

**EVALUACION Y DIAGNOSTICO DE LA PESQUERIA  
DE RUBIA (*Lutjanus synagris* |L|)  
EN EL ESTADO DE YUCATAN**

**EVALUATION AND DIAGNOSIS OF THE LANE SNAPPER  
(*Lutjanus synagris* |L|) FISHERY  
IN THE STATE OF YUCATAN**

Ricardo Torres  
Ernesto Chávez  
Centro de Investigación y Estudios Avanzados del IPN  
Unidad Mérida  
Apartado Postal 73  
Cordemex, 97310, Mérida, Yucatán, México

Torres Ricardo y Chávez Ernesto A. Evaluación y diagnóstico de la pesquería de rubia (*Lutjanus synagris* |L|) en el estado de Yucatán. Evaluation and diagnosis of the lane snapper (*Lutjanus synagris* |L|) fishery in the state of Yucatán. Ciencias Marinas 13(1): 7-29,1987

**RESUMEN**

La rubia (*Lutjanus synagris* |L|) es una especie cuya importancia se ha incrementado en las costas de Yucatán, desarrollándose en forma paralela a la pesquería de arrastre; su máximo volumen de pesca, con 2,000 toneladas se alcanzó en 1981. Se realizaron diez muestreos en la planta de Yucalpetén y con los datos obtenidos se estimó la relación peso (P) - longitud (L):  $P=0.0001254 L^{2.6518}$ . Se determinó la estructura por edades encontrando siete clases de edad en las muestras; con estos datos se hizo el ajuste al modelo de crecimiento de von Bertalanffy ( $L=410$  mm;  $k=0.2469$ ;  $t_0=-1.8222$ ). El tamaño de la población se estimó en 3'479,784 individuos; el coeficiente de mortalidad total es de  $Z=1.1545$ , el de mortalidad natural de  $M=0.5131$  y el de capturaridad  $q=0.0000376$ . La tasa de explotación es de  $E=0.38$ , indica que la pesquería se encuentra muy cerca de su nivel óptimo de explotación.

**ABSTRACT**

The lane snapper (*Lutjanus synagris* |L|) catch has increased at the same time as the trawl fishery of NE Yucatán has been developed. Its maximum volume was caught in 1981. Ten samplings were undertaken at the local canneries near Progreso; Length (L)-Weight (W) relationship was established:  $W=0.0001254 L^{2.6518}$ . Age structure shows that there are seven age classes at the fishery; age-length data enabled to fit the von Bertalanffy's growth model ( $L=410$  mm;  $k=0.2469$ ;  $t_0=-1.8222$ ). Population number was estimated as 3'479,784 fishes; total mortality coefficient was  $Z=1.1545$ ; natural mortality  $M=0.5131$  and catchability coefficient  $q=0.0000376$ . Exploitation rate ( $E=0.38$ ) show that the fishery is very near to its optimum exploitation level.

## INTRODUCCION

El estado de Yucatán tiene una larga tradición pesquera; sin embargo, el aprovechamiento de los recursos marinos de la región no ha contado con la evaluación satisfactoria de los mismos, lo que ha impedido que tenga un desarrollo paralelo a otras zonas pesqueras en las cuales ya se tiene un conocimiento más avanzado de las especies explotadas, así como bien establecida la infraestructura portuaria industrial capaz de transformar las capturas en productos para consumo humano.

Asimismo, este estado ha contribuido desde los inicios de la actividad pesquera en México, con una proporción considerable en el total de las capturas nacionales, especialmente en lo referente a ciertas especies de interés comercial como el pulpo, la langosta y el mero (Secretaría de Pesca, 1983).

Una de las actividades propias de las pesquerías establecidas en el estado ha sido el impulso de la pesca de arrastre. El objetivo de la captura de los barcos arrastreros está orientado principalmente a las especies de fondo, dentro de las cuales se encuentra la rubia (*Lutjanus synagris*, (L-17581)) cuyos volúmenes de pesca se han incrementado notablemente en los últimos años, como se puede apreciar en la Fig. 1.

El puerto de Progreso es la base de los desembarques más importantes de los productos pesqueros de la entidad, y de los ocho puertos principales es el que presenta el mayor desarrollo en cuanto a la infraestructura y organización pesquera se refiere. En el puerto de abrigo de Yucalpetén se realizaron los muestreos de las descargas de los barcos arrastreros comerciales cuya zona de operación es la Sonda de Campeche.

La rubia tiene una amplia distribución en el Atlántico occidental frente al continente americano, desde Carolina del Norte hasta Brasil, incluyendo las Bermudas y el Golfo de México. La biología y distribución de la familia Lutjanidae, incluida *L. synagris*, ha sido descrita detalladamente por Druzhinin

## INTRODUCTION

The state of Yucatan has a long fishery tradition; however, the exploitation of the marine resources of the region has not benefited of a satisfactory evaluation of these resources. This has prevented it from knowing a development parallel to other fishery zones characterized by a more advanced knowledge of the exploited species or which have a well established industrial harbor infrastructure, capable of transforming the catches into products for human consumption.

From the beginning of the fishery activity in México, this state has also contributed considerably to the total national catches, particularly regarding the species of commercial importance as the octopus, the lobster and the grouper (Secretaría de Pesca, 1983).

One of the characteristic activities of the fisheries established in the state has been the development of the trawl fishery. The catch objective of the trawl boats mainly concerns the bottom species. One of them is the lane snapper (*Lutjanus synagris*, (L-17581)) the volumes of which have considerably increased in recent years as can be observed on Fig. 1.

The Progreso Harbor is the most important base for unloading fishery products of the entity. Of the eight main harbors, it presents the greatest development as far as the fishery infrastructure and organization are concerned. In the harbor of Yucalpeten, samplings of unloadings of the commercial trawl boats, whose operational zone is the Sonda de Campeche, were made.

The lane snapper is widely distributed in Western Atlantic in front of the American Continent, from North Carolina to Brazil, including the Bermudas and the Gulf of México. Druzhinin (1970) and Munro and Thompson (1974) made a comprehensive description of the family Lutjanidae biology and distribution including *L. synagris*. It has been given much attention in Cuba, where it

... y por Munro y Thompson (1974). Esta especie ha recibido gran atención en Cuba, donde constituye una pesquería de primera importancia, lo que se refleja en los trabajos de Olaechea y Cruz (1976), Reshetnikov y Claro (1976), Cruz (1978), Damas et al. (1978,1979), Sierra and Claro (1979), Carrillo de Albornoz (1979), Claro (1981a, 1981b), además de otros autores como Randall (1965), Moberga Meneceles (1976), Roe (1976), Erhardt (1977) y Fhistrad (1980).

A pesar de la gran importancia económica de la rubia, dados los volúmenes de captura y el valor comercial que ellos representan, no se tiene conocimiento de ningún trabajo orientado a determinar los parámetros biológico-pesqueros de esta especie en la zona de estudio. Los únicos intentos conocidos son los elaborados por Contreras (1979) y por De León (1980), pero en ellos se hace referencia muy somera a datos como la talla más frecuente en las capturas, la relación peso-longitud y la mortalidad por pesca. Por ello, la intención del presente estudio es evaluar y diagnosticar el estado actual de utilización del recurso para proponer las medidas de su manejo más adecuado de acuerdo a la estimación del estado óptimo de explotación de la pesquería en estudio.

