

03067
2 ej' 10

ESTUDIO DE LA EDAD Y CRECIMIENTO DEL LANGOSTINO

Macrobrachium tenellum (Smith, 1871)

EN LA LAGUNA DE
TRES PALOS, GRO.

Ing. Pesq. HENRY RUIZ SANTOS

T E S I S

Para optar el Grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS DEL MAR

Especialidad en Oconograffa Biológica y Pesquera



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES
UNIDAD ACADEMICA DE LOS CICLOS
PROFESIONAL Y POSGRADO

INSTITUTO DE CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGIA
ESPECIALIZACION, MAESTRIA Y DOCTORADO
EN CIENCIAS DEL MAR

MEXICO - 1988

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



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 está 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.

INDICE

AGRADECIMIENTOS

RESUMEN

I	INTRODUCCION	1
II	OBJETIVOS	3
III	ANTECEDENTES	4
IV	AREA DE ESTUDIO	6
V	MATERIAL Y METODO	9
	V.1 TRABAJO DE CAMPO	9
	V.2 TRABAJO DE GABINETE	11
	V.2.1 SEPARACION DE COHORTES	11
	V.2.2 ANALISIS DE LA CURVA DE CRECIMIENTO	13
	Modelo de crecimiento	13
	Ajuste del modelo de crecimiento	15
	V.2.3 ANALISIS ESTADISTICO	17
	Análisis de covarianza	17
	Análisis de varianza	22
	Análisis de cúmulos (clusters)	26
	Análisis de componentes principales	27
	Modelo de regresión múltiple	28
VI	RESULTADOS	32
	VI.1 GENERALIDADES DE LA ESPECIE	32
	VI.2 CURVAS DE CRECIMIENTO	35
	VI.3 SIGNIFICANCIA ESTADISTICA DE LAS CURVAS DE CRECIMIENTO	38
	VI.4 EL CRECIMIENTO Y SU RELACION CON LOS PARAMETROS BIOLÓGICOS Y MEDIO AMBIENTALES	49
VII	DISCUSION	64
VIII	CONCLUSIONES	71
IX	LITERATURA CITADA	74

RESUMEN

Se aborda el estudio de la edad y crecimiento del langostino *Macrobrachium tenellum* (Smith, 1871) en la laguna de Tres Pinos, Gro. mediante muestras de composición de tallas, colectadas durante los meses de enero a noviembre de 1981. Se establecieron 16 estaciones de muestreo en la laguna, capturándose los organismos con una red de arrastre camaronera de prueba (chango) que cubrió un área de barrido de aproximadamente 509.3 m². Se consideraron los siguientes parámetros medio-ambientales: temperatura ambiente, temperatura del agua, oxígeno, salinidad, pH, todos ellos del fondo, además de la precipitación, profundidad y el nivel medio de la laguna.

El crecimiento fue estimado del seguimiento de la progresión modal de las cohortes presentes en la población, las mismas que fueron separadas mediante el método de Bhattacharya (1967). Se definen tres cohortes para las hembras y cinco para los machos de las cuales cuatro cohortes fueron escogidas para hallar los parámetros de crecimiento de la población.

Mediante el método de Comparación Múltiple para k líneas de regresión lineal (Zar, 1974) se pudo determinar diferencias significativas en el crecimiento entre las cohortes C1 y C2 de las hembras y la C3 y C4 de los machos, por lo tanto las ecuaciones para las dos cohortes más representativas del langostino *M. tenellum* son:

$$\text{Hembras C1: } L_{\infty} = 115.07 (1 - \exp(-0.2273(t - 0.0154)))$$

$$\text{Machos C3: } L_{\infty} = 142.14 (1 - \exp(-0.3035(t - 0.4183)))$$

Se determina para cada ecuación de crecimiento un intervalo de confianza que incluye el 95% de las tallas que presenta el langostino a sus diferentes edades:

$$\text{Hembras C1: } L_{\infty} = 117.84 (1 - \exp(-0.2296(t - 0.0154)))$$

$$L_{\infty} = 110.11 (1 - \exp(-0.2300(t - 0.0154)))$$

$$\text{Machos C3: } L_{\infty} = 149.28 (1 - \exp(-0.2936(t - 0.4183)))$$

$$L_{\infty} = 135.35 (1 - \exp(-0.3136(t - 0.4183)))$$

El efecto de los parámetros biológicos (biomasa y densidad) y medio ambientales sobre la tasa de crecimiento del *M. tenellum* se realizó mediante un análisis de cúmulos, lográndose determinar las asociaciones existentes entre ellos. Con el análisis de componentes principales se determinó las relaciones y ubicación en el espacio multifactorial de los parámetros considerados, y con el modelo de regresión múltiple (stepwise) se definió el parámetro que más influencia tuvo sobre la tasa de crecimiento.

Se concluye que existen diferencias entre los organismos hembras y los machos, siendo éstos siempre de mayor tamaño. Las longitudes asintóticas calculadas fueron de 117.84 mm

para las hembras y de 149.28 mm para los machos. El oxígeno disuelto fue el parámetro más importante sobre la variación de la tasa de crecimiento y el menos representativo la densidad, cuando es considerado con un efecto combinado con otro parámetro (interacción).

I INTRODUCCION

Las lagunas costeras representan a lo largo del litoral mexicano importantes Areas de producción pesquera, por lo que son muchas las personas que se dedican a la explotación de las diferentes especies que en ellas se establecen, de ahí la importancia de realizar estudios que nos permitan primero conocer y después orientar las pequeñas pesquerías que en dichas lagunas se realizan.

El estado de Guerrero cuenta con 10 lagunas costeras (Mañón, 1985), de las cuales Tres Palos es una en la que más actividad pesquera se realiza; es por eso que se emprende el presente trabajo para dar a conocer algunas características poblacionales del langostino, conocido como "chacal" (*Macrobrachium tenellum*), el cual es ampliamente explotado en dicha laguna (Guzmán, 1987), aparte de presentarse en poblaciones muy superiores numéricamente a otras especies comerciales y además que por su preferencia a las aguas lenticas su captura es relativamente fácil (Villalobos et al., 1982).

Ahora bien, el modo de explotación de un recurso pesquero depende principalmente de una serie de factores, entre los cuales se encuentra el conocimiento mismo de la especie en cuanto a su biología; y dentro de ésta, el de una serie de aspectos que completan el marco biológico-pesquero de la misma. El crecimiento es uno de esos aspectos, además de ser una de las características más importante en el

estudio de una población sometida a explotación o con posibilidad de serlo. Por ello, es conveniente expresar mediante un modelo matemático, lo que se considera el crecimiento típico o promedio de dicha población.

Por lo tanto, se emprende el estudio de los parámetros poblacionales que se consideran básicos para el conocimiento de las pesquerías, entre los cuales la tasa de crecimiento ocupa un lugar muy importante, puesto que permite conocer la ganancia en longitud y peso promedio de la población en un tiempo dado.

Por otro lado tal crecimiento puede verse influenciado por el sexo, época del año, temporada de reproducción, etc, lo cual puede hacer que se presente un crecimiento diferencial en la misma especie. Por lo tanto se puede determinar tal diferencia mediante la aplicación de un análisis estadístico, tal como lo hace Piamsak y Somkiat (1982) por ejemplo, y no en la forma en que lo propone Oliver y Capitoli (1980) los cuales simplemente calculan la media aritmética entre 2 valores de longitudes asintóticas, obtenidas para temporadas diferentes.

Debido a que *M. tengillum* es una especie de vida corta, su estudio se realizó mediante muestreos sistemáticos a través de un ciclo anual, con la premisa de que el langostino presenta diferencias en cuanto a composición de tallas, que se manifiesta en la presencia de diferentes cohortes en los muestreos realizados, las cuales convenientemente separadas muestran el crecimiento promedio de la población.

II OBJETIVOS

Como objetivo general se pretende determinar la edad y crecimiento del langostino *Macrobrachium tenellum* de la Laguna de Tres Palos, Gro.

Objetivos Particulares

1. Calcular los parámetros poblacionales de la curva de crecimiento para *M. tenellum*; es decir, la Longitud asintótica (L_{∞}), la constante de crecimiento (K) y t cero (t_0).
2. Determinar en la curva de crecimiento un intervalo de confianza estadístico.
3. Establecer qué variables biológicas y/o medioambientales son las que más influyen en el crecimiento de la especie.

III ANTECEDENTES

La revisión de la familia Palaemonidae de América, es llevada a cabo por Holthuis (1952), que registra para México siete especies del género *Macrobrachium*. Mercado (1959) presenta el diseño de una granja de cultivo de langostinos y Rodríguez de la Cruz (1965 y 1968) aporta al conocimiento de los palaemónidos a través de tres trabajos sobre la importancia económica (de la familia) para México (I), sobre los langostinos del Atlántico y Vertiente Oriental (II) y los del Golfo de California (III).

M. acanthochirus del suroeste de México es descrito por Villalobos *et al.* (1966), así como Carrillo (1968) describe a *M. acanthurus* del estado de Veracruz. Arana (1974) refiere sus resultados sobre el *M. americanum* del noroeste de México y Kensler *et al.* (1974) presenta su informe sobre el langostino de río en Michoacán y Guerrero y Cabrera *et al.* (1977) contribuyen al conocimiento de las especies del género *Macrobrachium* así discuten sobre su importancia económica. Guzmán y Kensler (1977) elaboran un informe sobre las posibilidades de cultivo para especies de la cuenca baja del río Balsas. Finalmente y con respecto al género *Macrobrachium*, Tomé (1988) realiza una amplia descripción de todas las especies presentes en México, abordando principalmente los aspectos de identificación, diagnóstico,

distribución, ciclo de vida y ecología de cada una de las especies reportadas.

Trabajos sobre la especie, motivo de la presente tesis podemos mencionar a Román (1976) quien desarrolla su tesis profesional sobre *M. tenellum* de la laguna de Tres Palos, Gro., publicándola en 1979 en la cual hace mención sobre la biología y características poblacionales de la especie. Guzmán en los años de 1975, 1976 y 1977 estudia la biología del *M. tenellum*, así como su ecología y régimen de pesca y Negrete (1977) habla sobre la fecundidad de la especie en su tesis profesional, así como en un trabajo igual González (1979) estudia el ciclo reproductor del *M. tenellum* en algunas lagunas costeras de Guerrero, mientras que Villalobos et al. (1982) estudia la disponibilidad de postlarvas y de sus posibilidades de cultivo. Guzmán et al. (1982) publica un trabajo donde se estudia el ciclo reproductor de la especie y su relación con los factores medioambientales. Guzmán (1987) realiza un estudio amplio de la especie en su tesis doctoral en la que abarca aspectos ecológicos, poblacionales y pesqueros.

IV AREA DE ESTUDIO

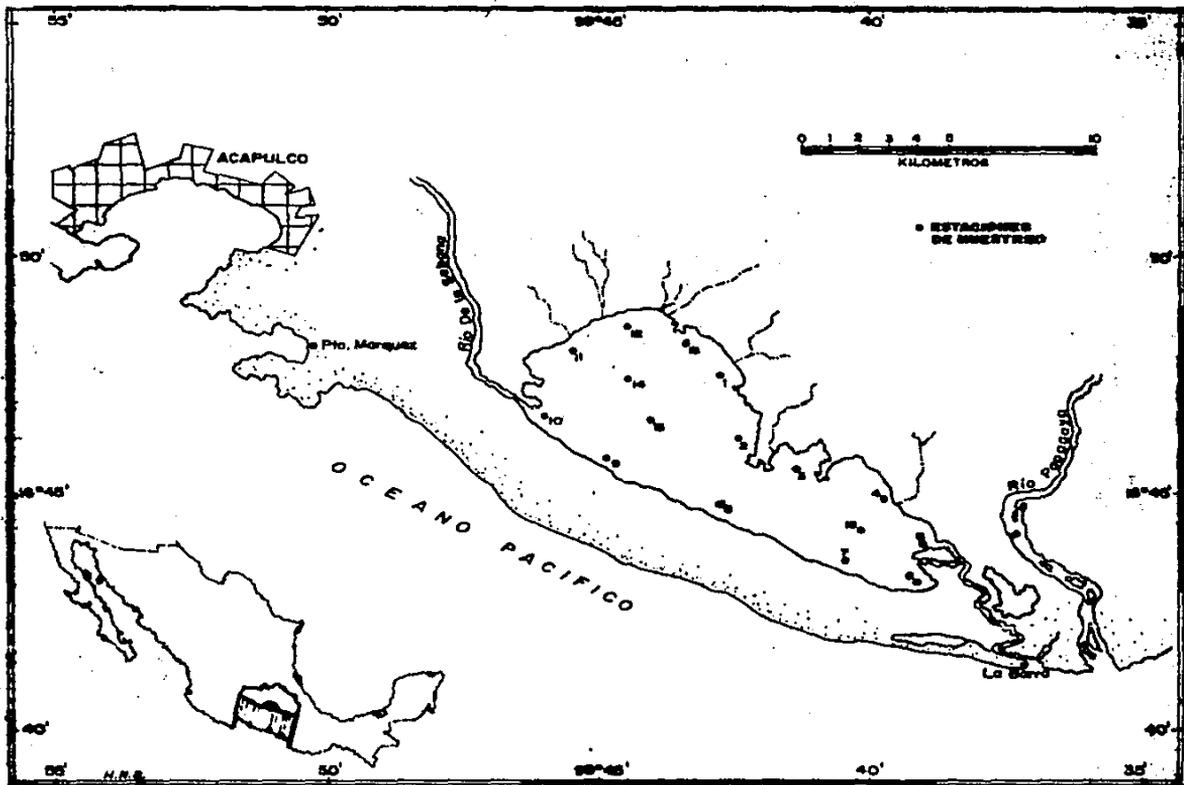
La laguna de Tres Palos, Gro. se encuentra ubicada al sureste del litoral mexicano, en el estado de Guerrero, a 29 Km al este del puerto de Acapulco, la cual limita al norte con la Sierra Madre del Sur y al sur con el Océano Pacífico. Sus coordenadas geográficas son: 16° 43' a los 16° 49' de latitud Norte y 99° 39' a los 99° 46' de longitud Oeste.

Alcocer et al. (inédito) da como longitud máxima de la laguna 15.85 Km en dirección noroeste-sureste y un ancho máximo de 5.85 Km en orientación perpendicular noreste-suroeste, con una profundidad máxima de 8 m. Su área superficial es de 48.36 Km² y se encuentra separada de la costa por una franja de 2.5 Km de ancho promedio.

La laguna, como parte del estado de Guerrero, se encuentra dentro de la zona climática ecuatorial y sub-ecuatorial, clasificada en el grupo A cálido-húmedo cuya característica principal es la de tener una temperatura del mes más frío de 18 grados centígrados, con una temperatura media anual mayor de 22 grados centígrados. En este grupo presenta un clima sub-húmedo del tipo Aw (García, 1973), con lluvias en verano correspondiendo la precipitación del mes más seco a valores de 60 mm.

La época de lluvias ocurre generalmente entre mayo y octubre, los vientos de verano llevan humedad a la costa

equilibrando y disminuyendo las altas temperaturas de la zona tropical, lo cual produce las mayores precipitaciones en el flanco costero (2,100 mm por año). Los vientos convectivos costeros son muy efectivos como agentes de evaporación local (1900 y 2000 mm para la zona estudiada) durante la época seca y son probablemente los responsables del abatimiento del nivel de agua en la lagunas costeras y consecuentemente del incremento de su salinidad (Lankford, 1974).



Mapa I. LAGUNA DE TRES PALOS, GRO.

V MATERIAL Y METODO

Se realizaron muestreos mensuales, que comprendieron de enero de 1991 a noviembre del mismo año, en la laguna costera de Tres Palos, Gro.

V.1 TRABAJO DE CAMPO

Se ubicaron 16 estaciones de muestreo (Mapa 1), localizadas en diferentes lugares de la laguna considerando principalmente el tipo de sustrato (rocoso, arenoso, limoso, etc.) así como la profundidad. Así también se tomaron en cuenta las áreas donde desembocan ríos o arroyos y la zona del canal de la laguna que comunica con el mar.

Las estaciones fueron distribuidas proporcionalmente al área de los sustratos, así en cada una de ellas se trazaron cuadrantes y se distribuyeron al azar. Para el área total de la laguna con los mismos cuadrantes se aplicó una prueba de números aleatorios para bloques, coincidiendo el 75% de las estaciones aleatorias con las anteriormente seleccionadas.

En campo, cada estación de muestreo se localizaba mediante el sextante, tomando además como referencia puntos conocidos y previamente determinados en la ribera de la laguna.

