

# Estimación del tamaño poblacional y el coeficiente de capturabilidad de la tilapia (*Oreochromis aureus*) por varios métodos de extracción sucesiva

Enrique Morales-Bojórquez\*

CICIMAR-IPN Playa El Conchalito s/n Apdo. Postal #592, La Paz, B.C.S. México C.P. 23000

MORALES-BOJÓRQUEZ, E. 1995. Estimación del tamaño poblacional y el coeficiente de capturabilidad de la tilapia (*Oreochromis aureus*) por varios métodos de extracción sucesiva. *INP-SEMARNAP. Ciencia Pesquera No. 11 (Nueva Época)*.

La pesquería de la tilapia *Oreochromis aureus* es la principal de la presa Vicente Guerrero, Tamps. y conocer el tamaño de su población y el coeficiente de capturabilidad es fundamental para su adecuada administración. El estudio, que ha sido el primero en estimar el tamaño de la población en la presa, comprendió de enero a septiembre de 1990, con análisis de capturas y esfuerzos mensuales mediante la aplicación de los modelos de extracción sucesiva propuestos por Leslie y Davis, De Lury y las modificaciones propuestas por Ricker. El tamaño poblacional varió poco, entre las 338.8 y 366.3 t, y el coeficiente de capturabilidad entre 0.0044 y 0.0038. Ahora, considerando que la captura por unidad de esfuerzo es proporcional al tamaño de la población, se recomienda que la captura de esta especie no exceda las 366.33 t al año; a reserva de ampliar el estudio durante un ciclo anual. Palabras clave: Tilapia, tamaño poblacional, capturabilidad, captura por unidad de esfuerzo.

The cichlid *Oreochromis aureus* constitutes the main fishery of the Vicente Guerrero dam, Tamps. Therefore, estimating its population size and catchability coefficient would provide valuable information for its suitable management. This study, which is the first one dealt to know the population size in the dam, was developed from January to September 1990, when monthly catches and efforts records were made, using the successive extraction models proposed by Leslie and Davis, as well as the De Lury and the modifications proposed by Ricker. The population size varied only from 338.76 to 366.33 t within the study period; and the catchability coefficient were between 0.0044 and 0.0038. Considering catch per unit effort as proportional to the population size, it's recommended to maintain the catch below of 366.33 t/year; unless the study covers a complete annual cycle.

Key words: Population size, catchability, catch per unit effort.

## Introducción

En México se dispone de 1.4 millones de hectáreas de cuerpos de agua dulce que se utilizan con fines agrícolas, producción de energía eléctrica, abastecimiento de agua a zonas urbanas, recreación y, más recientemente, en la producción acuícola de especies endémicas o introducidas (Elizondo, 1988). De estas últimas la tilapia ocupa el primer lugar en las pesquerías de aguas continentales nacionales, con una producción que ha rebasado las 74 000 t (SEPESCA, 1988). Su alta resistencia y gran adaptabilidad ha facilitado la repoblación artificial de esta especie para promover un desarrollo pesquero importante y benéfico para las diferentes regiones del país (Tejeda, 1987). Entre los pocos estudios sobre aspectos biológico-pesqueros de esta especie se encuentran los de Rodríguez (1989), Blanco (1990), García *et al.* (1989) y Elizondo *et al.* (1991); los cuales abarcan solamente tópicos como edad, crecimiento, factor de condición y talla de

primera madurez. Por esa razón, el conocimiento del tamaño poblacional y del coeficiente de capturabilidad de la tilapia *Oreochromis aureus* es fundamental para la adecuada administración de su pesquería.

## Área de estudio

La presa Vicente Guerrero se localiza entre los 23°45' y 24°05' Norte y los 98°40' y 98°57' Oeste (Fig. 1) a una altitud de 131 msnm, y la cortina tiene una longitud de 423 m y una altura de 48 m. El embalse tiene un área de 5,283 millones de metros cúbicos, con profundidades hasta de 44 m. Sus principales afluentes son los ríos Purificación, Pílon, Corona, Grande y Moro, que después de la cortina reciben el nombre de Soto la Marina (Elizondo, 1976).

La cuenca pertenece a la región geomorfológica de la planicie costera nororiental, la cual se originó por levantamientos tectónicos del cenozoico, caracterizados por domos de planicie costera. El cierre de la cortina se hizo aprovechando parte de las condiciones naturales de la

\* Becario PIFI y del Padrón de Excelencia Académica del CONACyT

boquilla denominada Las Adjuntas, de donde recibe su nombre regional, y está cimentada sobre calizas estratificadas de las formaciones de Agua Nevada y San Felipe (Elizondo, *op cit*).