## MÉTODOS

Durante los meses de marzo a septiembre de 1983, se realizó un muestreo mensual de tipo aleatorio no estratificado en la planta de recepción de Yucalpetén. El tamaño de cada muestra dependió de la disponibilidad de esta especie en las capturas, y estuvo uniformemente representada en aquellas; a partir de ellos se obtuvo la información siguiente:

### Estructura por edades

Se determinó por dos métodos, uno indirecto, por análisis de distribución de la frecuencia de tallas, eligiéndose para ello 841 ejemplares de dos muestreos, en los cuales se cubrió un intervalo muy amplio de longitudes (140-360mm). Con estos datos se aplicó el método descrito por Cassie (1954); sin embar-

constitutes a fishery of great importance, which is shown in the works of Olaechea and Cruz (1976), Reshetnikov and Claro (1976), Cruz (1978), Damas et al. (1978,1979), Sierra and Claro (1979), Carrillo de Albornoz (1979), Claro (1981a, 1981b), besides other authors as Randall (1965), Moberga Meneceles (1976), Roe (1976), Erhardt (1977) and Fhistrad (1980).

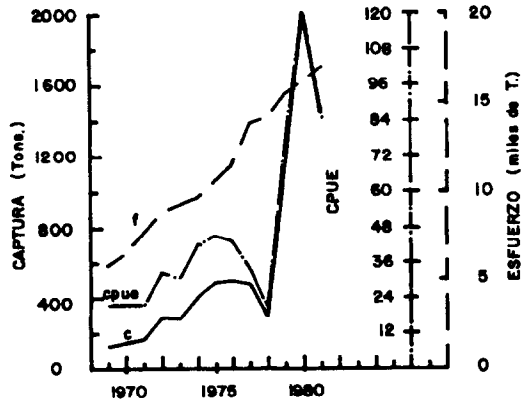


Figura 1. Tendencia histórica de las capturas (toneladas) esfuerzo (miles de toneladas de capacidad total de la flota) y captura por unidad de esfuerzo de *Lutjanus synagris* en el Estado de Yucatán desde 1970 a 1982; f=esfuerzo, c=captura.

Figure 1. Historical tendency of catch (tonnes), effort (thousand of tonnes of total capacity of the fleet) and catch per effort unit of *Lutjanus synagris* in the state of Yucatán from 1970 to 1982; f=effort, c=catch.

Despite the great economic importance of the lane snapper, given the catches volumes and their commercial value, as far as we know no work oriented to determine the biological-fishery parameters of this species in the studied zone has been conducted. The only known studies have been made by Contreras (1979) and by De Leon (1980), though they make a very brief reference to data such as the most frequent size in the catches, the weight-length relationship and the mortality per catch. This is the reason why the objective of this paper is to evaluate and to diagnose the present state of the resource

go, la longitud media para cada grupo de edad se determinó tomando el valor medio entre dos puntos de inflexión sucesivos en la curva trazada en papel de probabilidad.

El otro método con que se determinó la estructura por edades fue directo y consistió en la lectura de marcas de crecimiento en las escamas de los ejemplares de cinco muestreos. En cada uno de ellos se llevaron al laboratorio 30 ejemplares y se les extrajeron entre cinco y doce escamas (media = diez) del lado derecho entre la línea lateral y la base de la aleta dorsal en la mitad anterior del cuerpo. De los 150 individuos analizados sólo en 134 las marcas eran legibles y por lo tanto confiables para su lectura. De estas lecturas se obtuvo una clave de edad-longitud y a partir de ella se determinó también la estructura por edades. También se obtuvieron otolitos, pero las marcas en ellos resultaron ilegibles para su lectura.

Los métodos para la extracción, conservación, lectura e interpretación de los anillos de crecimiento en ambas estructuras son muy variados y están ampliamente descritos y difundidos (Van Oosten, 1957; Chugunova, 1963; Mendoza, 1966; Ruz Durán, 1970; Tesch, 1971; Reshetnikov y Claro-Madruga, 1976; Claro-Madruga, 1981a; FAO, 1982).

#### Crecimiento

A partir de las estructuras por edades obtenidas, se aplicó el método de Ford-Walford para obtener la longitud máxima promedio,  $L_{\infty}$ . Este valor se determinó gráficamente como lo menciona Ricker (1975). Con el valor encontrado de la longitud asintótica se procedió a hallar los parámetros de la ecuación de crecimiento en longitud de los individuos. Obtenidos así los valores de  $L_{\infty}$ ,  $t_0$  y  $k$  para los resultados de las dos estimaciones de edades mencionada anteriormente, se observó que los valores de longitud estimados por la ecuación de crecimiento correspondiente a la lectura por escamas no concuerda con los valores observados. Al tener  $t_0$  valores enteros negativos, esta estructura estará desfasada tantos años, como sean dichos valores. Se decidió continuar el análisis con los valores de los parámetros de

utilization in order to suggest measures for its more adequate exploitation according to the evaluation of an optimum exploitation state of the studied fishery.

#### METHODS

From March to September 1983, an aleatory non stratified monthly sampling was carried out in the reception plant of Yucaletén. Each sampling size depended on the disponibility of each species in the catches and was uniformly represented in those catches. Thus, we obtained the following information:

#### Age structure

It was determined by two methods. The first one was indirect and consisted in the analysis of the size frequency distribution. 841 specimens were collected in two samplings and a wide range of lengths (140-360mm) was covered. We applied to these data the method described by Cassie (1954); however the medium length for each age group was determined taking the medium value between two successive inflection points on the curve drawn on the probability paper.

The second method used in order to determine the age structure was direct and consisted in reading the growth marks on scales of the specimens to the laboratory and extracted five to twelve scales (mean=ten) from the right side between the lateral line and the base of the dorsal fin on the anterior half of the body. Of 150 individuals only 143 had their marks legible and therefore their reading reliable. From these readings we obtained an age-length key and from it we determined the age structure. Otolithes were also obtained but the marks on them were illegible.

The methods for the extraction, conservation, reading and interpretation of the growth rings on both structures are very varied and widely described and diffused (Van Dosten, 1957; Chugunova, 1963; Mendoza, 1966; Ruz Durán, 1970; Tesch, 1971; Reshetnikov and Claro Madruga, 1976; Claro-Madruga, 1981a; FAO, 1982).

la ecuación de crecimiento encontrados a partir de la estructura por edades que resultó de la aplicación del método del papel de probabilidad, ya que en el caso de la lectura de escamas el desfasamiento fue muy grande.

#### Relación peso-longitud.

De los muestreos se procesaron los datos de los peces enteros, es decir, el peso obtenido hasta el gramo más próximo y la longitud furcal hasta los 0.5cm más próximos, para obtener los parámetros de la ecuación formulada por Fulton (1911, citado en Weatherley y Rogers, 1976). Esta ecuación representa matemáticamente el cambio en la corpulencia del pez a lo largo de su vida:

$$W = aL^b$$

donde W es el peso, L la longitud,  $a$  es el coeficiente de condición y  $b$  es un parámetro de ajuste. En esta relación, para conocer los valores de  $a$  y  $b$ , se efectúa una regresión logarítmica con los datos de peso y longitud conocidos de los muestreos.