En lo que respecta a los muestreos hidrológicos estos se realizaron mediante la siguiente rutina, la salinidad se

determinó en una muestra de agua obtenida con una botella Van Dorn de 3 litros de capacidad y mediante un salinómetro de inducción marca Beckman de una precisión de 0.001 ppm. En la columna de agua se midió el oxígeno disuelto y la temperatura superficial y de fondo, mediante un oxímetro marca Kahlsico (lecturas en ppm y °C) calibrado con el método Winkler; el pH se midió con un potenciómetro y finalmente la profundidad se obtuvo mediante una sondaleza.

Se utilizó una lancha de fibra de vidrio de 5.14 m de eslora y de 1.90 m de manga, con fondo de tipo "V" y motor fuera de borda de 40 H.P. marca Johnson. Se capturaron los organismos con una red de arrastre camaronesa de prueba (chango) de 18.1 mm de abertura de malla en el copo y de 8.5 mm en el sobrecopo, fabricada con fibra de nylon de un largo de 3.2 m en el copo y 1.2 m en el sobrecopo. La velocidad de arrastre fue de 1 nudo con una duración de 5 minutos, lo cual dió un Área barrida de 509.3 m² como promedio.

Las muestras colectadas se procesaban por separado entre una estación y otra, lo cual permitió regresar gran parte de los organismos a la laguna. Las muestras fueron colocadas en bolsas de polietileno con su etiqueta respectiva y fijadas con formol al 10% para su traslado al laboratorio donde los organismos fueron identificados y depositados en la colección del Laboratorio de Limnología-ICMyL-UNAM.

V.2 TRABAJO DE GABINETE

V.2.1 SEPARACION DE COHORTES

Como era de esperarse, en el muestreo realizado se observó la presencia de varias cohortes de *M. tenellum* lo cual obligó, que para seguir el crecimiento de los organismos se utilizara un método que permitiera discriminar las clases modales a lo largo de todo el periodo de muestreo. El método utilizado fue el de Bhattacharya, (1967) para lo cual se realizó lo siguiente: se elaboraron distribuciones de frecuencias con intervalos de clase de 5 mm de longitud total, a las cuales se les aplicó una media móvil de tres (Spiegel, 1969) para suavizar las frecuencias presentes y eliminar las fluctuaciones que pudieran enmascarar las cohortes menos representadas. Posteriormente se calculó el logaritmo natural (\ln) de cada una de las frecuencias suavizadas realizándose al final una resta algebraica entre dos clases consecutivas (Delta Logaritmo o Delta \ln); es decir, el intervalo de clase inferior menos el superior. Esto se graficó en un sistema de coordenadas de dos cuadrantes (para considerar el signo negativo), siendo el eje de las abscisas los puntos medios de los intervalos de clase (talla en mm) y en el eje de las ordenadas el Delta \ln , de esta forma se obtuvo una secuencia de puntos de tendencia negativa, que unidos mediante líneas rectas e interceptadas con el eje de las abscisas indican el valor de las tallas modales de las cohortes presentes.

El método aplicado pudo definir cohortes que estuvieron bien representadas en las diferencias logarítmicas, pero en cambio otras no, por lo cual se consideró 4 tipos de valores diferentes, que fueron:

- a) Valores obtenidos mediante líneas de tendencia negativa conformada por más de tres puntos.
- b) Valores aproximados, aquellos conformados por dos puntos.
- c) Valor presente pero aproximado, aquel conformado por un solo punto.
- d) Valor interpolado, obtenido de las curvas trazadas mediante los puntos del inciso a), con lo cual se completó cada una de las generaciones presentes.

Finalmente, para el cálculo de los parámetros de la curva de crecimiento se tomaron sólo aquellas cohortes que presentaron el mayor número de puntos obtenidos mediante el inciso a).

V.2.2 ANALISIS DE LA CURVA DE CRECIMIENTO

MODELO DE CRECIMIENTO

El modelo de crecimiento utilizado será el propuesto por von Bertalanffy (1938) el cual está basado en hipótesis fisiológicas. Bertalanffy consideró que el crecimiento en peso de los organismos era el resultado de la diferencia entre los procesos anabólicos y catabólicos que se producen en ellos; por lo que expresado en forma matemática es:

$$dw/dt = H(w) - K(w) \quad (01)$$

en donde:

dw/dt = razón de cambio del peso con respecto al tiempo

H = factores anabólicos

s = superficie del organismo

K = factores catabólicos

w = peso del organismo.

La ecuación (01) expresada en unidades homogéneas para que sea después posible integrarla, quedaría de la siguiente forma:

$$dL/dt = H - K(L_e) \quad (02)$$

donde L_e es la longitud total del organismo.

La ecuación (02) establece que la tasa de crecimiento (dL/dt) está relacionada linealmente con la longitud, pero en forma negativa, esto dado por el signo que posee la pendiente ($-K$), lo cual biológicamente significa que conforme el organismo crece, su tasa de crecimiento va disminuyendo y se hará cero (0) cuando:

$$L_e = H/K \quad (03)$$

A este valor de H/K , también se le conoce como Longitud asintótica o Longitud infinita (L_{∞}).

En conclusión, si se trazan gráficamente los valores de la tasa de crecimiento en longitud, es decir, dL/dt y la longitud del organismo, el resultado con frecuencia viene representado por una línea recta que corta al eje de las abscisas en un punto (L_{∞}) más allá del cual el organismo no crecerá (Gulland, 1971).

Apartir de la ecuación (02) se obtiene la expresión más conocida y usada para el modelo de crecimiento, la cual convenientemente ordenada y después integrada, queda de la forma siguiente:

$$L_t = L_{\infty} (1 - \exp[-K(t - t_0)]) \quad (04).$$

La ecuación (04), es el modelo de crecimiento propuesto por von Bertalanffy (1938), en donde:

L_t = Longitud total a la edad t (mm)

L_{∞} = Longitud asintótica (mm), es el máximo valor al que tiende la ecuación (04).

K = Constante de crecimiento o tasa metabólica (1/mes).

t_0 = Edad teórica a la cual el organismo "mide cero" o cuando inicia su crecimiento (meses).

t = Edad a la cual se quiere conocer la talla del organismo (meses).

Ajuste del modelo de crecimiento

Dado que la ecuación (04) es de tipo exponencial y que para su solución se transformó en una función de tipo lineal, entonces se expone la forma en que mediante el cálculo de regresiones lineales, aplicadas a una tabla edad-talla se pueden calcular las constantes de la ecuación (04). Este método se debe a Ford (1933) y Walford (1946) y es el que se aplicará para calcular la constante de crecimiento (K) y la longitud asintótica (L_{∞}).

Cálculo de la Constante de crecimiento y la Longitud asintótica (L_{∞})

Se asume que con puntos conocidos de edad y tallas, (t_1, L_1), intervalos de tiempos iguales (T constante) y además considerando que los pares de datos (t_1, L_1) estiman puntos que se encuentran sobre una curva como la que resulta de la ecuación (04) (Pereiro, 1977) se tiene:

$$L_{t+T} = L_{\infty} (1 - \exp(-K(t+T - t_0))) \quad (05).$$

Como lo que se quiere conocer es la diferencia de tallas entre 2 periodos consecutivos; es decir, ($L_{t+T} - L_t$) al tiempo t, entonces se restará (04) de (05):

$$L_{t+T} - L_t = L_{\infty} (1 - \exp(-K(t+T - t_0))) - L_{\infty} (1 - \exp(-K(t - t_0)))$$

ecuación que convenientemente ordenada y simplificada nos lleva a lo siguiente:

$$L_{t+T} - L_t = L_{\infty} - L_{\infty} (\exp(-KT)) - L_t + L_t (\exp(-KT))$$

$$L_{t+T} = L_{\infty} - L_{\infty} (\exp(-KT)) - L_t + L_t (\exp(-KT)) + L_t$$

$$L_{t+T} = L_{\infty} - L_{\infty} (\exp(-KT)) + L_t (\exp(-KT))$$

$$L_{t+T} = L_{\infty} (1 - \exp(-KT)) + L_t (\exp(-KT)) \quad (06).$$

Un caso especial e importante es cuando $T = 1$ año (Guiland, 1971), con lo cual la ecuación (06) queda de la siguiente manera:

$$L_{t+1} = L_{\infty} (1 - \exp(-K)) + \exp(-K)L_t \quad (07).$$

Como puede observarse, los términos $L_{\infty}(1 - \exp(-K))$ y $\exp(-K)$ pueden reemplazarse por el valor de unas constantes que llamaremos "a" y "b" respectivamente, por lo que la ecuación (07) queda de la siguiente forma:

$$L_{t+1} = a + b (L_t) \quad (08).$$

Esta ecuación es una línea recta que relaciona la talla actual (L_t) del organismo con la talla del periodo siguiente (L_{t+1}).

El valor de "a" y "b" se calculan mediante el método de los Mínimos Cuadrados, el cual proporciona los mejores estimadores del intercepto (a) y de la pendiente de la recta (b). A partir de estas constantes se calcula K y L_{∞} , de la siguiente forma.

De acuerdo a las igualdades que se establecen entre las ecuaciones (08) y (07) se tiene:

$$b = \exp(-K)$$

de donde:

$$K = -(\ln b) \quad (09)$$

$$a = L_{\infty} (1 - \exp(-K))$$

de donde:

$$L_{\infty} = \frac{a}{(1-b)} \quad (10).$$

Se propone realizar este cálculo analítico en vez de trazar el conocido gráfico de Ford-Walford debido a que la intersección de la recta de regresión lineal con la bisectriz forman un ángulo muy pequeño, por lo que la estimación de la longitud asintótica

sea muy precisa. Aunque en favor de la solución gráfica podemos decir que tiene un valor didáctico bastante grande, pues nos muestra la dependencia entre los valores de K y L_{∞} , que puede dar lugar a que valores muy diferentes de L_{∞} den como resultado curvas de crecimiento muy parecidas, al ser compensadas por una pequeña variación de K (Pereiro, 1977).

Cálculo de t_0 (t₀)

El valor de t_0 se calculó a partir del despeje de la ecuación (04) considerando además la recomendación que hace Gulland (1971) en el sentido de tomar el valor medio de todos los valores calculados de las edades consideradas:

$$t_0 = t + \frac{1}{K} \ln \frac{L_{\infty} - L_t}{L_t} \quad (11).$$

V.2.3 ANALISIS ESTADISTICO

ANALISIS DE COVARIANZA

Teniendo como fundamento que los parámetros poblacionales (K y L_{∞}) de la curva propuesta por von Bertalanffy se han obtenido a partir de los valores de los interceptos (a) y las pendientes (b) calculadas en las regresiones lineales, entonces es posible aplicarle tanto al intercepto como a la pendiente, un Análisis de Covarianza o prueba de significancia para pendientes y elevaciones para k líneas de regresión simple (Zar, 1974); por lo cual se elabora un diagrama de flujo (Fig. 1) en donde se muestra el

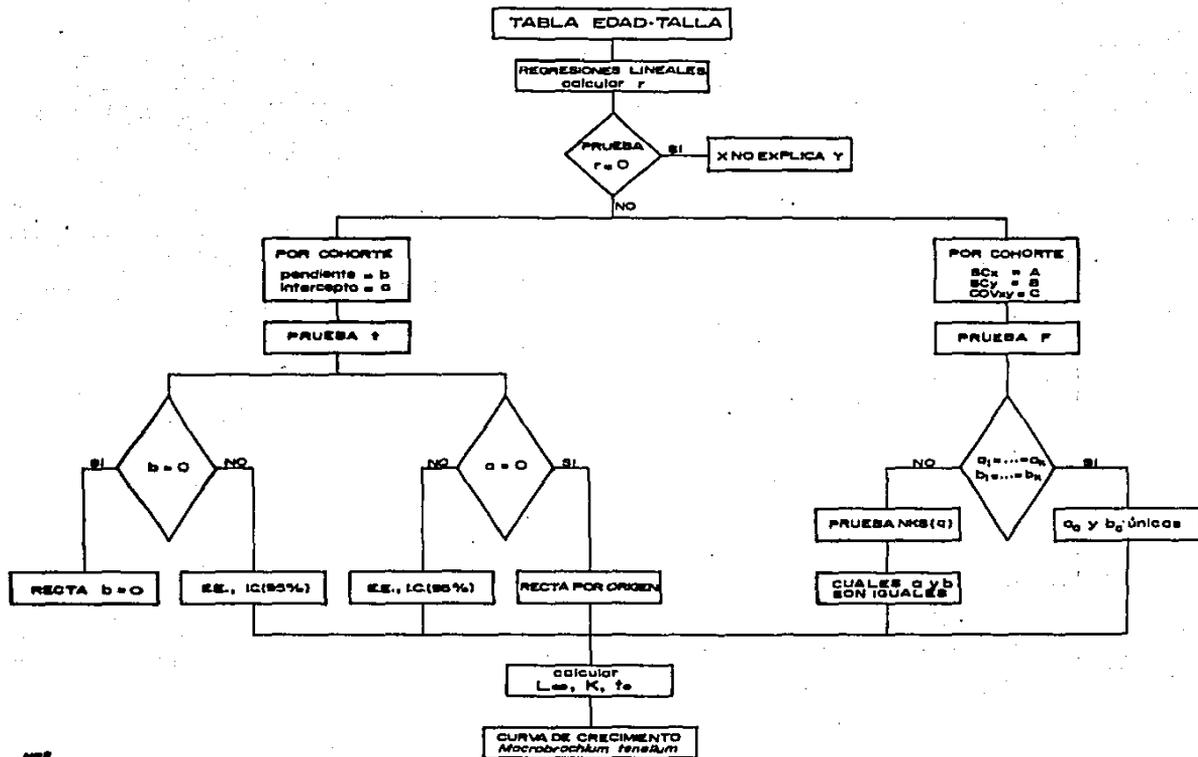


FIG. 1 DIAGRAMA DE FLUJO PARA EL ANALISIS ESTADISTICO DE LAS CURVAS DE CRECIMIENTO

camino seguido hasta la obtención final de las constantes de crecimiento (L_{∞} , K y t_0) conteniendo sus respectivos errores estándares (EE) así como sus intervalos de confianza del 95% (IC).

Nomenclatura y ecuaciones para la regresión lineal simple

- Suma de Cuadrados de X (A)

$$A = \sum X^2 - \frac{(\sum X)^2}{n}$$

- Suma de Cuadrados de Y o Suma de Cuadrados Totales (B)

$$B = \sum Y^2 - \frac{(\sum Y)^2}{n}$$

- Covarianza XY o Sumatoria de los Productos Cruzados (C)

$$C = \sum XY - \frac{(\sum X \sum Y)}{n}$$

- Cuadrados Totales (A_t , B_t y C_t). Se obtienen considerando los pares de datos de todas las regresiones, como si fueran una sola

- Pendiente (b)

$$b = \frac{C}{A} \quad (12)$$

- Intercepto o elevación (a)

$$a = \bar{Y} - b(\bar{X}) \quad (13)$$

- Coeficiente de correlación ó de Pearson (r)

$$r = \frac{C}{\sqrt{AB}} \quad (14)$$

Ecuaciones generales para el análisis de covarianza

- Suma de Cuadrados Residuales (SCR)

$$SCR = B - (C^2/A)$$

- Suma de Cuadrados Residuales "Pooled" (SCR_P)

$$SCR_P = \sum SCR_i$$

- Suma de Cuadrados Residuales Comunes (SCR_C)

$$SCR_C = \sum B_i - ((\sum C_i)^2 / \sum A_i)$$

- Suma de Cuadrados Residuales Totales (SCR_T)

$$SCR_T = B_T - (C_T^2/A_T)$$

- Grados de Libertad Residual (GLR)

$$GLR = n - 2$$

- Grados de Libertad Residual "Pooled" (GLR_P)

$$GLR_P = n_T - 2k$$

n_T = sumatoria de todos los pares de datos

k = número total de regresiones

- Grados de Libertad Residual Común (GLR_C)

$$GLR_C = n_T - k - 1$$

- Grados de Libertad Residual Total (GLR_T)

$$GLR_T = n_T - 2$$

Tabla 1. ANALISIS DE COVARIANZA

Regresión	A	B	C	n	SCR	GLR
1	A ₁	B ₁	C ₁	n ₁	SCR ₁	GLR ₁
2	A ₂	B ₂	C ₂	n ₂	SCR ₂	GLR ₂
.
.
.
k	A _k	B _k	C _k		SCR _k	GLR _k
"Pooled"					SCR _P	GLR _P
Común	A _C	B _C	C _C		SCR _C	GLR _C
Total	A _T	B _T	C _T	n _T	SCR _T	GLR _T