Los suelos de la gran mayoría del área son del tipo vertisol pélico, muy arcillosos y frecuentemente de color café rojizo en el norte. Son pegajosos cuando están húmedos y muy duros cuando están secos. Por lo regular son salinos (SPP, 1982).

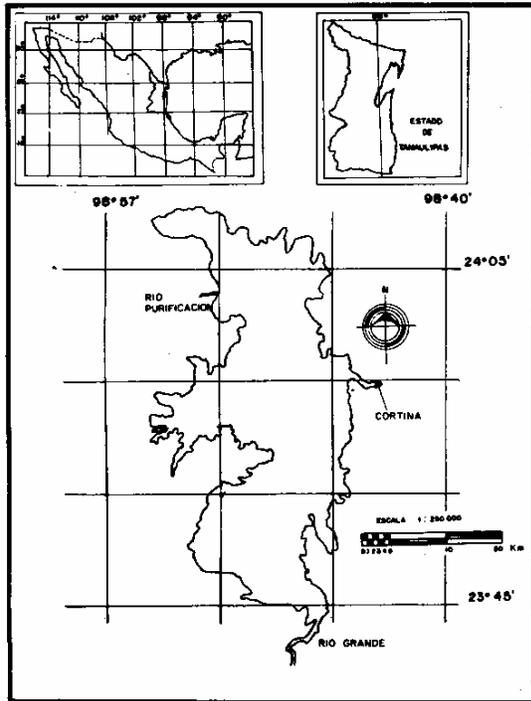


Fig. 1. Ubicación de la presa Vicente Guerrero, Tamps.

### Material y métodos

El período de estudio comprendió de enero a septiembre de 1990, considerando como unidad de esfuerzo una embarcación con motor fuera de borda de 40 HP y las capturas expresadas en toneladas; ambas de manera mensual.

El tamaño poblacional y el coeficiente de capturabilidad se calcularon con base en los métodos de Leslie y Davis (1939); De Lury (1947) y las modificaciones a ambos propuestas por Ricker (1975). Leslie y Davis basaron su método en el empleo de los decrementos en la captura por unidad de esfuerzo (CPUE) y la captura acumulada, para estimar el tamaño de la población inicial ( $N_0$ ) y el coeficiente de capturabilidad, de acuerdo con la siguiente expresión:

$$C_t/F_t = qN_0 - qK$$

Donde:  $C_t$  = Captura total  
 $F_t$  = Esfuerzo total  
 $K_t$  = Captura acumulada  
 $q$  = Coeficiente de capturabilidad

De Lury, con el mismo criterio pero empleando el esfuerzo acumulado, propuso la estimación del tamaño de la población inicial, así como el coeficiente de capturabilidad de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$C_t/F_t = qN_0 e^{-qE}$$

Donde:  $E$  = Esfuerzo acumulado

Ricker modificó los métodos de De Lury y Leslie, y Davis, incorporando a las ecuaciones la captura promedio acumulada y el esfuerzo promedio acumulado, respectivamente, como sigue:

Modificación a la ecuación de Leslie y Davis:

$$C_t/F_t = qN_0 - qK_{tm}$$

Modificación a la ecuación de De Lury:

$$C_t/F_t = qN_0 e^{-qE_m}$$

Donde:  $K_{tm}$  = Captura media acumulada

$E_m$  = Esfuerzo medio acumulado

Con cada uno de estos métodos  $N_0$  fue estimada como:  $N_0 = a/b$ , correspondiendo el valor de  $q$  a la pendiente de cada una de las regresiones lineales y exponenciales propuestas.

### Resultados

De enero a septiembre de 1990 el tonelaje mensual obtenido disminuyó de 48.32 t a 23.79 t, lo cual provocó un decremento de la captura por unidad de esfuerzo en el mismo período. Los datos de esfuerzo acumulado ( $E$ ), captura acumulada ( $K_t$ ), esfuerzo medio acumulado ( $E_m$ ) y captura media acumulada ( $K_{tm}$ ) se muestran en la *Tabla 1*.

Tabla 1. Valores obtenidos del esfuerzo acumulado ( $E$ ), captura acumulada ( $K_t$ ), esfuerzo medio acumulado ( $E_m$ ) y captura media.

