario hacer una repoblación de alevinos de lobina negra, que en caso de llevarse a cabo iría aunada a una propaganda turística colateral para tal efecto. En 1956 aproximadamente, el Gobierno del Estado de Jalisco, a través de la Dirección General de Pesca introdujo 20 000 reproductores de la especie mencionada. Una evaluación preliminar de esta población permitiría estimar la conveniencia de hacer nuevas introducciones de esa especie en la localidad. En caso de existir suficientes reservas sólo sería necesario hacer la propaganda correspondiente.

Antes de terminar, es pertinente señalar que entre las especies indicadas para su cultivo además de la *Tilapia* están el pescado blanco y el charal, pues un aporte constante de juveniles aumentaría la reserva piscícola de la laguna y contribuiría a lograr un aumento en la producción pesquera local, lo que indudablemente redundaría en beneficios para la población ribereña elevaría su nivel de vida.

TABLA 1

Producción pesquera en el lago de Chapala, en toneladas, durante el período indicado. Datos basados en los registros de las oficinas de pesca de Chapala, Ocotlán y Guadalajara (los datos indican peso fresco, después de hacer las transformaciones correspondientes).

Año	Bagre	Carpa	Charal	Pescado blanco	Otras especies	Total
1956	48.5	844.2	737.0	20.1	15.8	1 665.6
1957	98.3	444.3	805.7	29.9	49.9	1 428.1
1958	175.2	249.9	570.7	26.1	60.9	1 082.8

1959	79.6	678.1	575.9	4.0	16.2	1 353.8
1960	35.8	340.6	335.4	3.3	19.8	734.9
1961	23.4	298.1	515.0	2.4	44.2	883.1
1962	25.0	262.0	996.0	9.0	5.5	1 297.5
1963	61.0	260.0	2 154.0	33.0	12.8	2 520.8
1964	51.0	126.0	2 065.0	36.0	9.9	2 287.9
1965	69.0	169.0	1 663.0	50.0	9.7	1 960.7
1966	88.6	96.8	405.9	22.7	40.4	654.4
1967	138.6	122.9	2 371.8	77.9	288.5	2 999.7
1968	98.6	117.5	2 904.4	53.4	47.5	3 221.4
1969	—	79.0	76.2	66.6	257.3	479.1
1970	127.4	86.0	1 395.8	36.0	162.1	1 807.3

TABLA 2

Valor comercial de la pesca extraída de Chapala, en miles de pesos durante el período indicado. También se presenta el monto de pérdidas calculadas, provocadas por la presencia del lirio acuático.

Año	Valor	Pérdidas
1956	4 874	
1957	5 020	
1958	4 021	1 064
1959	3 896	1 189
1960	2 893	2 192
1961	2 422	2 663
1962	3 465	1 620
1963	5 800	
1964	4 593	
1965	5 142	

RESUMEN

El lago de Chapala es el de mayores dimensiones en México y por ello ha sido hasta muy recientemente el principal productor pesquero lacustre del país. El presente trabajo pretende integrar los escasos datos que aporta la literatura con análisis de información adicional, principalmente del clima ambiental y acuático. Los datos biológicos que sirven de complemento se refieren concretamente a dos aspectos; uno, al lirio acuático que en repetidas ocasiones ha provocado grandes problemas a la navegación, pesca y turismo; otro, al estado actual de las pesquerías del lago. Se hace un análisis del problema del lirio; se dan datos de la cantidad de agua transpirada por esa planta y datos comparativos entre el aumento del área ocupada por ella y la disminución de las capturas pesqueras durante el período de 1959 a 1962. Finalmente, se presenta una lista ictiofaunística del lago.

SUMMARY

Chapala lake is the largest in Mexico and by that reason its fish production was the highest of Mexican fresh waters until a few years ago.

The present paper includes data taken from the scarce bibliography available, with analysis of additional information, mainly of environment and hydroclimate. The biological data complementary are specifically referred to the water hyacinth problem (*Eichhornia crassipes*) which several times has provoked problems to fishing, sailing and tourism. The other aspect discussed refers to local fisheries. About the water hyacinth problem, data on transpiration and economical implications of increased area occupied by the weed and the diminished fish catches occurred during the period between 1959 and 1962 are given. Finally, a list of fishes known from the lake is presented.

BIBLIOGRAFÍA

- ALVAREZ, J y M. T. CORTÉS. 1962. Ictiología Michoacana. Claves y Catálogo de las especies conocidas. *An. Esc. Nac. Cienc. Biol. Méx.*, 11 (1-4): 85-142.
- BUSTAMANTE, R. y A. SÁNCHEZ. 1971. Levantamiento fotogramétrico y batimétrico del lago de Chapala. Trabajo presentado en la convención de la American Society of Photogrammetry (ASP) y la Am. Congr. of Surveying and Mapping (ACSM) Washington, D. C.
- COLE, G. A. 1963. The American southwest and middle America. In: *Limnology in North America* (D. G. Frey, Editor). The University of Wisconsin Press; 734 pp.
- COMISIÓN LERMA-CHAPALA-SANTIAGO. 1962. El Lirio en el lago de Chapala. Ingeniería Hidráulica en México, 16 pp.
- CUESTA TERRÓN, C. 1925. La fauna ictiológica y malacológica y comestible del lago de Chapala, Jal. y su pesca. *Mem. Rev. Soc. Cient.* Antonio Alzate, 44 (1-2): 39-67.
- DE BUEN, F. 1942. Notas sobre ictiología de aguas dulces de México IV. Los peces del lago de Chapala en una nota del Profr. Carlos Cuesta Terrón, 1925. *Invest. Est. Lim. Pátzcuaro*, II (2): 18-23.
- . 1945. Resultados de una campaña limnológica en Chapala, y observaciones sobre otras aguas exploradas. *Rev. Soc. Mex. Hist. Nat.* 6 (3-4): 129-144.
- . 1946. Investigación sobre ictiología mexicana. III. La ictiofauna del lago de Chapala, con la descripción de una nueva especie (*Haustor ochoterenai*). *An. Inst. Biol. Univ. Mex.*, 17 (1-2): 261-281.
- DEEVEY JR., E. S. 1957. Limnological studies in Middle America with a chapter on aztec Limnology. *Trans. Connecticut Acad. Arts. Sci.* 39: 213-328.
- LING, S. W. 1963. Cultivo de la *Tilapia* para alimentación y negocio. Boletín de Piscicultura Rural. (Dir. Gral. de Pesca. S.I.C.) 13: 69-78.
- PLAN LERMA ASISTENCIA TÉCNICA. 1966. Meteorología. Boletín N° 1 414 pp.
- SECRETARÍA DE RECURSOS HIDRÁULICOS. 1964. Boletín Hidrológico, N° 24 (Cuenca del río Lerma). 561 pp.
- TAMAYO, J. 1962. Geografía general de México. 2ª. Edición: Tomo II, Geografía Física. Instituto Mexicano de Investigaciones Económicas. 648 pp.
- TREVIÑO, C. A. 1965. La plaga verde que merma uno de nuestros recursos naturales más valiosos; el agua. *Revista Mexicana de Electricidad*, (25) 293: 193-195.