1. Prueba para las pendientes

Se prueban las siguientes hipótesis:

$$H_0 : b_1 = b_2 = \dots = b_k$$

$$H_A : b_1 \neq b_2 \neq \dots \neq b_k$$

mediante una prueba de Fisher (F) de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$F = \frac{(SCR_C - SCR_P)/(k - 1)}{(SCR_P/GLR_P)} \quad (15)$$

este valor de F calculada se compara con una F de tablas obtenida con los siguientes parámetros:

$$F_{\alpha, (k-1), (n-k) \cdot GLR_P}$$

Si se acepta $H_0 : b_1 = b_2 = \dots = b_k$, entonces se puede calcular una pendiente común (b_C) para todas las regresiones probadas, con valor igual a:

$$b_C = \frac{C_C}{A_C} \quad (16)$$

C_C y A_C son las Sumas de Cuadrados Comunes (Tabla 1). El Error Estándar (EE) de b_C se calcula considerando su cuadrado medio residual "pooled":

$$CMR_P = \frac{SCR_P}{GLR_P} \quad (17)$$

$$EEb_C = \sqrt{\left(\frac{CMR_P}{k}\right) \left(\sum \frac{1}{A_i}\right)} \quad (18)$$

2. Prueba para los interceptos

Se prueban las siguientes hipótesis:

$$H_0 : a_1 = a_2 = \dots = a_k$$

$$H_A : a_1 \neq a_2 \neq \dots \neq a_k$$

aplicando la siguiente fórmula:

$$F = \frac{(SCR_T - SCR_G)/(k - 1)}{(SCR_T/QLR_G)} \quad (19)$$

este valor de F calculada se compara con una F de tablas considerando:

$$F_{\alpha; (k-1), QLR_G}$$

Si H_0 es aceptada, entonces se calcula un intercepto común (a_G), considerando todas las regresiones como si fueran una sola:

$$a_G = \bar{y}_{n_T} - b_G(\bar{X}_{n_T})$$

$$EEa_G = \sqrt{CMR_G \left(\frac{1}{n_G} + \frac{\sum (X_i)^2}{A_i} \right)}$$

ANÁLISIS DE VARIANZA

Si con el análisis de covarianza se concluye que las pendientes o interceptos son diferentes, entonces se procede a aplicar un procedimiento de comparación múltiple, para determinar diferencias entre pares de pendientes e interceptos, mediante la prueba de rango múltiple de Newman-Keuls también conocida como la prueba Student-Newman-Keuls (SNK) (Zar, 1974) la cual consiste en

calcular el estadístico q e ir colocando en forma ascendente o descendentes los valores de las pendientes o interceptos, e ir comparándolos uno contra otro para determinar diferencias significativas entre ellos. Se recomienda primero hacer la comparación entre el valor más pequeño y el más grande pues si resultara que son iguales, la prueba para los valores intermedios ya no debe realizarse puesto que se llega a la misma conclusión de igualdad. Si la prueba sugerida diera diferencias, se procederá a realizar la prueba q con el siguiente valor más alto y así sucesivamente hasta completar la serie.

Prueba para las pendientes

Se plantean las siguientes hipótesis:

$$H_0 : b_A = b_B$$

$$H_A : b_A \neq b_B$$

y las ecuaciones a usarse serán la (17) y (18) particularizada para 2 regresiones (A y B) cualquiera:

- Cuadrado Medio Residual "Pooled" (CMR_P):

$$CMR_P = \frac{(SCR_A + SCR_B)}{(GLR_A + GLR_B)} \quad (20)$$

- Error estándar (EE_B)

$$EE_B = \sqrt{\frac{CMR_P}{2} \left(\frac{1}{A_A} + \frac{1}{A_B} \right)} \quad (21)$$

- Estadístico q :

$$q = \frac{b_A - b_B}{EE_B}$$

El valor de q calculado se compara con el valor de q de

tablas, considerando:

$$q_{\alpha, \alpha L M P, r}$$

el valor de p estará determinado por la posición que ocupan (en la ordenación) los valores de las pendientes o interceptos que se están probando, así por ejemplo, si:

$$b_1 > b_2 > b_3 > b_4 > b_5$$

entonces, al probar b_1 y b_2 el valor de P será igual a 4 y si comparamos b_2 y b_3 entonces P es igual a 2.

Si las pendientes probadas no son diferentes, entonces se calcula una pendiente común (b_0) mediante:

$$b_0 = \frac{C_A + C_B}{A_A + A_B} \quad (22)$$

El error estándar de la pendiente común (EE b_0) se calcula mediante las ecuaciones (19) y (20) y su Intervalo de Confianza (IC) mediante:

$$IC = b_0 \pm (q_{\alpha, \alpha L M P, r})(EEb_0)$$

Prueba para los interceptos

Se plantean las siguientes hipótesis:

$$H_0 : a_A = a_B$$

$$H_A : a_A \neq a_B$$

y se usarán las siguientes ecuaciones:

- Pendiente común (b_0): Que se calcula por la ecuación (16).
- Cuadrado Medio Residual Común (CMR $_0$): Debido a que se están comparando 2 regresiones, entonces los grados de libertad están asociados a $k = 2$

$$CMR_C = \frac{SCR_a + SCR_b}{n_T - k - 1} \quad (23)$$

- Error Estandar (EE_a)

$$EE_a = \sqrt{\frac{CMR_C}{2} \left[\frac{1}{n_A} + \frac{1}{n_B} + \frac{(X_A - X_B)^2}{A_A + A_B} \right]} \quad (24)$$

- Estadístico q:

$$q = \frac{(\bar{Y}_A - \bar{Y}_B) - b_a(\bar{X}_A - \bar{X}_B)}{EE_a}$$

Este valor de q calculado se compara con q de tablas, cuyo valor crítico está asociado a los grados de libertad del denominador de la ecuación (23):

$$q_{\alpha, \alpha, n, r}$$

Si H_0 es aceptada, se calcula un intercepto común para las 2 regresiones, consideradas como una sola, para tal efecto se aplica las ecuaciones (12) y (13) y se calcula su intervalo de confianza (IC):

$$IC = a_c \pm (q_{\alpha, \alpha, n, r})(EE_a)$$

Realizados todos los cálculos anteriores, se reporta cada uno de los parámetros de crecimiento con sus respectivos valores estadísticos, los cuales serán iguales a las siguientes expresiones:

$$K = -\ln(b \pm EE_b)$$

$$L_{99} = \frac{a \pm EE_a}{1 - (b \pm EE_b)}$$

ANÁLISIS DE CUMULOS

Con el objeto de poder analizar y encontrar relaciones entre las variables biológicas y variables medio ambientales que pudieran explicar el patrón de crecimiento en el langostino *M. janzonellus*, se aplican métodos del análisis multivariado, los cuales permiten hacer un análisis simultáneo de más de una variable independiente. Los dos métodos considerados son el Análisis de Agrupamiento o Conglomerados o de Cómulos y el Análisis de Componentes Principales (Crisci y López, 1983; Zavala, 1986).

El análisis de cómulos es una técnica numérica que nos permite, con base en una matriz de afinidades (coeficientes de similitud o disimilitud), establecer agrupamientos entre las variables o caracteres considerados.

A partir de las siguientes variables ambientales (Tabla 2): Temperatura del aire que será llamada ambiental (media mensual, °C), Temperatura del agua de fondo (media mensual, °C), Nivel medio de la laguna (m), Profundidad (m), Oxígeno del fondo (mg/l), Salinidad del fondo (o/oo), pH del fondo y Precipitación (mm) y las variables biológicas: Tasa de crecimiento (mm/mes), Biomasa (cpuc/g) y Densidad (cpue) (Tabla 3), se creó una matriz de valores estandarizados (unidades de desviaciones estándares), debido a que las variables a comparar no eran conmensurables, evitando así el problema de las unidades y de las escalas. La estandarización se realizó mediante la siguiente fórmula:

$$X_{1j} = \frac{x_{1j} - \bar{X}_j}{S_j} \quad (25)$$

donde:

$x_{i,j}$ = i-ésima observación de la j-ésima variable.

\bar{x}_j = media muestral de la j-ésima variable.

S_j = desviación estándar de la j-ésima variable.

$X_{i,j}$ = valor estandarizado de la i-ésima observación de la j-ésima variable.

Con los valores estandarizados se calculó una matriz de correlación mediante el coeficiente de Pearson (producto-momento) utilizando la ecuación (14) y a partir de ésta se elaboraron los dendrogramas correspondientes aplicando el método de ligamiento promedio (Sokal y Sneath, 1969) desarrollado en un programa para microcomputadora. El grado de distorsión entre la matriz de correlación y el dendrograma elaborado se midió mediante el Coeficiente de Correlación Cofenético (Sneath y Sokal, 1973). Finalmente la descripción de los dendrogramas se hace tomando diferentes niveles de similaridad con el objeto de determinar y analizar los grupos formados a los niveles considerados.

ANÁLISIS DE COMPONENTE PRINCIPALES (ACP)

Este método permite hacer una reducción del número de variables originales, para obtener un nuevo conjunto de variables o factores no correlacionables entre sí (ortogonales), llamados componentes principales, mismos que son calculados en orden decreciente; es decir, el primer componente calculado contiene la mayor variabilidad de los datos que el segundo componente y éste la mayor que el tercero y así sucesivamente. Siendo combinaciones lineales de las variables originales (Zavala, 1986).

Tabla 2. Parámetros Ambientales

Mes	T.Amb. (°c)	T.agua (°c)	Nivel (m)	Prof. (m)	Oxig. (mg/l)	Sal. (‰)	pH	Prec. (mm)
Ene	29.43	25.88	1.29	2.36	8.75	2.44	8.58	15.00
Feb	29.43	28.31	1.21	2.19	7.40	3.14	5.80	1.00
Mar	28.53	28.19	1.04	2.45	7.03	3.99	7.60	1.00
Abr	29.41	29.31	0.85	2.59	6.89	4.14	9.17	7.00
May	32.90	29.50	0.67	1.41	6.10	4.30	9.77	27.00
Jun	32.09	30.70	0.51	1.79	6.08	4.59	8.89	261.00
Jul	31.86	31.57	0.79	2.21	5.02	4.16	7.11	231.00
Ago	30.50	27.65	1.09	5.42	3.10	2.93	8.17	210.00
Sep	33.16	31.20	1.66	2.76	4.85	2.54	7.87	301.00
Oct	29.78	29.91	1.69	2.64	7.17	2.27	8.30	123.00
Nov	30.81	28.70	1.49	2.79	4.68	2.33	8.70	54.00

Tabla 3. Parámetros Biológicos

Mes	Hembras				Machos			
	Tasa (mm/mes)		Biom.	Dens.	Tasa (mm/mes)		Biom.	Dens.
	c1	c2	cpue/g	cpue	c3	c4	cpue/g	cpue
Ene	22.68	8.71	0.04	0.01	23.00	11.57	0.22	0.02
Feb	18.70	12.54	0.00	0.00	31.19	25.45	0.01	0.00
Mar	14.91	11.27	2.37	0.12	23.02	20.20	1.77	0.09
Abr	11.87	10.14	1.69	0.11	17.30	16.03	3.41	0.17
May	9.46	9.12	15.99	0.72	12.24	12.72	17.16	0.39
Jun	7.53	8.20	12.50	0.53	9.27	10.09	13.45	0.16
Jul	6.00	7.37	78.16	3.23	6.83	8.01	90.20	2.72
Ago	4.99	6.64	6.04	0.15	5.05	6.38	4.63	0.17
Sep	3.81	5.96	13.52	0.30	3.73	5.02	8.17	0.14
Oct	3.03	5.36	3.74	0.09	2.75	4.01	4.69	0.14
Nov	2.42	4.83	0.36	0.02	2.03	3.17	1.28	0.07

La variabilidad de cada componente estará dada por su eigenvalor ó raíz característica (Zavala, 1986) ó raíz latente (Crisci y López, 1983) el cual expresa la varianza explicada por el componente, por lo tanto, para explicar la variación de los datos se requiere que el porcentaje acumulado de los componentes sume entre 70 y 90%, lo cual generalmente se alcanza con los dos ó tres primeros de ellos, aparte de que no es posible graficar un sistema de más de tres ejes (dimensiones X, Y, Z).

La descripción se realizará determinando la ubicación de las variables consideradas tanto en la parte positiva ó negativa de los ejes ó componentes, lo cual lleva a definir la importancia y peso de cada variable en cada componente considerado.

MODELO DE REGRESION MULTIPLE DE PASO POR PASO (STEPWISE)

Con el objeto de determinar cuál ó cuáles de las variables que se utilizaron en el presente estudio (Tabla 2 y 3) tienen una mayor importancia sobre la tasa de crecimiento del langostino *Macrobrachium tenellum*, se utilizó el modelo de regresión múltiple de paso por paso (stepwise) contenido en el paquete estadístico SPSS. Este tipo de regresión múltiple tiene la particularidad de ir agregando al modelo la variable que posea el mayor coeficiente de correlación parcial (Draper y Smith, 1981) el cual lo asocia a un análisis de varianza mediante una prueba de Fisher ó F, buscando la significancia de la variable introducida en el

modelo. En el siguiente paso toma la variable más significativa (realiza la prueba F) y la agrega al modelo y así sucesivamente hasta concluir con todas las variables consideradas, pudiendo no incluir alguna de ellas si es que ésta no tuviera significancia estadística.

Con el fin de evitar colinearidad en el modelo utilizado (uso de variables muy correlacionadas entre sí) y después de haber corrido el programa con las 11 variables originales y de analizar la matriz de correlaciones resultante se decidió utilizar 7 variables para todo el modelo, seleccionadas con el siguiente criterio: 4 variables originales, el oxígeno disuelto (O), la salinidad (S), el pH (P) y la temperatura del agua (T); 2 interacciones: la del oxígeno y la temperatura del agua, que se le ha llamado Oxi-ta (OT) y la del oxígeno y la densidad de los organismos, llamada Oxi-den (OD). Esto debido al hecho de que la presencia de una de ellas produce un efecto inmediato en la otra; por ejemplo, desde el punto de vista físico el aumento de la temperatura produce una disminución en la cantidad de los gases disueltos, en este caso del oxígeno, y el aumento de la densidad de los organismos supone un mayor consumo de oxígeno en el medio acuático. Se consideró además una variable "dummy" (muda) para contemplar en el modelo el sexo de la especie, asignando el número cero para las hembras y el 1 para los machos.

Dado que los valores de la tasa de crecimiento provienen de la curva calculada, se hizo la transformación del logaritmo

natural para linearizar dicho comportamiento, por lo que el modelo queda de la siguiente forma:

$$L = \exp (B_0 + B_1(X_1) + B_2(X_2) + B_3(X_3) + \dots + B_M(X_M)) \quad (26)$$

en donde:

L = tasa de crecimiento (mm/mes)

$B_0, B_1, B_2, \dots, B_M$ = constantes calculadas por el método.

$X_1, X_2, X_3, \dots, X_M$ = variables consideradas en el modelo.

Se enlistan a continuación todos los programas utilizados en la presente tesis, se hace referencia al nombre, autor o firma comercial que lo desarrolló, año y aplicación del mismo:

Relación de Programas

Programa	Autor	Año	Aplicación
Apple Writer	Lutus, P.	1981	Procesador de textos.
VisiCalc IIe	Software	1981	Hoja de cálculo.
VisiTrend- VisiPlot	Personal Software	1981	Base de datos Estadística Graficación.
SPS	Buhyoff, G. J. et al.	1982	Base de datos Estadística.
Super Text	Muse-Software	1984	Procesador de Textos.
SPSS-UPDATE 7-9	Nie, Norman H	1985	Estadística.
Hierarchical Cluster Analysis	Gilpin, R.A.	1984	Estadística.

VI RESULTADOS

VI.1 GENERALIDADES DE LA ESPECIE

El langostino *Macrobrachium tenellum* (Fig. 2) es una especie que tiene la siguiente posición taxonómica (Holthuis, 1952; Rodríguez, 1965; Gosner, 1971):

Phylum	Arthropoda
Subphylum	Euarthropoda
Superclase	Mandibulata
Clase	Crustacea
Subclase	Malacostraca
Serie	Eumalacostraca
División	Eucarida
Orden	Decapoda
Sección	Macrura
Grupo	Natantia
Tribu	Caridea
Familia	Palaemonidae
Subfamilia	Palaemoninae
Género	<i>Macrobrachium</i> Bate, 1868
Especie	<i>Macrobrachium tenellum</i> (Smith, 1871)

La distribución de la especie es a lo largo de la costa del Pacífico, desde Mulegé en la parte media-oriental de la península de Baja California (27° N) México, hasta el río Chira en el norte del Perú (5° S). Localmente se le conoce como chacal, manudo o langostino y prefiere aguas dulces y salobres (Holthuis, 1980) de fondos limosos-arenosos y con gran cantidad de restos vegetales,

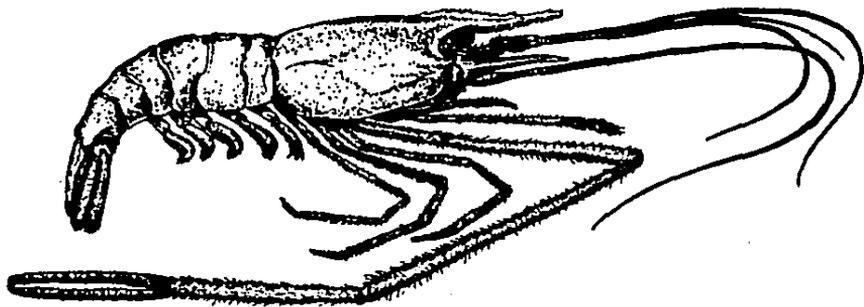


Fig. 2 *Macrobrachium tenellum* (Smith, 1871)
[ADAPTADO DE HOLTJUIS (1962)]

habitando en profundidades de entre 25 cm y 100 cm (Román, 1979).