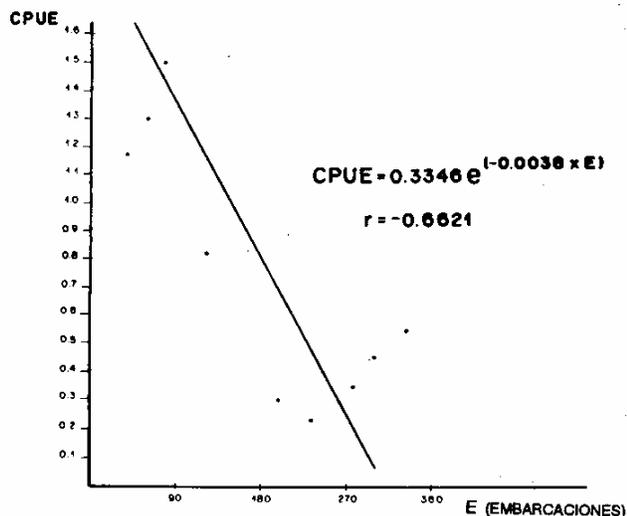
MES	$C_t$	CPUE	$E$	$K_t$	$E_m$	$K_{tm}$
ENE	48.325	1.1786	41	48.325	20.5	24.162
FEB	53.283	1.2995	82	101.608	61.5	74.965
MAR	60.867	1.4845	123	162.475	102.5	132.039
ABR	35.033	0.8544	164	197.508	143.5	179.988
MAY	12.030	0.2934	205	209.538	184.5	203.519
JUN	10.962	0.2673	246	220.500	225.5	215.015
JUL	15.576	0.3799	287	236.076	266.5	228.384
AGO	21.850	0.5329	328	257.926	307.5	246.997
SEP	23.792	0.5802	369	281.718	348.5	269.818

Con estos datos se calculó el coeficiente de capturabilidad ( $q$ ) que varió de 0.0044 a 0.0038 y un tamaño poblacional ( $N_0$ ) de 338.76 a 366.33 t según los diferentes métodos empleados, como se observa en la *Tabla 2*.

**Tabla 2.** Coeficiente de capturabilidad ( $q$ ) y tamaño poblacional ( $N_0$ ) de tilapia (*O. aureus*) obtenidos por diversos métodos.

Modelo	Ordenada al origen (A)	Capturabilidad $q$	Tamaño poblacional $N_0$
Leslie-Davis	1,6069	-0.0044	363.151
De Lury	0.3346	-0.0038	366.327
Leslie-Davis, modificado	1,5222	-0.0042	351.00
De Lury, modificado	0.2577	-0.0038	338.755

Los resultados obtenidos por la ecuación de De Lury se muestran gráficamente en la *Figura 2*; la curva calculada por el método de Leslie y Davis en la *Figura 3*; y las modificaciones según Ricker en las *Figuras 4* y *5*. Considerando que la CPUE es un índice de abundancia del recurso, Ricker (1975, *op. cit.*) menciona que los modelos son válidos siempre y cuando el número de unidades de esfuerzo permanezca constante a través del tiempo, de forma tal que el tamaño de la población pueda disminuir significativamente. A este respecto, Doi (1975) opina que los métodos son aplicables a sistemas cerrados, si se toma en cuenta que la captura total es casi igual al tamaño de la población y no se toma en consideración el reclutamiento y la migración como en las



**Fig. 2.** Relación de CPUE vs esfuerzo acumulado de acuerdo al modelo de De Lury (1947).

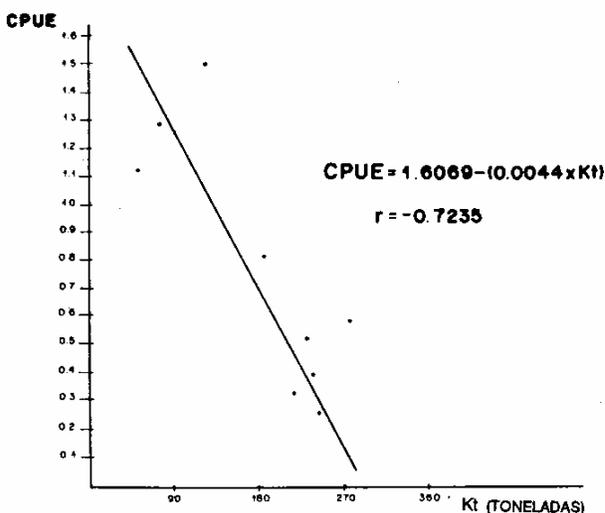
pesquerías marinas. Sobre este mismo aspecto, Santarelli (1988) propone que se diseñen modelos de extracción sucesiva que consideren situaciones de capturabilidad y esfuerzos variables para adaptarlos a este tipo de condiciones.