#### Mortalidad

La tasa instantánea de mortalidad total Z, se obtuvo a partir del número total de individuos para cada clase de edad que en los muestreos tenían las longitudes hasta la edad siete calculadas por la ecuación de crecimiento; este número de ejemplares se proyectó para el total de las capturas de la siguiente manera: la cantidad de organismos de cada edad se multiplicó por el respectivo peso promedio, obteniéndose así el correspondiente peso en kg en la muestra; la suma de estos valores considerada como cien por ciento, se utilizó para estimar el porcentaje en peso de cada grupo de edad. Este porcentaje se aplicó para la captura de 1983 de la rubia y se determinó el peso en toneladas respectivo para cada edad; estas cantidades se dividieron entre el correspondiente peso promedio estimándose así el número total de individuos para cada clase de edad presente en la captura de ese año. A partir del grupo de edad donde la abundancia de individuos comienza a descender, se resuelve la ecuación:

#### Growth

From the age structure obtained, we applied the Ford-Walford method in order to obtain the average maximum length,  $L_{\infty}$ . This value was determined graphically as Ricker mentions it (1975). With the asymptotic length, we calculated the parameters of the equation of the individuals length growth. Once we obtained the values of  $L_{\infty}$ ,  $t_0$  and  $k$  for the results of the two above mentioned estimates of age, we observed that the length values estimated by the growth equation corresponding to the reading per scales do not correspond to the values observed. Since we had  $t_0$  negative entire values this structure will be slanted as many years as those values. We decided to continue the analysis with the values of the parameters of the growth equation found by means of the age structure, obtained by applying the probability paper method because in the case of the scale-reading, the slant was considerable.

#### Growth-length relationship

We processed the data of the entire fishes of the sampling, that is their weight, which was obtained to the closest gram and their forkal length to the closest 0.5cm, in order to get the parameters of the equation established by Fulton (1911, quoted in Weatherley and Rogers, 1976). This equation represents mathematically the change in size of the fish all along its life:

$$W = aL^b$$

where W is the weight, L the length,  $a$  the condition coefficient and  $b$  an adjustment parameter. In this relation, in order to get the  $a$  and  $b$  values, a logarythmic regression is made with the known weight and length data of the samplings.

#### Mortality

The total mortality ratio Z was obtained from the total number of individuals for each age class which in the samplings had their length calculated until the age seven by the growth equation. This number of specimens was projected for the total of the catches the following way: the quantity of organisms for

$$N_t = N_o e^{-zt}$$

por medio de una regresión exponencial donde la pendiente obtenida será el valor de  $z$ . Ya que este coeficiente de mortalidad total está compuesto por los coeficientes de mortalidad natural  $M$ , y por pesca  $F$ , se procedió a determinar éstos con el procedimiento propuesto por Arreguín y Chávez (1985): es razonable suponer que en la naturaleza los peces más viejos de una población no explotada o virgen pueden crecer hasta alcanzar el 95% de su longitud asintótica (Taylor, 1962; Beverton, 1963; citados por Pauly, 1981), lo cual se puede expresar como:

$$L_{\max} = \frac{3}{k}$$

donde  $k$  es la tasa de crecimiento y  $L_{\max}$  es la longitud correspondiente de la longevidad máxima de la especie en estudio (Pauly, op. cit.). A continuación se procedió a reconstruir la población virgen, es decir, la que está exenta de explotación y en la que, por lo tanto, la esperanza de vida corresponde a la longevidad citada. Se considera que ambas poblaciones, actual y virgen, presentan el mismo número de reclutas en la edad de reclutamiento y que la proporción de individuos que llega a la última clase de edad es la misma. La asignación de la edad de reclutamiento se realizó tomando aquella que tuvo la mayor abundancia en las capturas, la cual coincidió con la edad media de reclutamiento al estimar la frecuencia acumulada de los representantes de cada grupo de edad.

Es obvio que la población virgen tendrá más clases de edad que la población actual, por lo cual tendrá una mortalidad total distinta, pero como en ella no existe mortalidad por pesca, se cumple la condición de que  $z = M$ . Este valor se calcula como sigue:

$$Z = \frac{\ln\left(\frac{N_t}{N_o}\right)}{t}$$

each age was multiplied by the respective average weight, obtaining this way the corresponding weight in kg for the sampling. The sum of these values considered as one hundred percent was used to estimate the percentage in weight of each age group. This percentage was applied for the 1983 lane snapper catch and the respective weight for each age was determined in tons. These quantities were divided between the corresponding average weight, calculating this way the total number of individuals for each age class present in the year catch. From the age group where the individuals abundance starts to decrease, we solved the equation:

$$N_t = N_o e^{-zt}$$

by means of an exponential regression where the slope obtained will be the values of  $z$ . Since this total mortality coefficient is composed of the coefficient of natural mortality  $M$  and of fishery  $F$ , we decided to determine these values through the method suggested by Arreguín and Chávez (1985): it is reasonable to assume that innature the oldest fishes of an unexploited or virgin population may grow and reach 95% of their asymptotic length (Taylor, 1962; Beverton, 1963; quoted by Pauly 1981), which can be expressed by:

$$L_{\max} = \frac{3}{k}$$

where  $k$  is the growth ratio and  $L_{\max}$  is the length corresponding to the maximum longevity of the studied species (Pauly, op. cit.). Then we reconstructed the virgin population, that is the unexploited one and in which the expectation of life corresponds to the cited longevity. It is considered that both populations, the actual one and the virgin one, present the same number of animals at recruitment age and that the proportion of individuals that reach the last age class is the same. The assignation of the recruitment age was made using the one that is the most abundant in the catches. This coincided with the average recruitment age at the moment of estimating the accumulated frequency of the representatives of each group.

donde  $N_t$  es el número de individuos de la última clase de edad,  $N_0$  es el número de individuos de la edad de reclutamiento y  $t$  es la diferencia que existe entre la edad máxima y la de reclutamiento. Conocidos así los valores de los coeficientes de mortalidad total y natural, el coeficiente de mortalidad por pesca se determinó por diferencia de los dos anteriores.

El coeficiente de capturabilidad que, se determinó dividiendo el valor de  $F$  entre el esfuerzo  $f$ , aplicado durante la temporada de pesca de 1982 y expresado en capacidad de tonelaje neto de la flota como un estimador del esfuerzo que incidió sobre la población, ya que el registro de barcos arrastreros presentó una capacidad de carga muy dispereja individualmente, lo que daba una idea falsa de la intensidad real de pesca aplicada sobre el recurso.

#### Tasa de explotación y tamaño de la población.

Para estimar la tasa de explotación  $E$ , se sustituyeron los valores correspondientes en la expresión matemática siguiente (Doi, 1975):

$$E = \frac{F}{F + M} (1 - e^{-(F+M)})$$

donde se tiene en el primer miembro a la proporción de la mortalidad causada por efecto de la pesca, y en el segundo la proporción de superviviente, lo que da como resultado la proporción de la población que es explotada. El tamaño poblacional  $P$ , se estimó a partir del tonelaje correspondiente a *L. synagris* en las capturas totales de 1983. En este sentido fue necesario separar de los registros oficiales la captura correspondiente al canané (*Ocyurus chrysurus*) ya que en ellos ambas especies aparecen juntas bajo el nombre de rubia. Esta estimación fue hecha con base en el porcentaje de las dos especies presentes durante los muestreos realizados. El peso correspondiente para la rubia se dividió entre la tasa de explotación conocida para obtener el tamaño poblacional en peso, y así determinarlo posteriormente en número de individuos.

It is obvious that the virgin population will have more age classes than the actual population, and will therefore present a different total mortality, but as it is not affected by mortality due to fishing, the condition is fulfilled  $z=M$ . This value is calculated as follows:

$$Z = \frac{\text{Ln} \left( \frac{N_t}{N_0} \right)}{t}$$

where  $N_t$  is the number of individuals of the last age class,  $N_0$  is the number of individuals at recruitment age and  $t$  is the difference that exists between the maximum age and the recruitment age. Once the values of the total and natural mortality coefficients were known, the mortality coefficient per catch was determined by the difference between the two previous ones.