M. ignellum es una especie que presenta un marcado dimorfismo sexual, teniendo el macho muy desarrollado el segundo par de periópodos, tan grandes como el cuerpo o más, además de presentar el gonoporo en la base del quinto par de coxopoditos a diferencia de las hembras que lo presentan en el tercer par.

La época de reproducción de esta especie parece coincidir con la temporada de lluvias, al igual que la mayoría de las especies pertenecientes al género *Macrobrachium* (Tomé, 1988). Las tallas reportadas para que alcance su madurez sexual es a los 62 mm de longitud total según Negrete y Guzmán (1978), a los 45 mm según Román (1979) y el de 76.5 mm como longitud media dado por Guzmán *et al.* (1982) o del 50% como una característica de la población. El mes en que realiza su mayor desove en la laguna de Tres Palos es octubre, llegando a realizar de 8 a 10 puestas por año (Román, 1979), periodo en el cual presenta una fecundidad de 10,000 huevos que comparados con los 150,000 a 200,000 huevos que pone el *M. acanthurus* (Martínez, 1975) se puede decir que es una especie de fecundidad baja. Presentan dichos huevecillos un desarrollo larval promedio de 24 días (Cabrera *et al.*, 1969). En los primeros estadios larvales prefiere aguas estuarinas con mayor salinidad, poca turbidez y temperaturas bajas, mientras que en etapas más avanzadas prefieren condiciones limnéticas, con menor salinidad y oxígeno y mayores valores de temperatura y turbidez (Guzmán, 1987).

VI.2 CURVAS DE CRECIMIENTO

De las distribuciones de frecuencias mensuales (Fig.3) se llegaron a detectar 3 cohortes de hembras y 5 de machos, de las cuales se tomaron como las más representativas la número I y II para las hembras y I y II para los machos, que serán llamadas C1 la cohorte I y C2 la cohorte II en el caso de las hembras y C3 a la cohorte I y C4 a la cohorte II de los machos, cuyas longitudes medias mensuales se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 4. Longitudes medias mensuales (mm)

MES	HEMBRAS		MACHOS	
	C1	C2	C3	C4
Ene	22.5	8.5	22.5	12.0
Feb	40.0	20.0	55.0	36.5
Mar	55.5	31.5	77.0	59.0
Abr	69.0	42.0	93.5	74.0
May	79.0	51.8	105.0	85.0
Jun	87.0	60.0	115.0	96.5
Jul	92.5	69.0	122.5	104.0
Ago	96.5	77.0	127.0	109.5
Sep	100.0	79.0	131.5	114.5
Oct	103.0	84.0	135.0	120.0
Nov	105.0	90.0	137.0	123.0

Como puede observarse, la talla promedio en enero de C1 fue de 22.5 mm de longitud total a diferencia de la de C2 que fue de 8.5 mm; éste como dato extrapolado de las curvas reconstruidas debido a que la cohorte C2 se presentó desplazada en tiempo con respecto a C1 de ahí su menor talla (Fig. 4a). El mismo comportamiento se encontró en los machos en donde la cohorte C3 presentó una talla promedio de 22.5 mm de longitud total y la cohorte C4 de 12 mm (Fig. 4b). Las tallas más altas alcanzadas por las hembras (105.0

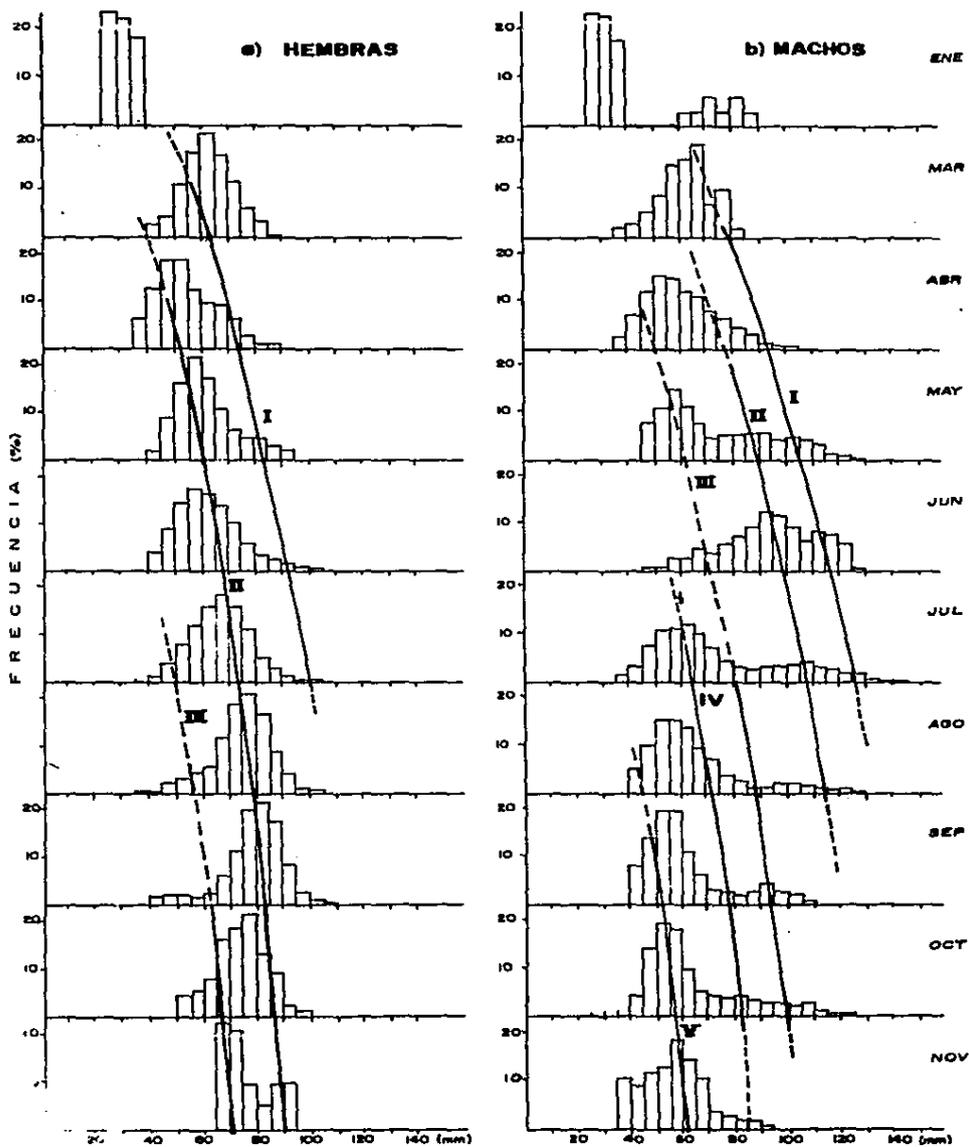


FIG. 3 PROGRESION MODAL DE TALLAS DE *Macrobrachium tenellum*

y 90.0 mm) todavía aún son menores que la de los machos (137.0 y 123.0 mm), por lo cual podemos decir que si se toma la variación total anual en talla y la hacemos 100%, veremos que las hembras en los 5 primeros meses crecen un 66.7% y los machos, en ese mismo periodo, 74.0% del total; es decir, un 7.3% más que las hembras, lo cual nos lleva a concluir preliminarmente que lo machos crecen más rápido y alcanzan mayor tamaño que las hembras, tal como lo reporta Guzmán (1987).

Apartir de la Tabla 4 se calcularon los parámetros de crecimiento para el *Macrobrachium lenellum* tanto para hembras como para los machos y por cohorte seleccionada, obteniéndose los siguientes resultados:

Tabla 5. Parámetros poblacionales del *M. lenellum*

	HEMBRAS		MACHOS	
	C1	C2	C3	C4
L_{∞} (mm)	115.07	133.22	142.14	134.86
K (1/mes)	0.2273	0.1613	0.3035	0.2312
t_{∞} (mes)	0.0154	0.3630	0.4183	0.6122

De acuerdo a la Tabla 5 se reportan las longitudes asíntóticas más pequeñas para las hembras y de entre éstas la cohorte C1 con el menor valor de 115.07 mm. Con respecto al coeficiente de crecimiento (K) la cohorte C2 presentó el menor valor y en ese mismo sentido el de t_{∞} para la cohorte C1; por lo tanto las ecuaciones de crecimiento para las hembras son:

Cohorte C1 ----> $L_e = 115.07 (1 - \exp(-0.2273 (t - 0.0154)))$

Cohorte C2 ----> $L_e = 133.22 (1 - \exp(-0.1613 (t - 0.3630)))$

En el caso de los machos, éstos presentaron valores más altos con respecto a la hembras en todos los parámetros poblacionales calculados, por lo tanto se presentan a continuación sus ecuaciones de crecimiento:

Cohorte C3 ----> $L_e = 142.14 (1 - \exp(-0.3035 (t - 0.4183)))$

Cohorte C4 ----> $L_e = 134.86 (1 - \exp(-0.2312 (t - 0.6122)))$

VI.3 SIGNIFICANCIA ESTADÍSTICA DE LAS CURVAS DE CRECIMIENTO

A partir de los datos de la Tabla 4 y aplicando el método de Ford-Walford, se calcularon líneas de regresión lineal siguiendo la ruta señalada por el diagrama de flujo (Fig. 1), por lo que se reportan los siguientes resultados:

Coefficiente de Correlación (r)

Hipótesis planteadas:

$H_0: r = 0$

$H_a: r \neq 0.$

Para un alfa de 0.05 se obtuvo los siguientes resultados:

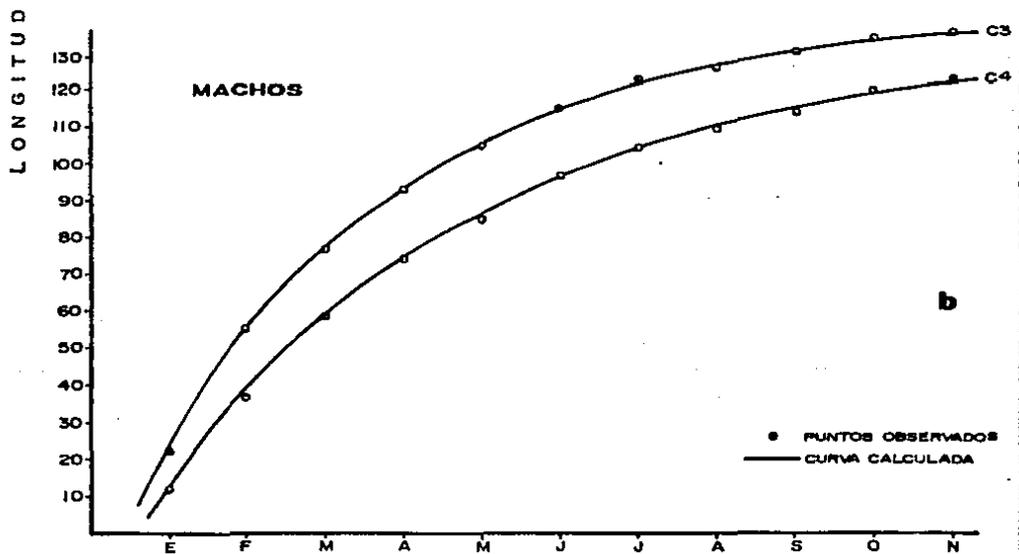
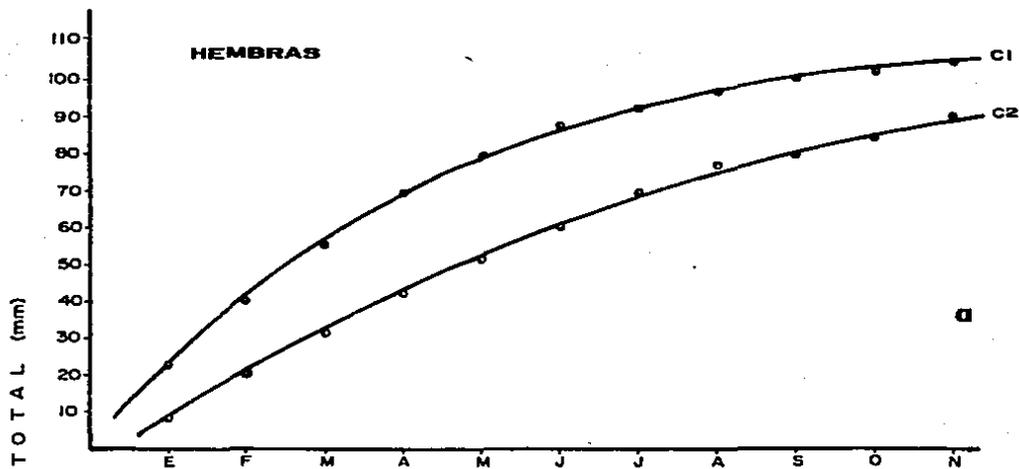


FIG. 4 CURVAS DE CRECIMIENTO EN LONGITUD PARA *M. tenellum*

Tabla 6. Coeficiente de Correlación (r)

Cohorte	r	r ²	EE	t-Students	
				r _{cal}	t _{0.05}
C1	0.994	0.988	0.0122	81.92	2.306
C2	0.999	0.998	0.0229	43.57	2.306
C3	0.999	0.998	0.0100	99.97	2.306
C4	0.999	0.998	0.0150	66.62	2.306

Como se puede observar el r_{cal} fue mucho mayor que el valor de t de tablas por lo cual se acepta H_A ; es decir el coeficiente de correlación tiene un valor diferente de cero. Esto debido principalmente al método utilizado, ya que lo que hace es correlacionar la misma variable, pero desplazada en tiempo lo cual da una alta significancia estadística, observable además en los altos valores de r y r^2 , así como en el pequeño valor del error estándar.

Pendiente (b)

Hipótesis planteadas:

$$H_0: b = 0$$

$$H_A: b \neq 0.$$

Para un alfa de 0.05 se obtuvo los resultados siguientes:

Tabla 7. Pendiente (b)

Cohorte	b	EE	IC	t-Students	
				r _{cal}	t _{0.05}
C1	0.7967	0.0099	0.0228	80.48	2.306
C2	0.8993	0.0208	0.0480	43.30	2.306
C3	0.7382	0.0074	0.0171	100.14	2.306
C4	0.7935	0.0117	0.0270	67.91	2.306

De acuerdo a la prueba aplicada se acepta la hipótesis alternativa H_A ; es decir, que las pendientes halladas presentan un valor diferente de cero. Se presenta también el valor del error estándar (EE) y del intervalos de confianza (IC) del 95%.

Intercepto (a)

Se plantean las siguientes hipótesis:

$$H_0: a = 0$$

$$H_A: a \neq 0.$$

Para un alfa de 0.05 se obtuvo los siguientes resultados:

Tabla B. Intercepto (a)

Cohorte	a	EE	IC	r _{calc}	t-Studenta t _{0.05,8}
C1	23.399	0.7789	1.7961	30.04	2.306
C2	13.414	1.5839	3.6525	8.47	2.306
C3	37.208	0.7700	1.7756	48.32	2.306
C4	27.844	1.0272	2.3687	27.11	2.306

Se prueba que el origen de la recta no es el cero; es decir se acepta H_A , siendo C2 la cohorte que más cerca estuvo del valor de t de tablas pues es la más cercana al origen de coordenadas (Fig. 4a).

Análisis de Covarianza

Se determina las diferencias o semejanzas entre las pendientes y los interceptos de las rectas de regresión lineal calculadas.