Ahora, considerando que en el embalse en cuestión el número unidades de esfuerzo fue constante durante el período de estudio, y que se trata de un sistema cerrado, los cálculos del coeficiente de capturabilidad y del tamaño poblacional son fundamentales para conocer la biomasa del recurso dentro del embalse, ya que, de acuerdo con Gulland (1971), la capturabilidad es equivalente a la biomasa que queda retenida por CPUE, mientras que esta última es proporcional al tamaño poblacional de un determinado recurso. En este sentido, se observó que el coeficiente  $q$  calculado varía dentro de un intervalo muy estrecho, mientras que la biomasa presentó una variación de 27.57 t de acuerdo con el máximo y mínimo calculados a través de los diferentes métodos.

Este trabajo es el primero en calcular la biomasa de *O. aureus* presente en este sistema y, con base en sus resultados, convendría limitar su captura a un máximo de 366.3 t, tomando en cuenta los datos de captura de los últimos seis años que se muestran a continuación, según los cuales en 1988 y 1990 se rebasa la captura máxima propuesta.

Año	1985	1986	1987	1988	1989	1990
Cap. (t)	14.3	247.2	250.9	368.1	283.1	440.9

De igual forma, sería conveniente continuar con esta línea de investigación abarcando ciclos anuales para lograr una estimación más precisa de la biomasa que se encuentra en el embalse. Morales-Bojórquez y Zavala-Hernández (1992) evaluaron la pesquería de tilapia en la presa Vicente Guerrero y encontraron un rendimiento anual de 345.3 t, una CPUE



**Fig. 3.** Relación de CPUE vs. captura acumulada según el modelo de Leslie y Davis (1939).

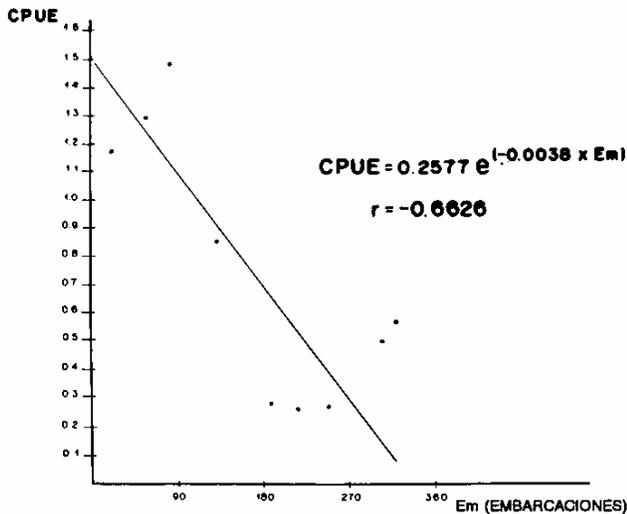


Fig. 4. Relación de CPUE vs el esfuerzo medio acumulado de acuerdo con el modelo de De Lury (1947), modificado por Ricker (1975)

de 9.28 t por embarcación al año, y estimaron la tasa de crecimiento poblacional como  $r = 1.93$ , lo que abre la posibilidad de que en el período de estudio la captura sea mayor que la biomasa generada por la tasa de incremento, y en tal circunstancia la biomasa total de la población disminuye a un aparente nivel de equilibrio inferior. Si, por el contrario, la captura fuese menor que la biomasa generada, entonces ésta aumentaría, pero en cantidad inferior al aumento natural. Esta situación se pudo observar al analizar el modelo de rendimiento con la información disponible del período de 1985 a 1991, en el cual Morales-Bojórquez *et al.* (1993) obtuvieron un rendimiento anual de 326.54 t que, comparado con las 338.76 t estimadas en el presente estudio, resulta que de 1990 a 1991 la biomasa disminuyó en 12.22 t, lo que corresponde a una disminución en el rendimiento de la especie.