The catchability coefficient  $q$  was determined dividing the values of  $F$  between the effort  $f$ , applied during the fishing season of 1982. It was expressed in capacity of the fleet net tonnage as an estimate of the effort that affected the population since the recording of the trawl boats presented a very different dead tonnage individually, which gave a wrong idea of the real fishery intensity applied onto the resource.

#### Exploitation rate and population size.

In order to estimate the exploitation rate  $E$ , two values corresponding to the following mathematical expression were substituted (Doi, 1975):

$$E = \frac{F}{F + M} (1 - e^{-(F+M)})$$

where the first member contains the proportion of mortality due to fishing and the second one the proportion of the survivors, which provides the proportion of the exploited population. The population size  $P$  was calculated using the tonnage corresponding to *L. synagris* in the total catches of 1983. It was necessary to separate from the official record-

### Reclutamiento

El modelo propuesto por Ricker (1954) para estimar el reclutamiento y cuya ecuación describe una parábola asimétrica, puede ser utilizado para estimar el rendimiento máximo en el caso que se cuente con la información correspondiente a lo largo de varias temporadas de pesca sobre una especie en particular. Sin embargo, en el presente trabajo solo se tuvieron datos de una sola temporada y con ello se realizaron únicamente estimaciones de la edad de reclutamiento, como se describió, y de los parámetros de la ecuación mencionada a partir de la estructura por edades reconstruida para la población virgen (Ricker, op. cit.):

$$R = \alpha A e^{-\beta A}$$

donde R es el número de reclutas, A es el número de adultos,  $\alpha$  es un parámetro asociado a la mortalidad densoindependiente y  $\beta$  un parámetro relacionado con la mortalidad densodependiente. El número de adultos se estimó a partir de la edad dos que es cuando maduran sexualmente (Damas et al., 1979). Los parámetros fueron calculados tanto para la población virgen como para la actual; en ambos casos el número de reclutas tomado en cuenta fue el número de individuos de edad uno.

Encontrados estos valores se estimó el nivel de remplazamiento, es decir, la abundancia de adultos tal que sea igual a la abundancia de reclutas.

### Rendimiento máximo

Tradicionalmente en estudios biológico-pesqueros, las estimaciones del rendimiento máximo se realizan a partir de los modelos llamados de producción excedente, como el de Schaefer (1956), o de los denominados modelos dinámicos, como el de Beverton y Holt (1957). Sin embargo, no se contó con la información estadística confiable para aplicar el primer modelo.

Ante esta situación, se procedió a estimar el rendimiento máximo basándose en la estructura por edades y en la evaluación de la producción secundaria, por lo que se reconstruyeron las poblaciones hipotéticas ubicadas

ings the catch corresponding to the canane (*Ocyurus chrysurus*) since they mention both species under the name of lane snapper. This calculation was made on the basis of the percentage of both species present during the samplings. We divided the weight corresponding to the lane snapper between the known exploitation rate in order to obtain the population size in weight and thus determine it afterward in number of individuals.

### Recruitment

The model established by Ricker (1954) to estimate the recruitment and whose equation describes an assymetric parabol, may be used to calculate the maximum yield in case the information about a particular species corresponding to several fishing seasons is available. Nevertheless, as in the present paper we had data of only one season we only calculated the recruitment age, as described previously, and the equation parameters from the age structure recontructed for the virgin population (Ricker, op. cit.):

$$R = \alpha A e^{-\beta A}$$

where R is the number of recruits, A is the number of adults,  $\alpha$  is a parameter associated to the density independant mortality and  $\beta$  is a parameter related to the density dependant mortality. The number of adults was calculated from the age two, when they are sexually mature (Damas et al., 1979). The parameters were calculated for the virgin population as well as for the actual one; in both cases, the number of recruits taken into account was the number of individuals of age one.

Then we calculated the replacement level, that is to say the adults abundance so that it is equal to the recruits abundance.

### Maximum Yield

Traditionally, in biological and fishery studies, the maximum yield estimations are made using the surplus production models, like the Schaefer model (1956), or the so-called dynamic models, like Beverton and Holt model (1957). However, the reliable statistical information necessary to apply the first model was not available.



entre la población actual y la población virgen, considerando para todas ellas el mismo nivel de reclutamiento y dependiendo para cada caso la edad máxima promedio que alcanzarían los individuos en estas poblaciones. Obviamente que estas condiciones suponen una reducción sucesiva en el régimen de pesca hasta hacerse cero en la población virgen. Estas poblaciones se reconstruyeron, al igual que la actual y la virgen, considerando para todas el mismo número de reclutas, y después de hallar el valor de la edad máxima para cada población, se obtuvo el coeficiente de mortalidad total correspondiente a cada una de ellas. Al estimar la supervivencia se determinó el número de individuos de cada edad a partir de la de reclutamiento siguiendo el mismo procedimiento empleado para estimar la mortalidad, solo que en este caso la incógnita es el número de individuos de cada clase de edad sucesiva y el valor de  $N_0$  corresponde al número de reclutas.

Con este procedimiento se obtuvo entonces el total de organismos sumándolos desde la clase de edad uno hasta la máxima y con ello se calculó el tamaño de la población expresado en número de individuos. Al multiplicar este valor por la tasa de explotación se obtuvo el número de organismos que se pueden capturar en dicho nivel de explotación, y respetando el porcentaje de ejemplares presentes en las edades desde la de reclutamiento hasta la máxima de cada población, se estimó el número de individuos de cada edad que estarían representados en la captura calculada. A partir de ellos se determinó la biomasa que cada clase aportaría a la captura, multiplicando el número de organismos por el correspondiente peso promedio. Asimismo, se obtuvo la ganancia en biomasa que resultaría de pasar de la captura de una población a la siguiente, como una estimación indirecta de la producción secundaria de cada población debida a la ganancia en peso de cada clase de edad con respecto a la anterior.

En estas condiciones se procedió a calcular para cada población el número total de individuos estimado por la supervivencia y para la captura respectiva, la biomasa y la producción secundaria totales de dichas poblaciones, así como la razón de pesca.

We therefore estimated the maximum yield using the age structure and the evaluation of the secondary production and thus, reconstructed the hypothetical stock, situated between the actual population and the virgin population, considering for them all the same recruitment level and depending for each case on the average maximum age that the individuals of these populations would reach. These conditions obviously imply a successive reduction in the fishing regime until it becomes zero in the original stock. These populations, as well as the actual and the original ones were reconstructed, considering for all of them the same number of recruits. After finding the value of the maximum age for each population, we calculated the coefficient of total mortality corresponding to each one. To estimate the survival, we determined the number of individuals of each age using the recruitment age and following the same method used to calculate the mortality, the only difference being in this case that the unknown value is the number of individuals of each successive age class and the value of  $N_0$  corresponds to the number of recruits.

Through this method we then obtained the total number of organisms adding them from the age class one to the maximum one. Then we used the result to calculate the population size expressed in number of individuals. Multiplying this figure by the exploitation ratio, we obtained the number of organisms that can be caught in this level of exploitation. Respecting the percentage of specimens present in the ages that go from the recruitment age to the maximum age of each population, we also estimated the number of individuals of each one which would be represented in the calculated capture. From them the biomass brought to the capture by each class was determined multiplying the number of organisms by the corresponding average weight. We also obtained the gain in biomass which would result from passing from the capture of one population to the next one, as an indirect estimate of the secondary production of each population due to the gain in weight of each age class in relation with the anterior.