Prueba para las pendientes

Se plantean las siguientes hipótesis:

$$H_0: b_1 = b_2 = \dots = b_n$$

$$H_A: b_1 \neq b_2 \neq \dots \neq b_n.$$

Con un alfa de 0.05 se obtuvo la siguiente tabla:

Tabla 9. Analisis de covarianza

k	A	B	C	b	SCR	GLR
1	6732.500	4278.125	5363.500	0.7967	5.2498	8
2	6166.756	5008.641	5345.796	0.8993	21.2776	8
3	12279.400	6697.525	9065.100	0.7382	5.3382	8
4	11514.900	7263.600	9137.550	0.7935	12.5760	8
"Pool"					44.4416	32
Común	36693.556	23247.891	29111.946		151.0453	35
Total	47607.144	35995.359	40894.774		866.5443	38

Aplicando la ecuación (15) se obtiene la F calculada:

$$F = \frac{\frac{151.0453 - 44.4416}{4 - 1}}{\frac{44.4416}{32}} = 25.59$$

Si se compara el valor de F calculada con el de $F_{0.05, 3, 32}$ que es igual a 2.904, se concluye que hay diferencias entre las pendientes probadas (Tabla 7), por lo tanto se acepta H_A y en consecuencia los coeficientes de crecimiento también presentan diferencias significativas en sus valores calculados (Tabla 5).

Prueba para los interceptos

Se determinaron las diferencias o semejanzas entre los interceptos mediante el siguiente cálculo (ecuación 19):

$$F = \frac{\frac{866.5443 - 151.0453}{4 - 1}}{\frac{151.0453}{35}} = 55.26$$

Comparando el valor de 55.26 con el de $F_{0.05, 3, 35}$ que es igual a 2.88, concluimos que existen diferencias entre los interceptos considerados; por lo tanto, los valores de las longitudes asintóticas (Tabla 5) son estadísticamente diferentes.

Análisis de Varianza

Debido a que se encontraron diferencias entre las pendientes e interceptos mediante el análisis de covarianza, queda ahora por determinar entre cuáles pendientes (ó interceptos) existe diferencias ó semejanzas. Para lo cual se aplica el procedimiento de comparación múltiple (SNK) y se plantean las siguientes hipótesis:

$$H_0: b_A = b_B$$

$$H_A: b_A \neq b_B$$

para lo cual se ordenan en forma descendente los valores de las pendientes consideradas (Tabla 7):

C2 C1 C4 C3
 0.8993 > 0.7967 > 0.7935 > 0.7382

Tabla 10. Comparaciones entre pendientes

A contra B	q _{calc}	q _{ce,α,p}	Se acepta
C2 - C3	17.87	3.83	H _A
C2 - C4	6.52	3.48	H _A
C2 - C1	6.40	2.88	H _A
C1 - C4	0.27	2.88	H ₀
C1 - C3	6.70	3.48	H _A
C4 - C3	5.70	2.88	H _A

De la Tabla 10 se concluye que solamente las cohortes C1 y C4 pueden poseer valores de tasas de crecimiento iguales, en el resto existen diferencias significativas. Aplicando la ecuación (22) se calcula un solo valor para las cohortes C1 y C4, el cual resulta igual a 0.7947 que transformado a valores de la constante de crecimiento (K) es igual a 0.2298 con un Error Estándar de 0.00013 y un Intervalo de Confianza de 0.00038.

Para el caso de los interceptos se prueban las siguientes hipótesis:

$$H_0 : \alpha_A = \alpha_B$$

$$H_A : \alpha_A \neq \alpha_B$$

entonces ordenaremos los valores de los interceptos calculados en la siguiente forma:

C3 C4 C1 C2
 37.207 > 27.844 > 23.40 > 13.414

Tabla 11. Comparaciones entre interceptos

A contra B	$Q_{0.01}$	$Q_{0.05, 22, 1}$	Se acepta
C3 - C2	25.94	3.83	H_A
C3 - C1	33.48	3.48	H_A
C3 - C4	19.19	2.88	H_A
C4 - C2	15.80	3.48	H_A
C4 - C1	12.91	2.88	H_A
C1 - C2	8.18	2.88	H_A

De la Tabla 11 se puede concluir que los cuatro interceptos calculados presentan diferencias significativas, por lo tanto cada uno de ellos determina el valor de la longitud asintótica (L_{∞}) en forma independiente.

Para resumir los valores de los parámetros de crecimiento del *M. tenellum* se presenta la tabla que considera el límite superior e inferior de cada una de las curvas calculadas, esto como productos de haber agregado los intervalos de confianza a cada una de ellas.

Tabla 12. Intervalos para las curvas de crecimiento

Cohorte	Ecuación
C1	$L_u = 117.84 (1 - \exp(-0.2296(t-0.0154)))$ $L_l = 110.11 (1 - \exp(-0.2300(t-0.0154)))$
C2	$L_u = 187.71 (1 - \exp(-0.0833(t-0.3630)))$ $L_l = 97.37 (1 - \exp(-0.1295(t-0.3630)))$
C3	$L_u = 149.28 (1 - \exp(-0.2936(t-0.4183)))$ $L_l = 135.35 (1 - \exp(-0.3136(t-0.4183)))$
C4	$L_u = 140.72 (1 - \exp(-0.2296(t-0.6122)))$ $L_l = 130.54 (1 - \exp(-0.2300(t-0.6122)))$

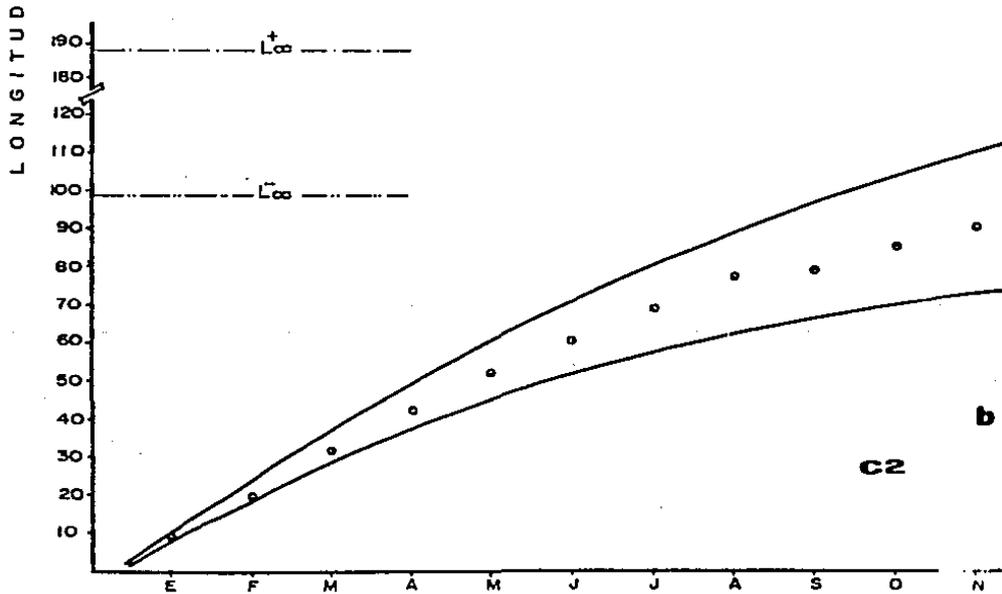
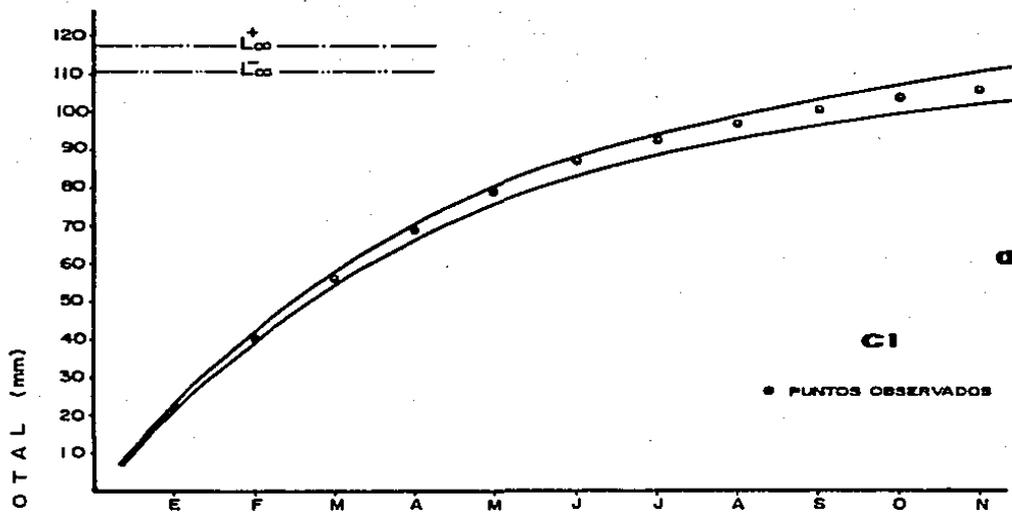


FIG. 5 INTERVALO DE CONFIANZA DE LAS CURVAS DE CRECIMIENTO

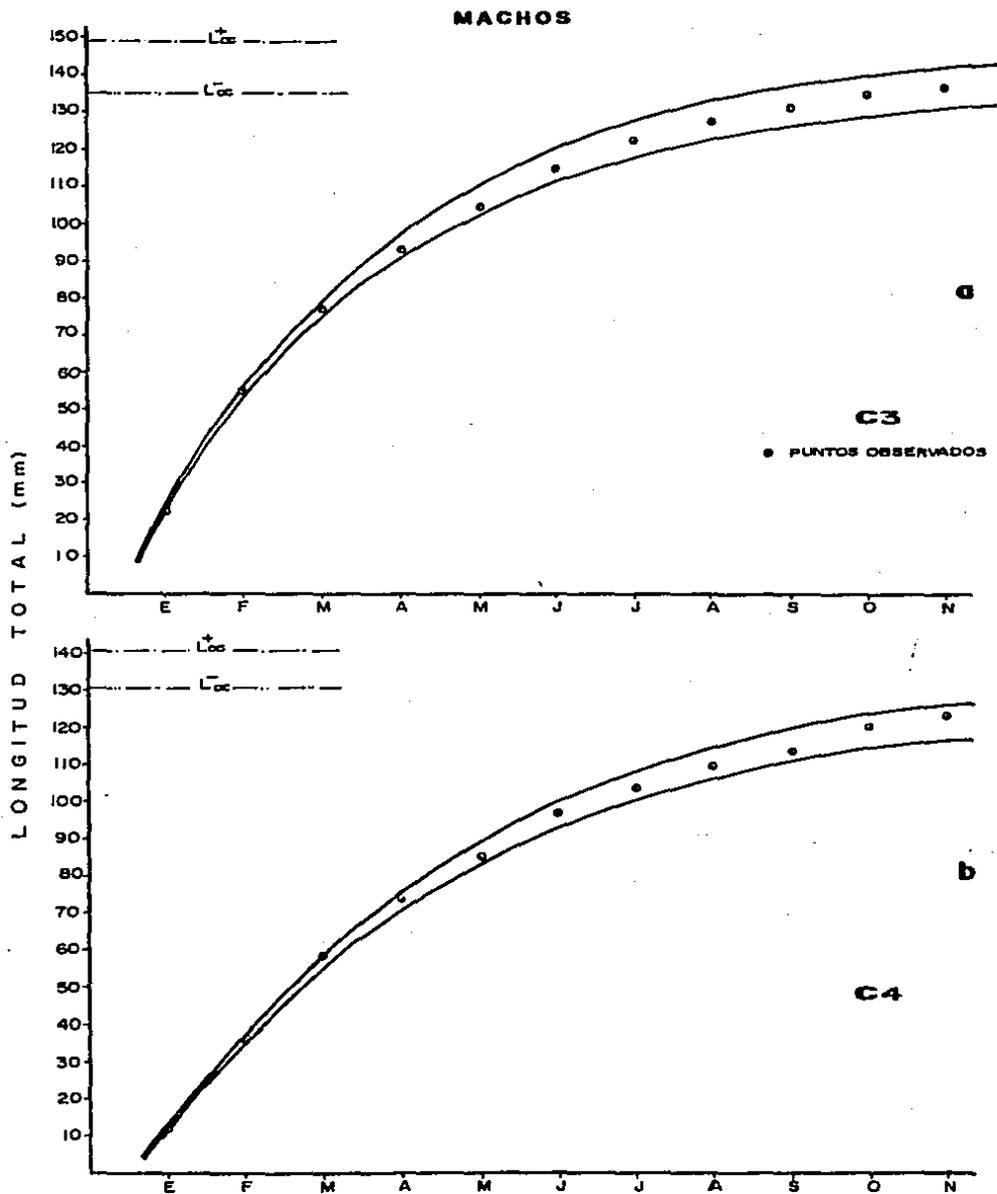


FIG. 6 INTERVALO DE CONFIANZA DE LAS CURVAS DE CRECIMIENTO

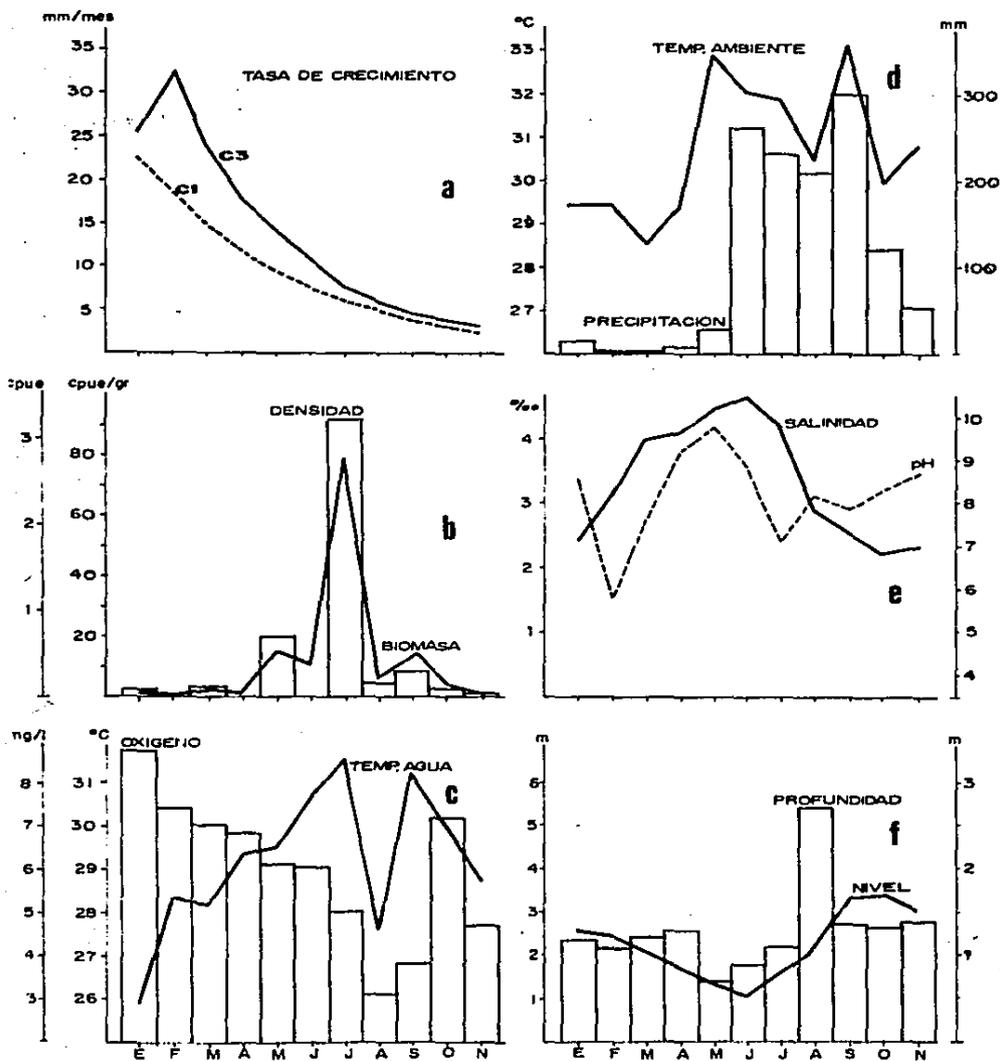


FIG.7 COMPORTAMIENTO ANUAL DE LOS PARAMETROS BIOLÓGICOS Y MEDIO AMBIENTALES EN LA LAGUNA DE TRES PALOS, GRO.

VI.4 EL CRECIMIENTO Y SU RELACION CON LOS PARAMETROS BIOLÓGICOS Y MEDIO AMBIENTALES

Análisis de Cómulo

Como puede apreciarse en las figuras 8, 9, 10 y 11 que son los dendrogramas elaborados para las cuatro cohortes en estudio, el agrupamiento obtenido mantiene un mismo patrón, variando solamente en el nivel en que se asocian las variables consideradas debido esto a que es el valor de la tasa de crecimiento la que varía en cada cohorte. Describiendo entonces para la cohorte de hembras C1 (Fig. 8a) y escogiendo el nivel de 0.25 de similitud, se puede observar la formación de 3 grupos y un parámetro aislado, que es el pH. En el primer grupo (de izquierda a derecha) están asociados la tasa de crecimiento y el oxígeno, en el segundo grupo se puede apreciar 2 subgrupos y un parámetro aislado, la salinidad; en el primer subgrupo y con un alto coeficiente de similitud se encuentran la biomasa y la densidad y en el segundo subgrupo están la temperatura ambiente, la precipitación y la temperatura del agua. Finalmente en el tercer grupo se hallan asociadas el nivel de la laguna y la profundidad.