Con respecto al Lago de Chapala, Elizondo y Rodríguez (1993) informan de promedios de captura mensual de *O. aureus* de 14 t, mientras que la CPUE es de 0.023 t por pescador al mes. Esta evaluación, aunque precisa, tiene problemas en el sentido de que existen varios tipos de artes de pesca (red agallera, red mangueadora y atarrayas) y distintos tipos de embarcación (de madera con remos, de fibra de vidrio con motor fuera de borda y otras no especificadas). Por tal razón, esta información no permite comparar resultados en términos de biomasa, ya que no se ajustan a ningún modelo de depleción, agregando a esto que la mortalidad por pesca ( $F$ ) varía de acuerdo con el arte de pesca empleado, lo cual dificulta los ajustes para estimar el tamaño poblacional ( $N_0$ ) y el coeficiente de capturabilidad ( $q$ ), ya que  $F = qf$ , en donde queda implícito el problema de la variabilidad de  $F$  y del esfuerzo pesquero ( $f$ ). Idéntica situación se presentó para la presa El Infiernillo, en la cual, de acuerdo con la Delegación Federal de Pesca de

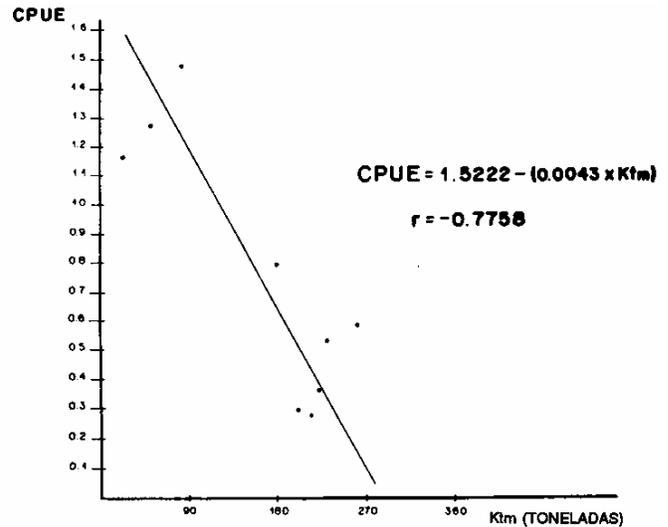


Fig. 5. Relación de CPUE vs captura media acumulada de acuerdo con el modelo de Leslie y Davis (1939), modificado por Ricker (1975).

Michoacán, la captura de tilapia disminuyó de 16,830 t en 1989 a 12,783 t en 1992; sin embargo, no se cuenta con estimaciones precisas en cuanto al tamaño poblacional de *O. aureus* en dicho embalse.

En relación con la presa Vicente Guerrero hay que considerar que las capturas, según los registros anuales, provienen únicamente de las capturas comerciales que se realizan en la presa; es decir, que corresponden a peces capturados con redes cuya malla es de 12.5 cm (5 pulgadas), que atrapan individuos por encima de los 26 cm de longitud total, que incluso llegan cerca de los 40 cm (García *et al.*, 1990). Esto deja claro que la biomasa estimada corresponde solamente a organismos provenientes de la captura comercial sobre la cual influye directamente la presión de pesca. A este respecto, Santarelli (1988) plantea que la selectividad del arte de pesca podría estudiarse por medio de un método de extracción sucesiva si la CPUE se obtuviera como número de individuos por clase de tamaño o edad. Además, los cálculos de biomasa y capturabilidad de cada clase se obtendrían independientemente y, aunque el presente estudio no abarca al total de la población, esto resulta válido para la fracción de la población sometida a mortalidad por pesca y sobre la cual la capturabilidad y la CPUE actúan de forma directa y determinante.

## Conclusiones

- 1.- El coeficiente de capturabilidad ( $q$ ) de *Oreochromis aureus* varía de 0.0044 a 0.0038.
- 2.- El tamaño poblacional ( $N_0$ ), expresado en términos de biomasa, presenta un intervalo de 338.8 a 366.3 t dentro del embalse.

## Recomendación

A reserva de completar un ciclo anual de datos mensuales de captura y esfuerzo, es recomendable limitar la captura de esta especie a un máximo de 366 toneladas anuales.

## Agradecimientos

Al Instituto Nacional de la Pesca y al Biól. René Elizondo G., Jefe del Departamento de Aguas Continentales del mismo, por la información facilitada, así como al Programa Institucional de Formación de Investigadores del Instituto Politécnico Nacional y al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por el apoyo económico proporcionado para la elaboración del presente estudio.