Con el procedimiento seguido hasta aquí se consideró que aquella población que presentase el máximo incremento en producción secundaria correspondería a la que proporcione el máximo rendimiento. Otro criterio para estimar la población óptima para su explotación fue el considerar que la intensidad de pesca, expresada por  $F$ , en una condición ideal no rebase el valor de la mortalidad natural, es decir, que se cumpla la condición de  $F=M$ , ya que en caso contrario se podría afectar la tasa de renovación natural de la población. Por lo tanto, la razón de pesca,  $F/Z = 0.5$  (Pauly, 1981). Una situación que se deriva de la anterior, es que la tasa de explotación será aproximadamente  $E=0.3$ , es decir, un nivel de utilización del recurso del 30%.

Al identificar a la población que presentase estas tres condiciones y conociendo sus demás parámetros, se procedió a obtener la estructura de la misma, para luego estimar el régimen de explotación, lo cual se logró dividiendo el coeficiente de mortalidad por pesca de dicha población entre el coeficiente de capturabilidad estimado anteriormente para obtener así el esfuerzo pesquero que deberá aplicarse.

## RESULTADOS

Con los resultados de la lectura de marcas de crecimiento en las escamas se construyó la Tabla I, que es una clave de edad longitud y a partir de ella se obtuvo la estructura correspondiente; del análisis de la distribución de frecuencias de tallas se construyó la estructura por el método indirecto. La estructura por edades determinada por ambos métodos se presenta en la Tabla II, donde se observa que hay un aparente sesgo en los muestreos, pues los valores encontrados por los dos métodos para el primer grupo de edad no concuerdan con el encontrado por Reshetnikov y Claro (1976) quienes registraron en las capturas comerciales individuos desde los 120mm. Por esta razón se estimó conveniente asignarle al primer grupo del método indirecto la edad de dos años. Todos los parámetros que se estimaron posteriormente fueron con base en la estructura por edades obtenidas por dicho método.

Thus, we calculated for each population the total number of individuals estimated by the survival and for the respective capture, the total biomass and secondary production of these populations, as well as the fishery ratio.

The method used up to now allows us to consider that the population which presents the maximum secondary production increase would correspond to the one which provides the maximum yield. Another criterium for estimating the optimum population to be exploited was to consider that the fishing intensity, expressed by  $F$ , in an ideal condition, should not exceed the value of the natural mortality, that is to say that the condition  $F=M$  should be fulfilled, or else that natural replacement rate of each population could be affected. Therefore, the  $F/Z = 0.5$  (Pauly, 1981). A situation that derives from the anterior is that the exploitation rate will be approximately  $E=0.3$ , that is to say, a level of utilization of the resource of 30%

Once we identified the population which present those three conditions and knowing its other parameters, we first estimated its structure and then the exploitation regime, dividing the mortality coefficient per catch of this stock between the catchability coefficient previously estimated in order to obtain the fishing effort which will have to be applied.

## RESULTS

Table I, which is an age-length key, was constructed with the results of scale-reading; the corresponding structure was then obtained. The structure was constructed by the indirect method using the analysis of the distribution of size frequency. The age structure was then obtained.

The age structure determined by both methods is presented in Table II, where a slant appears on the samplings because the values found through both methods for the first age group do not correspond to the one found by Reshetnikov and Claro (1976) who reported individuals from 120mm in the commercial capture. This is the reason why it was convenient to assign to the first group of the

**Tabla I.** Clave edad-longitud de *Lutjanus synagris*, obtenida a partir de la lectura de marcas de crecimiento.

**Table I.** Age-length key of *Lutjanus synagris* obtained from the growth marks reading.

Long. (mm)	0	1	2	3	4	5	6	Total
195		1						1
200	2	-						2
205	3	2						5
210	-	2	3					5
215	2	2	1					5
220	1	5	5	1				12
225	2	3	-	1				6
230	1	2	3	-				6
235	3	7	3	-				13
240	2	3	3	-				8
245	1	3	2	1				7
250	-	7	4	-				11
255	1	2	5	1				9
260	-	-	-	2				2
265	1	1	-	1	1			4
270		4	2	-	-			6
275		2	-	1	-			3
280		1	1	1	2			5
285			1	1	3			5
290			2	-	2			4
295			-	1	1			2
300			1	3	-			4
305				1	1			2
310				2	-	1		3
315				1	-	-		1
*								
*								
*								
355						1	1	2
360							1	1
	15	46	35	18	10	2	2	134

Con los datos observados en la primera tabla se aplicó el método de Ford-Walford para encontrar el valor de la longitud asintótica (Fig. 2). En la literatura se mencionan valores similares al encontrado aquí (410mm): Reshetnikov y Claro (op. cit.) informan de un valor de 400mm; Rodríguez, citado por los anteriores autores, encontró una longitud má-

**Tabla II.** Estructura por edades de *L. synagris* de los métodos directo e indirecto.

**Table II.** Age structure of *L. synagris* from the direct and indirect methods.

Edad	Directo		Indirecto	
	n	Long. $\bar{X}$ (mm)	n	Long. $\bar{X}$ (mm)
0	19	226		
1	48	234		
2	35	245	387	205
3	18	280	901	250
4	10	286	467	285
5			117	312.5

**Tabla III.** Parámetros de la ecuación de crecimiento obtenidos por los métodos directo e indirecto.

**Table III.** Parameters of the growth equation obtained from the direct and indirect methods.

Parámetros	Métodos	
	Directo	Indirecto
L	428.22	410.37
K	0.0962	0.2469
t <sub>0</sub>	-6.4416	-1.8222

indirect method, the age of two. All the parameters were later estimated on the basis of the age structure obtained by this method.

In order to find the values of the asymptotic length, the Ford-Walford method was applied to the data observed in the first table (Fig. 2). Various works mention values similar to the one we found here (410mm); Reshetnikov and Claro (op. cit) report a value of 400mm; Rodríguez, quoted by the previous authors, found a maximum length of 420mm; Buesa and Olaechea (1970, quoted by Olaechea and Cruz, 1976) found an asymptotic length of 406.64mm.

Resolving the von Bertalanffy equation, we found the values of k and t<sub>0</sub> which are shown in Table III. The value of t<sub>0</sub> for the

xima de 420mm; Buesa y Olaechea (1970, citados por Olaechea y Cruz, 1976) encontraron una longitud asintótica de 406.64mm.

Al resolver la ecuación de von Bertalanffy se obtuvieron los valores de  $k$  y  $t_0$  los cuales se observan en la Tabla III. El valor de  $t_0$  para la ecuación de crecimiento estimada por el método directo resultó demasiado pequeño ( $t_0 = -6.4416$ ) lo que indica que la estructura por edades mencionada estaría desfasada por seis grupos de edad y que el primero del muestreo sería el séptimo de la población natural. Además, los valores determinados de las longitudes no resultaron lógicos con este método.

Los valores que se encontraron para los parámetros de la ecuación que relaciona el peso y la longitud fueron los siguientes:

$$W = 0.0001254 L^{2.6518}$$

Con los datos de longitud y peso de los organismos enteros se construyó la Fig. 3. Al sustituir el valor de  $L_{\infty}$  en la ecuación anterior se encontró el peso asintótico, cuyo valor es igual a  $w_{\infty} = 1066.39$  g. La relación con los valores observados correspondientes se observan en la Fig. 4.

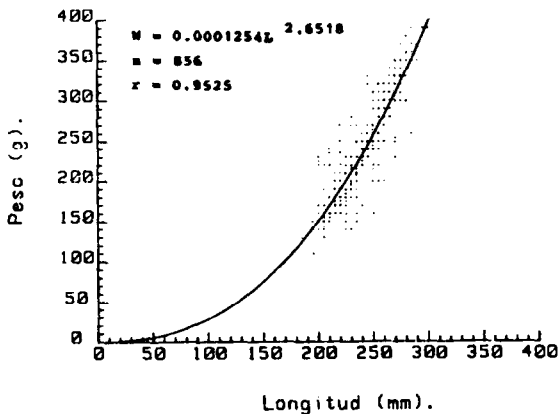


Figura 3. Relación peso-longitud de los organismos enteros de *L. synagris* para ambos sexos.