A un nivel de 0.5 aparecen 2 grupos y 4 parámetros aislados; es de hacer notar que la temperatura y la precipitación están asociadas a la biomasa y la densidad y que a su vez los parámetros muy asociados al efecto de la precipitación, como son la salinidad, el nivel y la profundidad de la laguna se encuentran asociados a valores más bajos que 0.5. Finalmente a un nivel de similaridad de 0.75 sólo aparecen 2 grupos altamente

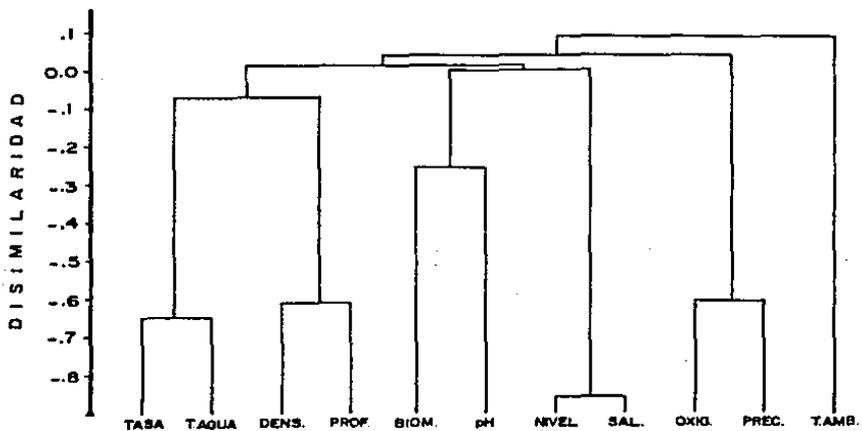
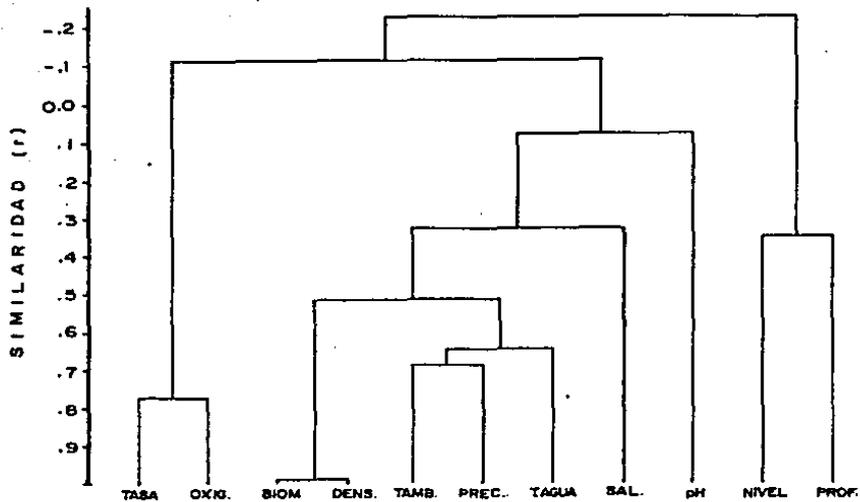


FIG. 8 DENDROGRAMA PARA HEMBRAS C1

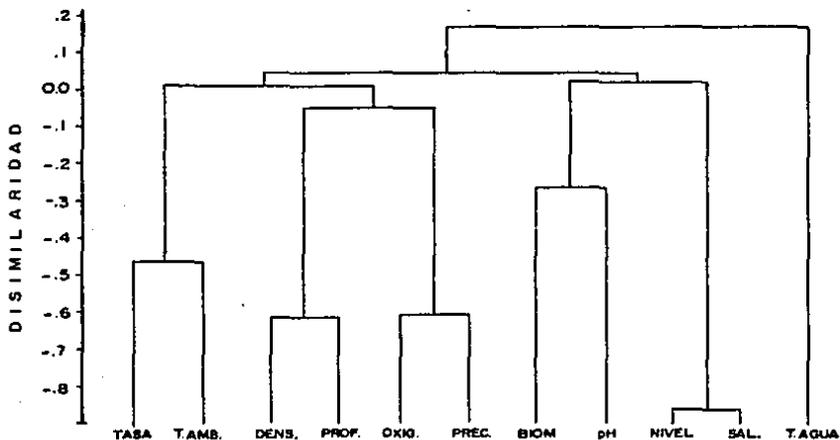
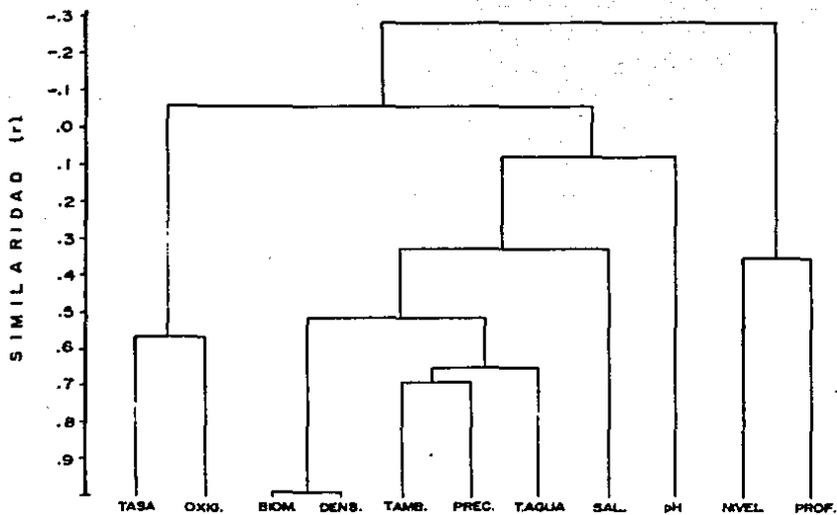


FIG.9 DENDROGRAMA PARA HEMBRAS C2

correlacionados; la tasa de crecimiento y el oxígeno y la biomasa con la densidad de los organismos.

Para la fig. 8b y correspondiendo a la gráfica de disimilaridad podemos observar, a un nivel de -0.25 , la formación de 5 grupos; cada uno de estos formados por un par de parámetros que en cada caso son: tasa y temperatura del agua; densidad y profundidad; biomasa y pH; nivel y salinidad; oxígeno y precipitación, quedando la temperatura ambiente en forma aislada.

Como ya se ha mencionado, la diferencia entre el agrupamiento obtenido para C1 y C2 es sólo en el grado de asociación, manifestándose esto principalmente entre la tasa de crecimiento y el oxígeno más no así para el resto de parámetros que como ya se ha dicho, es el mismo. Para el caso de la disimilaridad (Fig. 8b) y para la cohorte C1, la tasa está agrupada a la temperatura agua, en cambio en la cohorte C2, está con la temperatura ambiente (Fig. 9); en ambos casos la temperatura es un parámetro que se presenta en relación inversa a la tasa.

Por último, se menciona que el coeficiente de correlación cofenético (CCC) para la cohorte C1 fue de 0.7540 y para la cohorte C2 fue de 0.8184 , lo cual indica que el dendrograma resultante es una buena representación de la matriz de correlación de los parámetros analizados (Crisci y López, 1983).

La descripción de los dendrogramas para los machos (Fig. 10 y 11) es semejante al de las hembras; se menciona nada más que en el agrupamiento de disimilaridades y para la cohorte C3 la precipitación está asociada a la tasa de crecimiento y para la cohorte C4 la precipitación está con la temperatura ambiente. Con respecto al coeficiente de correlación cofenético se obtuvieron

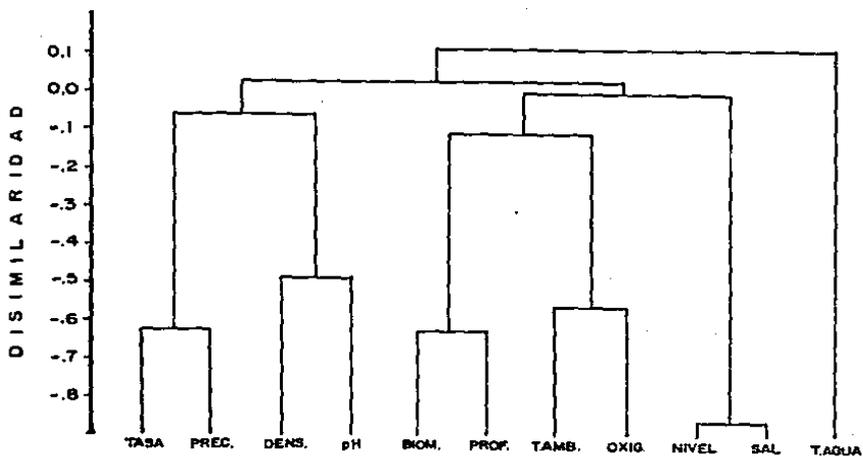
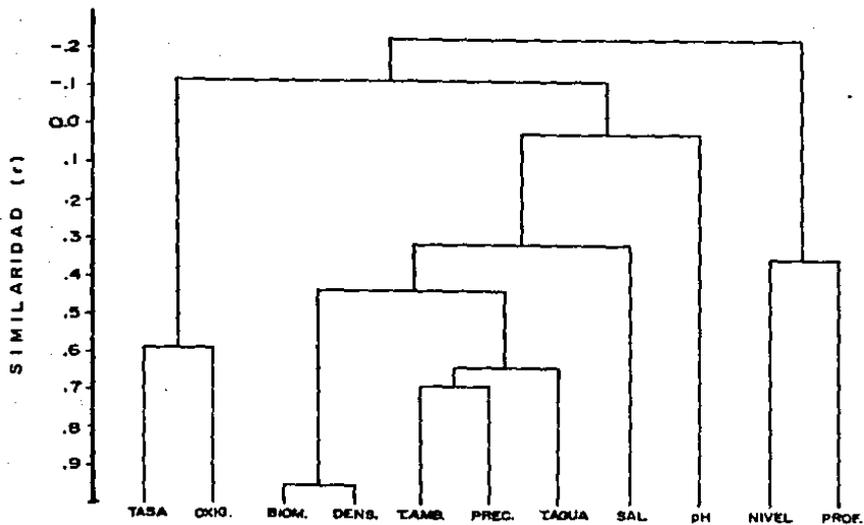


FIG.10 DENDROGRAMA PARA MACHOS C3

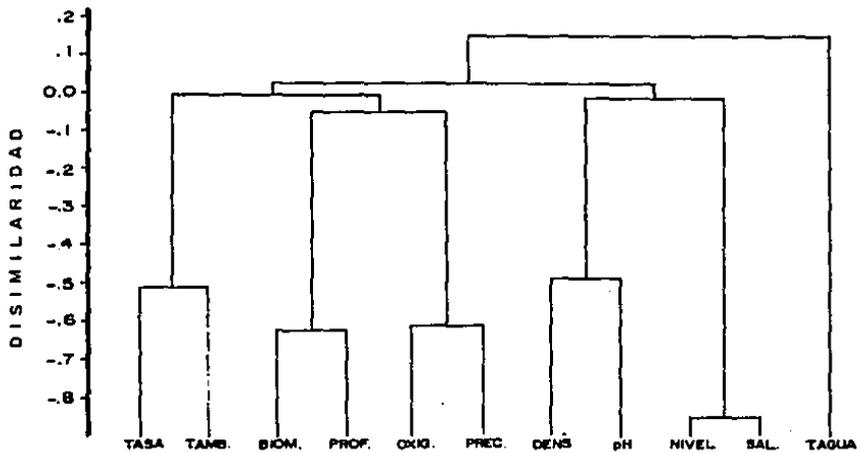
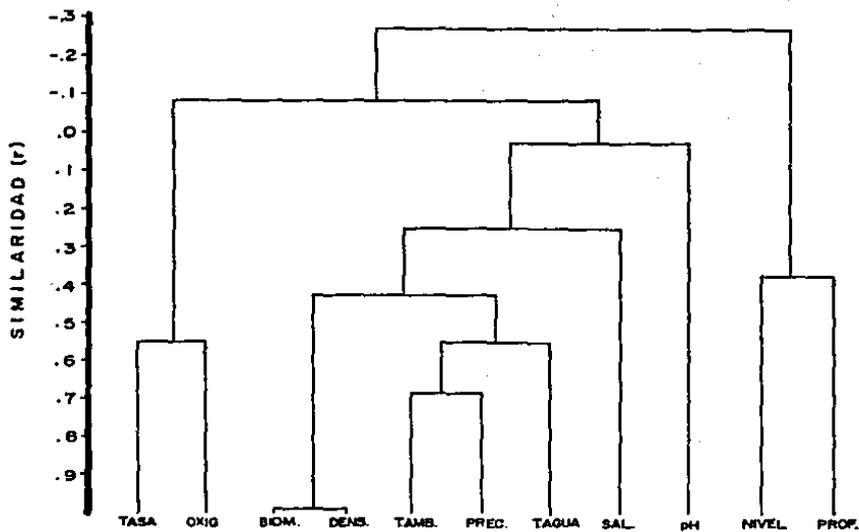


FIG. 11 DENDROGRAMA PARA MACHOS C4

los valores de 0.8169 y 0.7912 para las cohortes C3 y C4 respectivamente.

Análisis de Componentes Principales.

Se reporta para cada una de las cohortes estudiadas sus eigenvalores calculados, porcentajes y porcentajes acumulados.

Tabla 13. Hembras C1

Componente	Eigenvalor	%	% acumulado
I	4.4568	43.66	43.66
II	2.8303	27.73	71.39
III	1.5132	14.82	86.22
IV	0.9283	9.09	95.30
V	0.4772	4.68	99.99

Se observa que con sólo 2 factores se podría representar la Fig. 12a, puesto que ellos suman más del 70%; pero se decidió uniformizar a 3 componentes las gráficas que muestren la disposición de las variables en el espacio multifactorial. Para las hembras C1 la tasa de crecimiento mantiene un comportamiento inverso con la biomasa, la densidad, la temperatura del agua y del ambiente, la precipitación y la salinidad; pero es directa con el oxígeno, el nivel de la laguna, el pH y la profundidad. En el componente II, la relación es directa con el oxígeno, biomasa, densidad, salinidad y el pH e inversa con el resto de parámetros. Para el componente III, la tasa de crecimiento mantiene una relación directa con el oxígeno, la biomasa, la densidad, temperatura del agua, la precipitación y el nivel, e inversa con la temperatura ambiente, la salinidad, pH y la profundidad.

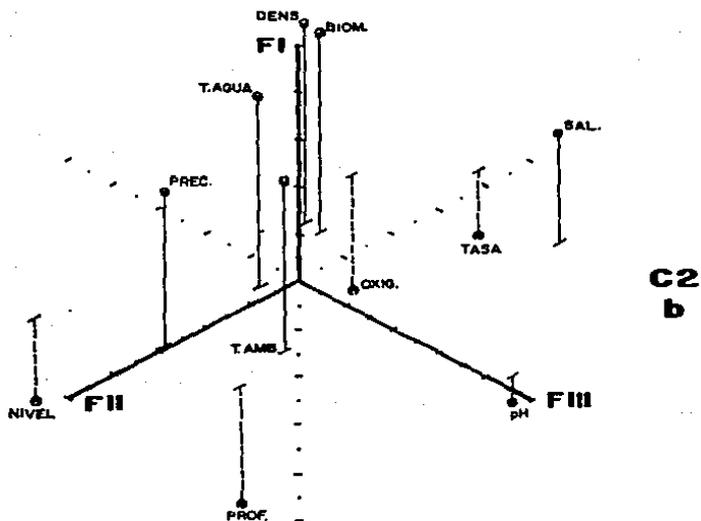
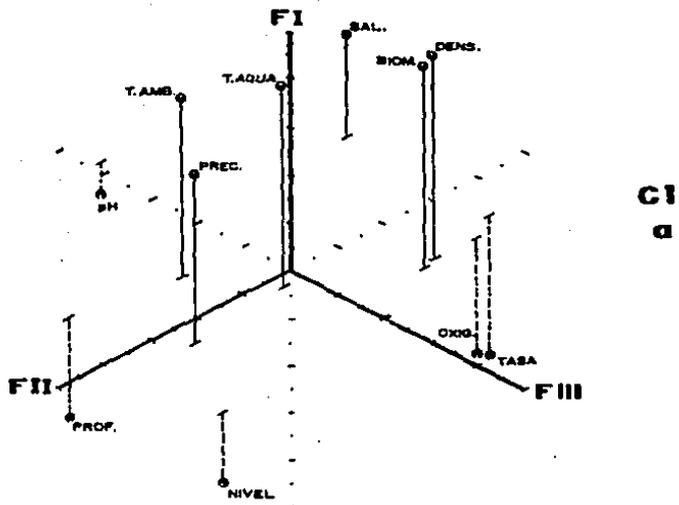


FIG. 12 ANALISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES PARA LAS HEMBRAS

Se identifica el eje positivo del componente I con un componente físico dado por la temperatura del agua y la temperatura ambiental. El eje negativo de este mismo componente no está bien definido, aunque creemos que la profundidad y el nivel de la laguna le manifiestan cierta característica. El componente II positivo está influenciado principalmente por la precipitación pluvial con sus consecuencias en la profundidad y el nivel, por lo que éstos parámetros se encuentran de este lado. Así mismo, el anterior comportamiento trae como consecuencia que la salinidad muestre una relación inversa a la precipitación por lo que ésta se encuentra en el lado negativo del componente II, el cual lo identificamos con un componente altamente biológico dado por la relación oxígeno- tasa de crecimiento y por la biomasa-densidad de los organismos, aunque en forma inversa. El componente III no se encuentra bien definido con respecto a los otros parámetros aunque sí muy bien con respecto al pH en el lado negativo de este componente.