## Referencias bibliográficas

- BLANCO, U.H. 1990. Algunos parámetros biológicos y pesqueros de la tilapia *Oreochromis aureus* Steindachner, 1864 en la presa Vicente Guerrero, Tamaulipas, México. *Tesis prof. Esc. Cienc. Biol. Univ. del Noroeste*. México. 54 p.
- De LURY, D.B. 1947. On the estimation of biological populations. *Biometrics*. 3:145-167.
- DOI, T. 1975. Análisis matemático de las poblaciones pesqueras. Compendio de uso práctico. *Inst. Nal. de 'a Pesca. se . Inf.* 12. México.
- ELIZONDO, G.R. 1976. Contribución al conocimiento biológico y pesquero de la presa Vicente Guerrero (Las Adjuntas), Tamps. *Mem. del Simp. sobre Pesquerías en Aguas Continentales*. Tuxtla Gtz. Chis. Nov. 3-5. 2:171-205.
- \_\_\_\_\_. 1988. Recursos bióticos en aguas continentales. Los recursos pesqueros del país. *SEPESCA. INP. México*. pp 521-552.
- ELIZONDO, G.R. y A.E. Rodríguez. 1993. Análisis sobre las capturas comerciales y su relación con las artes de pesca en el lago de Chapala (Jalisco-Michoacán). *Ciencia Pesquera. Inst. Nal. Pesca. México*. (9):33-48.
- GARCÍA, E. 1973. Modificaciones al sistema climático de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). *UNAM. México*.
- GARCÍA, S.S., V.A. Blanco, U.H. Blanco, C.J. Mendoza, G.M. Cervantes, O.F. Robles y C.C. Cortez. 1989. Aportación al estudio de las pesquerías ribereñas continentales en Tamaulipas (lobina, tilapia, carpa y bagre). *Dir. Gral. Pesca Estatal, Tampico. SEPESCA, México*. 130 p.
- GULLAND, A.J. 1971. Manual de métodos para la evaluación de poblaciones de peces. *Acribia. España*. 164 p.
- LESLIE, P.H. y D.H. Davis. 1939. An attempt to determine the number of rats in a given area. *J. Animal Ecol.* 8:94-113.
- MORALES-BOJÓRQUEZ, E. y V.I. Zavala-Hernández. 1992. Evaluación del rendimiento pesquero de la tilapia *Oreochromis aureus* Steindachner, 1864 en la presa Vicente Guerrero, Tamps. *Mem. XII Coloquio de Investigación. Esc. Nal. de Estudios Prof. Iztacala. UNAM*. p 41.
- MORALES-BOJÓRQUEZ, E., V.I. Zavala-Hernandez y G. Jiménez-Bastida, 1993. Análisis del rendimiento pesquero de *Oreochromis aureus* Steindachner, 1864 mediante distintos métodos de producción global (PISCES:CICHLIDAE). *Mem. V Congr. Latinoamericano de Ciencias del Mar. Univ. Autón. Baja Calif. Sur. La Paz, B.C. Sur, México*. p 62.
- RICKER, E.W. 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. *Bull. Fish. Res. BD. Canada*. (191):382.
- RODRÍGUEZ, P.A. 1989. Evaluación de las pesquerías de tilapia, carpa, bagre y charal en el lago de Chapala, Jalisco-Michoacán, en el período de julio de 1987 a julio de 1988. *Tesis prof. Fac. Cienc. UNAM. México*. 130 p.
- SANTARELLI, C.L. 1988. Estimación de la densidad poblacional de *Buccinum undatum* L. (GASTEROPODA:PROSOBRANCHIA) por medio del método de extracción sucesiva de De Lury. *An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. de México*. 15(1):65-72.
- SECRETARÍA DE PESCA. 1988. Anuario estadístico de pesca. *Dirección General de Informática y Registros Pesqueros. México*. 350 p.
- SPP. 1982. Carta edafológica: "Cd. Victoria". F14-2. Escala 1:250,000. *Secretaría de Programación y Presupuesto. México*.
- TEJEDA, S.M. 1987. Contribución al conocimiento de la sistemática de las especies de la tribu tilapiini (Pisces: Cichlidae), presentes en México. *Tesis prof. Esc. Nal. de Estudios Prof. Iztacala. UNAM. México*. 80 p.