Figure 3. Weight-length relationship of the entire organisms of *L. synagris* for both sexes.

growth equation estimated by the direct method proved to be too small ( $t_0 = -6.4416$ ) which indicates that the mentioned age structure would be slanted for six age groups and that the first of the sampling would be the seventh of the natural population. Furthermore, the determined values of the lengths were logical through this method.

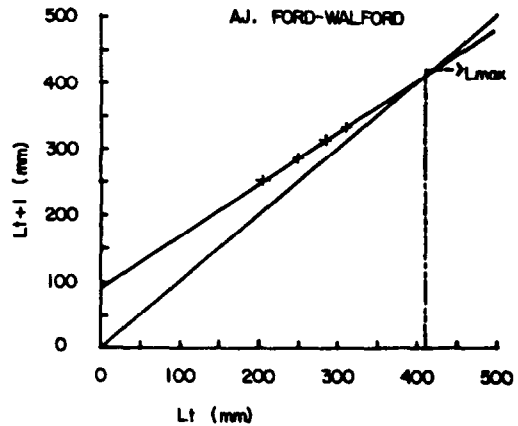


Figura 2. Ajuste gráfico de Ford-Walford para calcular la longitud asintótica ( $L = 410.0$ mm).

Figure 2. Graphical adjustment of Ford-Walford to calculate the asymptotic length ( $L = 410.0$ mm).

We found the following values for the parameters of the equation which relates the weight and the length:

$$W = 0.0001254 L^{2.6518}$$

Figure 3 was constructed with the length and weight of the complete organisms. Substituting the value of  $L_{\infty}$  in the previous equation, we found the asymptotic weight, whose value is equal to  $w_{\infty} = 1066.39$ g. The relationship with the corresponding observed values is shown on Fig. 4.

With the values of Table IV, the total mortality coefficient  $Z = 1.1545$ , with a survival corresponding to  $S = 0.3152$ , was estimated for the total number of individuals in the catch of 1983. As indicated in the previous section, the estimation of natural mortality coefficient

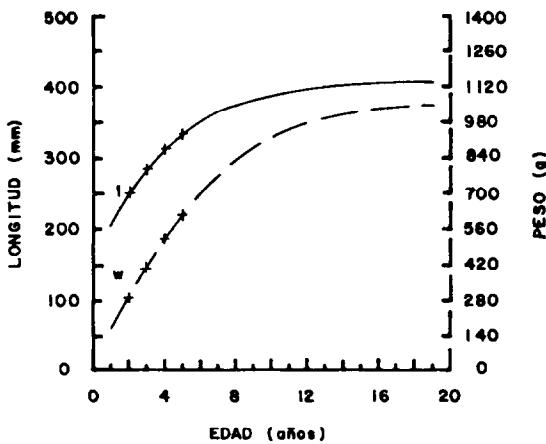


Figura 4. Curvas teóricas de crecimiento en longitud (L) y en peso (W) de *L. synagris*. + valores observados.

Figure 4. Theoretical curves of growth in length (L) and in weight (W) of *L. synagris*. + noted values.

Con los valores de la Tabla IV para el total de individuos en las capturas de 1983 se estimó el coeficiente de mortalidad total  $Z=1.1545$ , con una supervivencia correspondiente a  $S=0.3152$ . Como se indicó en la sección precedente, la estimación del coeficiente de mortalidad natural  $M$  fue precedida por el cálculo de la longevidad máxima que es de 12 años, cifra muy baja si se compara con la encontrada por Buesa y Olaechea (op. cit.) que fue de 28 años. También fue necesario hacer la asignación de la edad de reclutamiento como se mencionó, encontrándose que por abundancia le correspondió a la edad de tres años, mientras que al observar la relación presentada en la Fig. 5 se determinó un valor de 2.7, por lo que en los cálculos posteriores la edad de reclutamiento aceptada fue de tres años. Para precisar más sobre la abundancia numérica de los organismos, de acuerdo con los muestreos realizados de la captura de 1983, el 33.57% de la misma estuvo representada por individuos de la edad tres, el 31.2% por los de la edad cuatro, mientras que las edades cinco, seis y siete representaron el 10%. Por otro lado, el número de individuos con edades anteriores a la de reclutamiento representó el

$M$  was proceeded by the calculation of the maximum longevity which is of 12 years; a very low figure if compared with the one found by Buesa and Olaechea (op. cit) that is 28 years. It was also necessary to make the assignation of the age at recruitment as we mentioned it and it was found that by abundance it corresponded to the age of three, while observing the relationship presented in Fig. 5, a value of 2.7 was determined. That is why in the following calculations, the accepted age at recruitment is three-year-old. In order to be more specific on the numeric abundance of the organisms, according to the samplings of the 1983 capture, the 33.57% of it was represented by three-year-old individuals, 31.2% by four-year-old individuals while the ages of five, six and seven only represented 10%. On the other hand, the number of individuals of ages anterior to the recruitment represented 24.39% and we did not consider necessary to take them into account for the reconstruction of the populations, since in all of them, except in the virgin population, the values are the same and only affect the calculation of the capture with a constant and not very significant value which does not alter the conclusions.

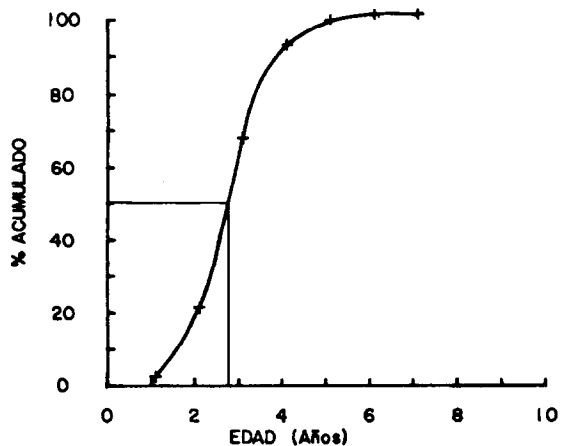


Figura 5. Estimación gráfica de la edad media de reclutamiento. El porcentaje corresponde a la abundancia de cada grupo de edad presente en los muestreos.

Figure 5. Graphical estimate of the mean age of recruitment. The percentage corresponds to each age group present in the samplings.

**Tabla IV.** Relación del número total de organismos de *L. Synagris* en la captura de 1983 a partir del número registrado en los muestreos. Las dos primeras edades no se tomaron en cuenta al calcular los porcentajes. El 59.25% ( 553.89 toneladas) de la captura de "rubia" en 1983 correspondió a esta especie. E = edad, B = biomasa.

**Table IV.** Total number of organisms of *L. Synagris* in the 1983 catch from the recorded number in the samplings. The first two ages were not considered for the calculations of porcentajes. 59.25% ( 553.89 tonnes) of the lane snapper catch in 1983 correspond to this species E = age, B = biomass.

E	No. de individuos*	B(Kg)*	B%	B ( Tons.)**	No. de individuos
1	14	1.00			
2	369	63.20			
3	910	262.63	47.37	262.42	909,286
4	491	200.28	36.12	200.10	409,561
5	139	72.22	13.03	72.18	138,914
6	21	13.00	2.34	12.96	20,940
7	9	6.43	1.14	6.32	8,976

\* Pertenece a los muestreos. \*\* Pertenece a la captura de 1983.