Para el caso de la hembras de la cohorte C2, se presenta la siguiente tabla:

Tabla 14. Hembras C2

Componente	Eigenvalor	%	% acumulado
I	4.2361	40.93	40.93
II	3.0190	29.17	70.10
III	1.4708	14.21	84.31
IV	0.9783	9.45	93.76
V	0.6445	6.23	99.99

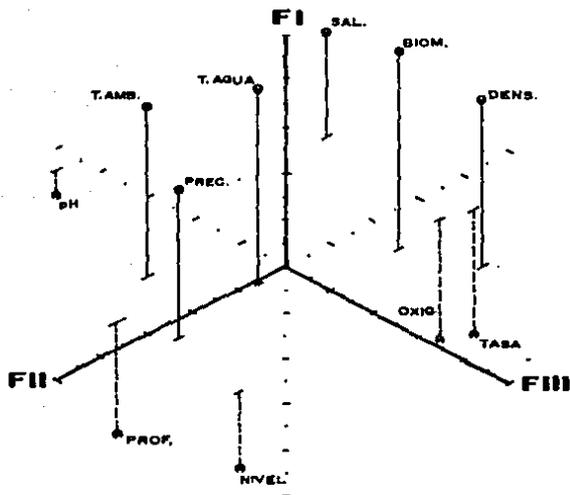
En donde se puede observar que con el tercer componente se explica el 84.31% de la variabilidad total de los datos, produciéndose una ordenación muy parecida que para la hembras C1, en cuanto a las relaciones que presenta la tasa de crecimiento y los 10 parámetros restantes; pero diferenciadas en la posición en que se encuentran en el espacio multifactorial; es decir, debido al efecto de la variación de la tasa de crecimiento la disposición de los parámetros es cambiada (Fig. 12b) manifestándose esto muy claramente en la posición que se encuentra ocupando el pH, que ahora está en el eje positivo del componente III, cuando en C1 se encontraba en el negativo.

Se presenta la Tabla 15 para la cohorte de machos C3.

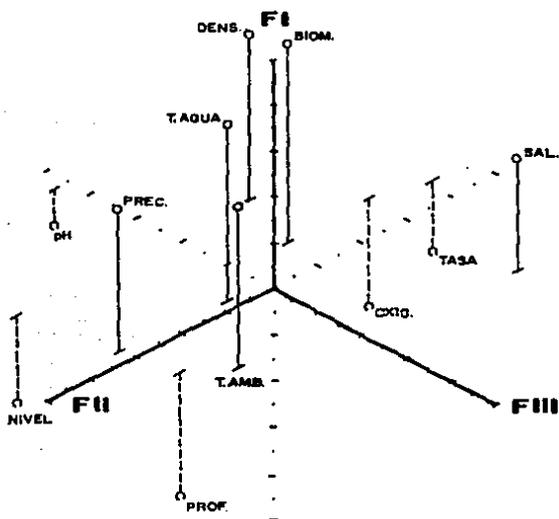
Tabla 15. Machos C3

Componente	Eigenvalor	%	% acumulado
I	4.2138	40.72	40.72
II	2.8762	27.80	68.52
III	1.6431	15.88	84.40
IV	1.0586	10.23	94.63
V	0.5551	5.36	99.99

En este caso tres componentes conforman el 84.40% de la variabilidad total de los datos siendo el patrón de disposición de los parámetros (Fig. 13) muy semejante con el de hembras C1, pero dado que la tasa de crecimiento de C3 es mayor en valores absolutos, entonces esto se ve reflejado en una mayor distancia de separación entre los parámetros más correlacionados, como son .



C3
a



C4
b

FIG.13 ANALISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES PARA LOS MACHOS

densidad y la biomasa y la tasa de crecimiento y el oxígeno. Se mantiene la misma definición de los ejes de los componentes que en el caso de las hembras.

Por último, para la cohorte de machos C4 se reporta lo siguiente:

Tabla 16. Machos C4

Componente	Eigenvalor	%	% acumulado
I	4.0496	39.04	39.04
II	3.0178	29.09	68.13
III	1.6253	15.67	83.80
IV	1.0146	9.78	93.58
V	0.6663	6.42	100.00

Con igual disposición de los parámetros que en las hembras C2 y con un 83.30% de variabilidad explicada.

Modelo de Regresión Múltiple

Inicialmente se consideraron las 11 variables de estudio (Tabla 2 y 3), observándose que se presentaba el problema de colinearidad, que es un aspecto de alta correlación entre las variables como lo es entre la densidad y la biomasa, la salinidad y el nivel y finalmente la precipitación y la temperatura del agua, por lo que sólo se utilizaron 7 variables independientes.

Tabla 17. Matriz de Correlación

	TASA (L)	DENS (D)	T.AGUA (T)	OXIG (O)	SAL (S)	pH (P)	OXI-TA (OT)
TASA	1.0000						
DENS	-0.2395	1.0000					
T.AGUA	-0.4872	0.5581	1.0000				
OXIG	0.5992	-0.3454	-0.4007	1.0000			
SAL	0.3486	0.3493	0.2781	-0.0811	1.0000		
pH	-0.1692	-0.1825	0.0513	-0.04530	0.3161	1.0000	
OXI-TA	0.5213	-0.2543	-0.1836	0.9724	0.0636	-0.0248	1.0000
OXI-DEN	-0.2298	0.9984	0.5678	-0.3221	0.3784	-0.1529	0.2259

De la tabla 17 se observa que la tasa de crecimiento presenta la correlación más alta con el oxígeno disuelto, a un valor de 0.5992, seguido por la interacción Oxi-ta ($r=0.5213$), esto ocasionado por el efecto combinado del oxígeno con la temperatura del agua que al ser positivo nos está indicando un efecto directo sobre la tasa de crecimiento, a diferencia de la variable Oxi-den que es de correlación baja y de signo negativo (-0.2298). Quien presenta la mayor correlación negativa es la temperatura del agua, con un -0.4872 , seguida por la densidad (-0.2395) y por último el pH con un -0.1692 . Para el caso de cada una de las variables, anotaremos que sobre la densidad de los organismos, tiene un efecto muy importante la interacción que considera al oxígeno y la densidad ($r=0.9984$), seguida por la temperatura del agua ($r=0.5581$) que al tener signo positivo nos indicaría su efecto directo sobre la densidad, no ocurriendo lo mismo con el oxígeno que es negativo ($r=-0.3454$) con lo cual comprobamos que a mayor densidad de organismos, menos es la cantidad de oxígeno disuelto

disponible en el medio acuático.

Es importante señalar que los coeficientes de correlación más altos siempre están asociados a los parámetros biológicos; es decir, a la tasa y densidad, mostrando la incidencia de los parámetros físico-químicos sobre ellos, en el resto de casos siempre son muy bajos, como entre el pH y la temperatura del agua (0.0513), la salinidad y el oxígeno (-0.0181), pH y oxígeno (-0.0453).

Se reportan a continuación los resultados obtenidos para el modelo de correlación múltiple:

Tabla 18. Variables consideradas en el modelo

Variable	B_k	% explicado	% acumulativo
(O) Oxígeno	1.86962	35.91	35.91
(OT) Oxi-ta	-0.06077	17.15	53.06
(S) Salinidad	0.55695	12.92	65.98
(P) pH	-0.20607	7.96	73.94
(OD) Oxi-den	-0.04273	3.51	77.45
Sexo	0.18307	2.47	79.92
(T) Temp. Agua	0.21417	1.01	80.93
Constante	-5.05224		
r múltiple	0.89971		
r^2	0.80949		
Error est.	0.30468		

Como puede observarse, el parámetro que mayor peso en la determinación de la tasa de crecimiento es el oxígeno disuelto el cual explica el 35.91 % de la variabilidad total en el modelo, que conjuntamente con la interacción Oxígeno-Temperatura del agua y la salinidad explican el 65.98 %. Un hecho sobresaliente es que el parámetro densidad no es

considerado dentro del modelo debido que presentó la más baja significancia de todos los considerados. Así mismo como puede observarse el modelo explica el 80.95% que consideramos como bastante aceptable para efectos de predicción.

Finalmente las ecuaciones para cada uno de los sexos son:

Hembras:

$$L = \exp(-5.05224 + 1.86962 (O) - 0.06077 (OT) + 0.55695 (S) - 0.20607 (P) - 0.04273 (OD) + 0.21417 (T))$$

Machos:

$$L = \exp(-4.86917 + 1.86962 (O) - 0.06077 (OT) + 0.55695 (S) - 0.20607 (P) - 0.04273 (OD) + 0.21417 (T))$$

DISCUSION

ANALISIS DEL CRECIMIENTO

A lo largo del ciclo muestreado se encontró un mayor número de cohortes de organismos machos que de hembras presentando los primeros un intervalo de distribución de tallas más amplio, lo que parece ser una característica de la especie, dado que tanto Román (1979) como Guzmán (1987) reportan siempre un mayor número de cohortes de organismos machos que de hembras. Esto mismo proporcionó una composición de tallas muy definida para los meses en que la pesca se intensifica, época que generalmente ocurre de junio a septiembre en la cual predominaron las tallas de 50 a 80 mm en las hembras y de 55 a 110 mm en los machos, lo cual está asociado a un considerable aumento de la biomasa y del número de individuos (Tabla 3).

Del análisis de los histogramas de frecuencias, así como de la separación de las cohortes presentes, se observó que la talla promedio de ingreso a la población fue de 22.5 mm, tanto para las hembras como para los machos, lo cual resulta un dato muy similar al reportado por Román (1979) que menciona los 20 mm para que *M. tenellum* realice dicho ingreso. Esta talla fue encontrada en el mes de enero marcando el inicio del reclutamiento de la especie, proceso que llega hasta el mes de marzo (Fig. 3; Román, 1979), aunque cabe mencionar el dato de Guzmán (1987) que da al mes de

mayo como el de mayor incorporación de organismos jóvenes a la población.

ANALISIS ESTADISTICO

Con respecto a las curvas de crecimiento calculadas, éstas resultaron del seguimiento de tres cohortes bien definidas en las hembras y de cinco en los machos (Fig. 3) que tal como lo mencionan Román y Guzmán (op.cit.) en realidad pudieran ser más esto debido a que *M. teneilum* se reproduce todo el año, lo que ocasiona que existan cohortes que se están reemplazando continuamente a lo largo del año, aumentando por lo tanto la dificultad de separarlas o identificarlas con precisión. El hecho de que C1 y C3 presenten tallas más grandes que C2 y C4 respectivamente, obedece simplemente a que ellas aparecieron primero que las otras, es decir, se encuentran desfasadas en tiempo. Además existen dos factores que hacen que las curvas de crecimiento sufran una disminución en su pendiente, primero, al cambio drástico en la tasa de crecimiento como consecuencia de que el organismo alcanza la madurez sexual y que en el *M. teneilum* se produce a los 5 meses en hembras y a los 6 en los machos (Guzmán, 1987) y segundo por que las tallas modales de C2 y C4 son afectadas por el mayor esfuerzo pesquero que se produce precisamente en los meses en que están alcanzando su máximo crecimiento. Pero que pasado dicho periodo, la tasa de crecimiento mantiene valores parecidos a lo largo del ciclo de crecimiento de la especie, puesto que si se observa la Tabla 3 se verá que las tasas de las cohortes estudiadas son muy parecidas aunque

desfasadas con un mes de diferencia. Esto mismo se mencionará más adelante cuando se discuta el análisis de varianza para cada una de las cohortes. Es importante remarcar que pasada la época de pesca las tasas de crecimiento de las cohortes C2 y C4 son más altas que C1 y C3 lo cual muestra el real crecimiento de la especie, así como se corrobora la importancia de la presión que ejerce el esfuerzo pesquero sobre las tallas medias.

Con respecto al análisis estadístico aplicado a los parámetros poblacionales que definen la curva de crecimiento propuesta por von Bertalanffy, se puede decir que se encontraron diferencias significativas entre los coeficientes de crecimiento (K), lo cual lleva a concluir que los machos alcanzan tallas más grandes y en tiempos más cortos que las hembras (Tabla 4). En un marco general el método utilizado no detectó diferencias en el crecimiento entre organismos del mismo sexo, esto cuando se compararon las cohortes C1-C2 (hembras) y C3-C4 (machos) por lo que se piensa que *M. tignellum* no presenta un crecimiento diferencial producido por otro factor -estacionalidad por ejemplo- que no sea la propia característica biológica (dimorfismo sexual) de la especie. Por lo tanto se propone como curvas de crecimiento promedio de *M. tignellum* aquellas cohortes que aparecen inmediatamente después del desove máximo, que ocurre en el mes de octubre y que en el presente estudio, si se toma en cuenta los 17 días de desarrollo embrionario (en condiciones de laboratorio; Guzmán, 1987) y los 24 días de desarrollo larval (Cabrera et al, 1979) entonces es posible que tanto la cohorte C1 y C3 sean las que provienen del mes de octubre y las que mejor representen al crecimiento promedio de la especie.

Con respecto a los intervalos de confianza calculados para la longitud asintótica, éstos resultaron satisfactorios para las dos cohortes ya mencionadas, más no así para C2 que sobreestimó la talla del intervalo superior de L_{∞} así como subestimó la talla de C_4 , en el caso de los machos. Podemos agregar que de acuerdo a los intervalos calculados los organismos hembras que tengan 9 meses de edad pueden presentar una variabilidad de 7.5 mm, longitud que en organismos de 4 meses puede representar 25 días de diferencia y en el caso de los machos los 9 meses representan 11.25 mm de variabilidad, lo que corresponde a un mes de diferencia.

ANALISIS DE CUMULOS

En lo que concierne a la relación que se establece entre la tasa de crecimiento del *Macrobrachium tenellum* y los parámetros biológicos y los medio ambientales, vemos en primera instancia que la agrupación formada en los dendrogramas, es la misma para las cuatro cohortes, variando solamente en el grado de asociación entre ellos pero no en la disposición general. Por lo tanto se discutirá en función de esta generalidad encontrada y principalmente para las relaciones de similaridad.

Se señala entonces, que los 3 grupos formados (Figs. 8, 9, 10 y 11) muestran claramente las relaciones de causa y efecto entre las variables consideradas. En el caso del primer grupo se manifiesta la relevancia del oxígeno disuelto en el crecimiento de la especie como factor limitante, ya que si se observa la figura 7c se verá que la tendencia de este parámetro es la de disminu-

gradualmente desde el comienzo del año hasta septiembre que es cuando empieza a recuperarse, lo que estaría indicando su efecto directo precisamente en los primeros meses de crecimiento de la especie; es decir, de enero a julio época en que la tasa es más alta (Fig. 7a), época en que además los organismos jóvenes se están reclutando a la pesquería (Fig. 3). Todo lo anteriormente mencionado concuerda con lo reportado por Guzmán (1987) cuando dice que los organismos más jóvenes requieren profundidades menores, temperaturas más bajas, salinidades y oxígeno más alto y menor turbidez, por lo que si observa la figura 7 se verá que esa es exactamente la distribución que siguen los parámetros mencionados por dicho autor. Así mismo es interesante señalar la relación inversa que se establece entre el oxígeno disuelto y la temperatura del agua (Fig. 7c) la cual aumenta en el período mencionado, ocasionando la disminución del primero e incidiendo en la tasa de crecimiento tal como se mencionó anteriormente.