\* Belong to the samplings. \*\* Belong to the 1983 catch.

24.39% y se consideró innecesario tomarlos en cuenta en la reconstrucción de las poblaciones, ya que en todas ellas, excepto en la población virgen son los mismos valores y afectan sólo el cálculo de la captura con un valor constante y poco significativo que no altera las conclusiones.

Al reconstruir la población virgen y estimar la mortalidad en ella se obtuvo un valor de  $Z=M=0.5131$ . El coeficiente de mortalidad por pesca tiene entonces un valor de  $F=0.6414$ ; estos valores son bajos en comparación con los mencionados por Carrillo de Albornoz (1979) quien encontró valores de  $Z=1.7074$  y de  $F=1.168$  para la temporada más reciente analizada en su trabajo, 1978. Por su parte, Buesa y Olaechea (op.cit) citan un valor de  $M=0.83$ ; ambos estudios fueron realizados en la plataforma cubana.

El coeficiente de capturabilidad estimado, tuvo un valor de  $q=3.76 \times 10^{-5}$ . Por lo que respecta a la tasa de explotación calculada el resultado fue de  $E=0.3804$ , que representa el 38% de la población explotada, mientras que el tamaño calculado para la misma fue de  $P=3'479,784$  individuos.

When we reconstructed the virgin population and estimated the mortality in it, we obtained a value of  $Z=M=0.5131$ . The mortality coefficient per catch is then  $F=0.6414$ ; these values are low compared to the mentioned ones by Carrillo de Albornoz (1979) who found values of  $Z=1.7074$  and of  $F=1.168$  for the most recent season he analyzed, that is 1978. As for Buesa and Olaechea (op. cit), they quote a value of  $M=0.83$ ; both studies were carried out on the Cuban platform.

The estimated capturability coefficient, had a value of  $q=3.76 \times 10^{-5}$ . As for as the exploitation rate is concerned, the result was  $E=0.3804$ , which represents 38% of the exploited population whereas the calculated size of the population was  $P=3'479,784$  individuals.

It is thought that the population reaches sexual maturity at the age of two (according to Damas et al., 1979). The values of  $\alpha$  and  $\beta$  determined from the virgin population were estimated on the basis of the values of  $R=6,670$  thousand individuals and of  $A=7,472$  and  $9,913$  thousand individuals for the actual

La edad a la cual se estima que la población alcanza la madurez sexual es de dos años (según Damas et al., 1979). Los valores de  $\alpha$  y  $\beta$  determinados a partir de la población virgen fueron estimados con base en los valores de  $R=6,670$  miles de individuos y de  $A=7,472$  y  $9,913$  miles de individuos para las poblaciones actual y virgen respectivamente; así, dichos valores fueron  $\alpha=2.4265$  y  $1.8289$ , y de  $\beta=0.0001338$  y  $0.0001009$  para las poblaciones actual y virgen respectivamente. El nivel de reemplazamiento calculado con estos parámetros fue de  $P_{rem}=6,625$  y  $8,976$  miles de individuos adultos respectivamente, que es igual en cantidad al de reclutas en cada nivel de población.

Los valores de las estructuras por edades de las poblaciones actual, hipotética y virgen, se indican en las Tablas V, VI, VII, que representan el número de individuos en las capturas, en las poblaciones, la biomasa y la captura estimada, respectivamente. Cada población representa una edad máxima sucesivamente mayor a la precedente hasta llegar a la de longevidad máxima, por lo que se construyeron seis poblaciones. Se estimaron todos los parámetros descritos anteriormente para cada población y cuyos valores se presentan en la Tabla VIII. Para encontrar la población óptima donde se obtiene el máximo incremento de producción capturable, se estimaron dichos incrementos y se determinó que dicha condición se obtiene al pasar de una población con edad máxima de ocho años a otra con edad máxima de nueve años. Sin embargo, la producción secundaria de las poblaciones explotadas ignora la de las edades previas a la de reclutamiento y por lo tanto su valor no es real, por lo cual la población óptima a explotar es la representada hasta la edad siete, ya que en ella se obtiene la mayor captura con  $1'323,710$  individuos que representan una biomasa de  $450.22$  toneladas.

El régimen de explotación estimado para alcanzar y mantener la estructura de la población hasta la edad máxima de siete años comprende una mortalidad por pesca de  $F=0.6414$ , que al sumarse al coeficiente de mortalidad natural  $M=0.5131$ , el cual se considera constante para todas las poblaciones, resulta en un coeficiente de mortalidad

and virgin populations respectively; so these values were  $\alpha=2.4265$  and  $1.8289$  and  $\beta=0.0001338$  and  $0.0001009$  for the actual and virgin population respectively. The replacement level calculated with those parameters was  $P_{rem}=6,625$  and  $8,976$  thousand adults individuals respectively, which is equal in quantity to the recruits level in each population level.

The values of the age structure of the actual, hypothetical and virgin population are shown on the Tables V, VI and VII, which represent the number of individuals in the catches, in the populations, the biomass and the estimated capture respectively. Each population represents a maximum age greater than the previous one until the maximum longevity. That is why six populations were constructed. All the parameters previously described for each population were estimated and their values are shown on Table VIII. In order to find the optimum population where the maximum increase of catchable production is obtained, these increases were estimated and it was determined that this condition is obtained passing from a population maximum eight-year-old to another one maximum nine-year-old. Nevertheless, the secondary production of the exploited population ignores the one of the age previous to the recruitment age and therefore its values is not real. That is why the optimum population to be exploited is the one represented up to the age of seven, since it provides the best capture with  $1'323,710$  individuals which represent a biomass of  $450.22$  tons.

The exploitation regime estimated in order to reach and maintain the population structure up to the maximum age of seven included a mortality per catch of  $F=0.6414$ , which added to the natural mortality coefficient  $M=0.5131$ , considered constant for all the populations, leads to total mortality coefficient of  $Z=1.1545$ . The other two conditions that were established to determine the population to be exploited derive from those two values; the fishery ratio  $F/Z=0.5555$  and the exploitation rate is  $E=0.3804$ . These values, slightly superior to those already mentioned as optimum, also serve to identify the population of maximum age of seven as

**Tabla V.** Número de individuos presentes en las distintas capturas para cada clase de edad estimados según el valor de Z correspondiente. El subíndice indica la edad máxima a la que llegan los individuos de acuerdo a la supervivencia. La primera población es la actual, la última la virgen y las restantes las hipotéticas.

**Table V.** Number of individuals in each catch for each age class estimates according to the corresponding Z value. The sub-index indicates the maximum age of individuals according to the survival. The first population is the real one, the last one is the virgen one and the rest are the hypothetical.

Edad	P7	P8	P9	P10	P11	P12
3	909,286	909,286	909,286	909,286	909,286	909,286
4	286,613	361,058	421,144	470,093	510,503	544,320
5	90,342	143,368	195,057	243,034	286,613	325,842
6	28,476	56,928	90,342	125,646	160,914	195,057
7	8,976	22,605	41,843	64,958	90,342	116,767
8		8,976	19,380	33,583	50,721	69,898
9			8,976	17,362	28,476	41,843
10				8,976	15,987	25,048
11					8,976	14,994
12						8,976
Z	1.1545	0.9236	0.7696	0.6597	0.5772	0.5131

**Tabla VI.** Tamaño poblacional (tam. pob.) en número de individuos y producción secundaria (p.s.) en toneladas por edades de cada una de las poblaciones reconstruidas (P.n.).