En el segundo grupo formado en el dendrograma (Figs. 8a y 10a) es más importante, por un lado, la asociación existente entre la temperatura ambiente, precipitación y la temperatura del agua, que entre la biomasa y densidad de los organismos ya que esto es nada más que la manifestación de una misma variable biológica. Por el otro lado, el agrupamiento anterior no muestra el comportamiento que menciona Román (1979) en el sentido de que la biomasa mantiene una relación inversa con la temperatura, puesto que si se observa las figuras 7a y 7c, se verá que el valor máximo de la temperatura del agua y ambiental coinciden con el de mayor abundancia de la especie (en número de organismos y biomasa). En cambio, dicho comportamiento, coincide con lo reportado por Guzmán

(1987) cuando correlaciona altamente a las hembras ovigeras con la salinidad y a las hembras maduras con la temperatura. En este mismo grupo se observa que el efecto de la precipitación se hace evidente en la salinidad que está unida al grupo, pero a un nivel más bajo, lo mismo que el pH. Con esto se quiere señalar que cuando el organismo es pequeño y de tasas altas de crecimiento, no sufre el efecto tan determinante de la falta de oxígeno (Fig. 7c) y la disminución de la salinidad, que en cambio, es tan importante en la época de reproducción (Tomé, 1988). Por lo tanto creemos que el efecto de todos los parámetros mencionados anteriormente, se manifiesta principalmente cuando los organismos han alcanzado las tallas más grandes, cuando son comercialmente explotados y cuando han alcanzado la talla de madurez, esto es a partir del séptimo mes aproximadamente.

ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES Y REGRESIÓN MÚLTIPLE

Sobre la base de una matriz de correlaciones se pueden extraer los componentes principales de un conjunto de variables, esto como un intento de reducir su número y mostrar además mediante este procedimiento que las variables que tienen tendencia a variar juntas aparecen aproximadas (Margalef, 1982) como es el caso entre la biomasa-densidad y la tasa de crecimiento del *M. tenellus* (Figs. 12 y 13) lo cual muestra la relación mencionada por Peebles (1979) en donde un aumento del número de organismos aumenta la competencia entre ellos y por lo tanto, su influencia sobre la tasa de crecimiento. Esto mismo pudo observarse en el análisis de regresión múltiple en donde la correlación entre la

densidad y la tasa es de índole negativa (-0.2395) y corroborada con la interacción Oxi-den (-0.2298) (Tabla 17).

Del análisis de componentes principales se deduce que la tasa de crecimiento del *M. lenellum* mantiene una relación inversa con los parámetros climatológicos (temperatura ambiente y precipitación) que a su vez influyen sobre la temperatura del agua y la salinidad, por lo que el componente I positivo, queda definido por el factor climático; el componente II positivo, por un factor hidrográfico (profundidad y nivel) y un tercer componente no bien definido que se interpreta como menos importante en el sistema (Figs. 12 y 13).

Con respecto al análisis de regresión múltiple, dos hechos resultan importantes. Uno, el que sea el oxígeno disuelto el que explique la tercera parte de la variabilidad que presenta la tasa de crecimiento en el modelo propuesto (Tabla 18) y dos, que la densidad no haya sido considerada como variable significativa en la regresión; pero esto porque su efecto se halla involucrado en la interacción oxígeno-densidad (Oxi-den) y no porque en realidad ella no signifique nada, ya que desde el punto de vista biológico, la densidad es uno de los mecanismos de control en las poblaciones, las cuales disminuyen su tasa de natalidad o aumenta la de mortalidad cuando ésta es alta (Krebs, 1972). Además el crecimiento depende de la cantidad de alimento disponible (Margalef, 1985) y, por tanto, de si este a de distribuirse entre un número mayor o menor de individuos; es decir, de la densidad.

CONCLUSIONES

1. El método estadístico propuesto (análisis de covarianza) fue adecuado para determinar las diferencias entre las curvas de crecimiento calculadas, por lo que se pudo individualizar los parámetros poblacionales del *Macrobrachium tenellum*, así como definir un área de confianza estadística para las curvas de crecimiento promedio. En consecuencia, aunque la población estudiada proviene de la misma laguna, no se puede considerar (como es en el caso de la obtención de los rendimientos pesqueros) un mismo crecimiento promedio para la especie, sin que se considere el sexo de los organismos.

2. Para iguales tiempos los organismos machos alcanzan mayores tallas que las hembras, por lo que se proponen las siguientes ecuaciones de crecimiento para el langostino *M. tenellum*:

 HEMBRAS: $L_t = 115.07 (1 - \exp(-0.2273(t - 0.0154)))$

 MACHOS : $L_t = 142.14 (1 - \exp(-0.3035(t - 0.4183)))$

3. La incorporación de organismos jóvenes a la población se realiza a la talla promedio de 22.5 mm de longitud total, lo cual corresponde aproximadamente a una edad de 4 meses, si se considera al mes de octubre, como el de mayor desove en la laguna de Tres Palos.

4. Es una característica de la especie presentar un mayor número de cohortes de organismos machos que de hembras.
5. Mediante el análisis estadístico aplicado, se pudo definir en las curvas de crecimiento calculadas, una zona de crecimiento que incluye a un nivel de confianza del 95% los posibles valores que pueden tomar los organismos en su crecimiento. Por lo tanto, las ecuaciones resultantes son:

HEMBRAS-COHORTE C1:

$$L_a = 117.84 (1 - \exp(-0.2296(t - 0.0154)))$$

$$L_a = 110.11 (1 - \exp(-0.2300(t - 0.0154)))$$

MACHOS-COHORTE C3:

$$L_a = 149.28 (1 - \exp(-0.2936(t - 0.4183)))$$

$$L_a = 135.35 (1 - \exp(-0.3136(t - 0.4183)))$$

6. La tasa de crecimiento del *M. tenellum* está asociada a la cantidad de oxígeno disuelto presente en el medio acuático, mientras que parámetros como la temperatura, precipitación y pH determinan las fluctuaciones de la densidad y la biomasa.
7. Las relaciones que se establecen entre la densidad y la pareja tasa de crecimiento-oxígeno son de índole inversas, lo cual corrobora que a mayor cantidad de organismos por área es menor la cantidad de oxígeno disponible en el medio, con lo cual se frena el crecimiento promedio de los organismos.

8. El oxígeno disuelto mostró cuantitativamente ser responsable de 1/3 de la variación de la tasa de crecimiento en el modelo de regresión múltiple calculado para el *M. tenellus*.

LITERATURA CITADA

- ALCOCER, D.J., M. GUZMAN Y B.E. ESCOBAR, 1985. Características morfológicas de seis lagos costeros mexicanos. (En prensa). 19 pp.
- ARANA, M.F. 1974. Experiencias sobre el cultivo del langostino *Macrobrachium americanum* Bate en el nor-oeste de México. Simp. FAO/CARPAS Acuacult. Amer. CARPAS 16/74/SE/19:1-9.
- BHATTACHARYA, C.G. 1967. A simple method of resolutions of a distributions into Gaussian components. *Biometrics*, March. 115-133.
- CABRERA, J.M., M. GUZMAN y K. KENSLER, 1977. *Macrobrachium* fishery and market in Mexico. In Hanson J.A. y Goodwin, H.L. (Edit.). Shrimp and Prawn farming in the Western Hemisphere. Dowden Hutchinson & Ross Inc. Penn. U.S.A., 437 pp.
- CABRERA, J., C. CHAVEZ y C. MARTINEZ. 1979. Fecundidad y cultivo de *Macrobrachium tenellum* (Smith) en el laboratorio. An. Inst. Biol. Univ. Nal. Autón. México 50. Ser. Zoología (1): 127-152.
- CARRILLO, V.F. 1968. Morfología de *Macrobrachium acantacus* (Weigmann) en el estado de Veracruz, México. FAO. Fish. Rep., 2(57): 415-425.
- CRISCI, V.I. y M.A. LOPEZ, 1983. Introducción a la teoría y práctica de la taxonomía numérica. Sria. Gral. OEA. Prog. Reg. de Des. Cient. y Tecnol. 132 pp.
- DRAPER, N. y H. SMITH, 1981. Applied Regression Analysis, Second edition. John Willey & Sons. 709 pp.
- FORD, E. 1933. An account of the herring investigation conducted at Plymouth during the year from 1924-1933. J. Mar. Biol. Assoc. U. K. 19: 305-384
- GARCIA, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Pub. Esp. Inst. Geogr. Univ. Nal. Autón. México. 246 pp.
- GONZALEZ, J. 1979. Reproducción de *M. tenellum* en la laguna de Tres Palos gro. y Mitla Gro. Tesis Prof. Fac. Cienc. Univ. Nal. Autón. México.
- GOSNER, K.L. 1971. Guide of Identification of Marine and Estuarine Invertebrates. John Willey & Sons, Inc. New York. 693 pp.

- GRANADOS, B.A.A. 1984. Biología, ecología y pesquería de los langostinos de México. Universidad y Ciencia. Vol. I, No.1, 5-23 p.
- GULLAND, J.A. 1971. Manual de métodos para la evaluación de las poblaciones de peces. Editorial Acribia. España. 164 pp.
- GUZMAN, A.M., 1975. Biología, Ecología y Pesca del chacal Macrobrachium tenellum en lagunas costeras del Estado de Guerrero. Inf. Tec. I. Centro de Cien. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México.
- , 1976. Biología, Ecología y Pesca del chacal Macrobrachium tenellum en lagunas costeras del Estado de Guerrero. Inf. Tec. II. Centro de Cien. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México.
- , 1977. Biología, Ecología y Pesca del chacal Macrobrachium tenellum en lagunas costeras del Estado de Guerrero. Inf. Tec. III. Centro de Cien. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México.
- , 1987. Biología, Ecología y Pesca del langostino Macrobrachium tenellum (Smith 1871), en lagunas costeras del Estado de Guerrero, México. Tesis Doctoral en Ciencias del Mar. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. UNAM. 136 pp.
- GUZMAN, A.M. y C. KENSLER, 1977. Posibilidad de cultivo de langostino del género Macrobrachium, en el área de Cd. Lázaro Cárdenas, Mich. Cent. de Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México. 19 pp.
- GUZMAN, A.M., J.L. ROJAS y L.D. GONZALEZ, 1982. Ciclo anual de maduración y reproducción del "Chacal" Macrobrachium tenellum y su relación con parámetros ambientales en las lagunas costeras de Mitla y Tres Palos, Guerrero, México (Decapoda: Palaemonidae). An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México, 9(1): 67-80.
- HOLTHUIS, L.B., 1950. The Decapoda of the Siboga Expedition, Part X. I Subfamily Palaemoninae. Siboga Exped. Monogr. 39a 9: 1-132 pp.
- , 1952. A general revision of the palaemonidae (Crustacea Decapoda Natantia) of the Americas. II. The subfamily Palaemoninae. Allan Hancock Found. Publ. Occ. Pap. 12: 11-132 pp.
- , 1980. FAO species catalogue. Vol. 1. Shrimps and Prawns of the world (an annotated catalogue of species of interest to fisheries). FAO Fish Synop. (125) Vol. I: 261 pp.
- KENSLER, C.B., A. WELLER y J.M. GRANDE, 1974. El desarrollo y cultivo del langostino de río en Michoacán y Guerrero, México. Cont. Est. Pesq. México, PNUD/FAO México. 36 pp.

- KREBS, Ch.J. 1972. Ecology. The experimental analysis of distribution and abundance. Harper & Row Publ. New York, 694 pp.
- LANKFORD, R.L. 1974. Descripción general de la Zona Costera de Michoacán y Guerrero. Subprograma de Geología. In: Informe Final 1a. Etapa Programa Uso de la Zona Costera de Michoacán y Guerrero". Convenio Comisión del Río Balsas, S.R.H. y Centro Cienc. Mar y Limnol. México. 42 pp, 12 figs.
- MARGALEFF, R., 1982. Ecología. Ediciones Omega. Barcelona. 951 pp.
- MARTINEZ, S.L. 1975. Biología del "camarón de río" Macrobrachium acanthurus (Weigman, 1836) (Crustacea: Palaemonidae) de la ciénega de "El Totumo" y su cultivo experimental en estanques. Divulgación Pesquera. Bogotá, Colombia 1 X(1).
- MAÑÓN, O.S. 1985. Regionalización Limnológica de la Planicie Costera de Guerrero, México. Tesis Prof. Fac. Cienc. Univ. Nal. Autón de México. 94 pp.
- MERCADO, P. 1959. Proyecto para una estación rústica dedicada al cultivo de los langostinos. Bol. Piscic. Rural S.I.C., México 9(5-6): 6-9.
- NEGRETE, R.P. 1977. Fecundidad en el langostino Macrobrachium tenellum (Smith, 1871) (Decapoda: Palaemonidae) en la laguna de Tres Palos, Gro., México. Tesis Prof. Fac. Cienc. Univ. Nal. Autón. México. 50 pp.
- OLIVIER, R.S. y R. CAPITOLI, 1980. Edad y crecimiento en Chlamus fahuelcha (D'Orbigny) (Mollusca, Pelecypoda, Pectinidae) del San Matías (Pcia. de Río Negro, Argentina). An. Cen. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México. 7(2): 129-140.
- PEEBLES, J.B. 1979. Molting, movement and dispersion in the freshwater prawn Macrobrachium rosenbergii J. Fish. Res. Bd. Can. 36: 1080-1088 pp.
- PEREIRO, J.A. 1977. Estimation of growth. In: Curso práctico de adiestramiento sobre dinámica de poblaciones. Comisión Internacional para la Conservación del Atón Atlántico (Edit.). España.
- PEREIRO, J.A. 1982. Modelos al uso en dinámica de poblaciones marinas sometidas a explotación. Inf. Tec. Inst. Esp. Oceanog. Instituto Español de Oceanografía. Madrid. 255 pp.
- PIAMSAK, M. y SOMKIAT, P., 1982. Effects of different culture systems on growth, survival, and production of the giant freshwater prawn (Macrobrachium rosenbergii DE MAN). In Giant Prawn Farming. Development in Aquaculture and Fisheries Science. Vol. 10. Pag: 175-189.

- RODRIGUEZ DE LA C., M.C. 1965. I. Contribución al conocimiento de los Palemonidos de México. II. Palemonidos del Atlántico y vertiente oriental de México con descripción de dos especies nuevas. An. Inst. Nal. Invest. Biol. Pesq. S.I.C.México, 1: 71-112.
- , 1968. Contribución al conocimiento de los Palemonidos de México. III. Palemonidos del Golfo de California, con notas sobre la biología de Macrobrachium americanum Bate. FAO Fish. Rep., 2 (57): 373-380.
- ROMAN, C.R. 1976. Contribución al conocimiento de la Biología y Ecología de Macrobrachium tenellum (Smith). (Crustacea, Decapoda, Palaemonidae) Tesis Prof. Fac. Cienc. Univ. Nal. Autón. México. 84 pp.
- , 1979. Contribución al conocimiento de la biología y ecología de Macrobrachium tenellum (Smith) (Crustacea, Decapoda, Palaemonidae). An. Gen. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México. 6(2):137-160.
- SNEATH, P.H.A. y R.R. SOKAL, 1973. Numerical Taxonomy. The Principles and Practice of Numerical Classification, Freeman, San Francisco, Ca. XV, 573 pp.
- SOKAL, R.R. y P.H.A. SNEATH, 1963. Principles of Numerical Taxonomy, Freeman, San Francisco, Ca. 359 pp.
- SPIEGEL, M.R. 1969. Estadística. Serie Schaum-Libros Mc Graw-Hill. 357 pp.
- TOME, F.H. 1988. Estado del Conocimiento de los Langostinos del género Macrobrachium (Decapoda, Palaemonidae) en México. Tesis Prof. Fac. Cien. UNAM, México. 166 pp.
- VILLALOBOS, A. 1966. Estudio de los Palemonidos de México. I. Macrobrachium acanthochirus n. spp., del sur este de México. An. Inst. Biol. Uni. Nal. Autón. México. Ser. Zool. 27(1,2): 167-174 pp.
- VILLALOBOS, A., M.A. ZAMORA, J. CORREA, J.L. ESPINOZA y M.L. NIETO. 1982. Evaluación de la disponibilidad de postlarvas de Macrobrachium tenellum (Smith) y determinación de sus posibilidades de semicultivo en las micro-regiones PIDER, Costa Grande y Atoyac del Estado de Guerrero. Informe Final PIDER. 122 pp.
- VON BERTALANFFY, L. 1938. A quantitative theory of organic growth. Human Biol. Vol. 10 (2): 181-213 pp.
- WALFORD, L.A. 1946. A new graphic methods of describing of animals. Biol. Bull. 90(2):141-147.
- ZAR, H.J. 1974. Biostatistical Analysis. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J. United States of America. 620 pp.

ZAVALA, H.J.A. 1986. Introducción al enfoque multivariado en estudios de vegetación. Cuadernos de Divulgación INIREB No. 26. Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos. Jalapa, México. 58 pp.