**Table VI.** Population size (tam. pob.) in number of individuals and secondary production (p.s) in tonnes per each reconstructed population age (P.n.).

Edad	P7		P8		P9		P10		P11		P12	
	tam. pob.	p.s.	tam. pob.	p.s.	tam. pob.	p.s.	tam. pob.	p.s.	tam. pob.	p.s.	tam. pob.	p.s.
3	2,390,342	280.15	2,390,342	280.15	2,390,342	280.15	2,390,342	280.15	2,390,342	280.15	2,390,342	280.15
4	753,472	89.89	949,174	113.24	1,107,202	132.09	1,235,822	147.43	1,342,101	160.11	1,430,947	170.71
5	237,506	30.55	376,905	42.10	512,854	57.28	638,928	71.37	753,547	84.17	856,618	95.68
6	74,865	7.43	149,664	14.86	237,553	23.59	330,330	32.80	423,093	42.01	512,803	50.92
7	23,599	2.01	59,429	5.06	110,034	9.37	170,783	14.55	237,553	20.24	306,983	26.15
8			23,599	1.68	50,968	3.63	88,296	6.29	133,379	9.50	183,771	13.10
9					23,608	1.38	45,649	2.68	74,888	4.40	110,012	6.46
10							23,601	1.13	42,047	2.00	65,857	3.15
11									23,608	0.91	39,425	1.52
12											23,601	0.73



**Tabla VII.** Capturas estimadas para cada población de acuerdo a su respectiva tasa de explotación (E), expresadas en número de individuos (n.i.) y biomasa (b) en toneladas.**Table VII.** Estimated catch for each population according to their respective exploitation rate (E) expressed in numbers of individuals (n.i) and biomass (b) in tonnes.

Edad	P7		P8		P9		P10		P11	
	n.i.	b.	n.i.	b.	n.i.	b.	n.i.	b.	n.i.	b.
3	909,286	262.24	640,373	184.81	427,632	123.41	256,484	74.02	114,736	33.11
4	286,621	116.91	254,284	103.72	198,078	80.79	132,604	54.10	64,421	26.28
5	90,347	46.94	100,973	52.46	91,750	47.67	68,557	35.62	36,170	18.79
6	28,479	17.62	40,095	24.81	42,498	26.30	35,444	21.94	20,305	12.58
7	8,977	6.32	15,921	11.21	19,658	13.86	18,335	12.90	11,402	8.03
8			6,322	4.90	9,118	7.07	9,474	7.35	6,402	4.96
9					4,223	3.52	4,898	4.08	3,595	3.00
10							2,532	2.23	2,018	1.78
11									1,133	1.04
E	0.3804		0.2679		0.1789		0.1073		0.0480	

total de  $Z=1.1545$ . De estos valores se desprenden las otras dos condiciones que se establecieron para determinar la población a explotar; es decir, que la razón de pesca es  $F/Z=0.5555$  y que la tasa de explotación tiene un valor de  $E=0.3804$ . Estos valores, ligeramente superiores a los ya mencionados como óptimos, sirven también para identificar a la población con edad máxima de siete años como la que producirá el rendimiento máximo. Por lo que respecta al esfuerzo pesquero que es necesario aplicar, se obtuvo un valor de  $f=17,058$  toneladas de capacidad de la flota, con lo cual se obtendrá una  $cpue=34.81$ . De todo lo anterior se desprende que la intensidad de la pesquería debe mantenerse muy cerca del nivel actual, pues de él se obtiene el máximo rendimiento susceptible de ser capturado.

## DISCUSION

Muchos han sido los autores y sus argumentos que han discutido acerca de la validez de la aplicación de los métodos directo e indirecto para conocer las estructuras por edades de las poblaciones ficticias, a partir de las cuales es posible estimar las tasas de crecimiento y mortalidad (Menon, 1950;

the one which will produce maximum yield. As for the fishing effort that is to be applied, we obtained a value of  $f=17,058$  tons of fleet capacity, which will allow to obtain a  $cpue=34.81$ . We can conclude that the intensity of the fishing must be maintained very close to the present level, since it leads to the maximum yield.

## DISCUSSION

Many authors have discussed the validity of applying the direct and indirect methods in order to obtain the age structures of the ichtic populations, from which it is possible to estimate the growth and mortality rates (Menon, 1950; Chugunova, 1963 among others; for a better revision consult Weatherley and Rogers, 1978). In the first case, the main justification is that clearly determined seasonal changes in a given period of the year are recorded in some of the rigid structures of fishes, which may indicate directly their age. Nevertheless, these seasonal changes are not often perceived in tropical waters, due to the highly constant character of the environmental conditions. This is the case in the study zone of the present work, so that either of the following cases may occur: more than one

**Tabla VIII.** Resumen de los parámetros calculados para cada uno de las poblaciones actual, virgen e hipotéticas de *Lutjanus synagris*. ( $M = 0.5131$ ;  $q = 3.76E-5$ ).

**Table VIII.** Summary of the parameters calculated for each real, virgen and hypothetical populations of *Lutjanus synagris*. ( $M = 0.5131$ ;  $q = 3.76E-5$ ).

Parámetros	P7	P8	P9	P10	P11	P12
Z	1.1545	0.9236	0.7696	0.6597	0.5772	0.5131
F	0.6414	0.4105	0.2565	0.1466	0.0641	0.0000
F/Z	0.5555	0.4444	0.3333	0.2222	0.1111	0.0000
E	0.3804	0.2679	0.1789	0.1073	0.0487	0.0000
P	3,479,784	3,949,113	4,432,561	4,923,751	5,420,558	5,920,359
Pps	410.03	457.09	507.50	556.40	603.49	648.55
Inc. ps	47.06	50.41	48.89	47.10	45.06	-
Bc	450.22	381.93	302.64	212.24	109.57	-
f	17,058	10,917	6,819	3,897	1,704	-

Z = Coeficiente de mortalidad total.  
Total mortality coefficient.

F = Coeficiente de mortalidad por pesca.  
Coefficient of mortality per catch.

F/Z = Razón de pesca.  
Z Fishery effort.

E = Tasa de explotación.  
Exploitation rate.

P = Tamaño de la población en número de individuos a partir de la edad de reclutas.  
Population size in numbers of individuals from the recruits age.

Pps = Producción secundaria en toneladas de las poblaciones.  
Secondary production in tonnes population.

Inc. ps = Incrementos en producción secundaria, en toneladas, obtenidos por diferencia,  $P_t - P_{t-1}$ .  
Increases in secondary production, in tonnes, obtained from the difference,  $P_t - P_{t-1}$ .

Bc = Biomasa en toneladas de las capturas calculadas.  
Calculated catches biomass in tonnes.

f = Esfuerzo de pesca, en tonelaje de capacidad de la flota.  
Fishery effort of the fleet capacity, in tonnes.

Chugunova, 1963, entre otros; para una mejor revisión consultar Weatherley y Rogers, 1978). Para el primer caso la justificación principal es que cambios estacionales bien definidos en una época del año determinada son registrados en algunas estructuras rígidas de los peces, lo cual puede indicar la edad de estos directamente. Sin embargo, estos cambios estacionales con frecuencia no son muy perceptibles en aguas de zonas tropicales, dada la alta constancia de las condiciones medioambientales, como lo es en la zona de estudio del presente trabajo, por lo que pueden presentarse cualquiera de los dos casos: que se

mark for each class can be observed, which corresponds to intrinsic changes of the populations (spawn, maturation, etc.) or false marks appear not due to physiological processes nor to periodic environmental changes. Both cases represent a reliable source of inaccuracy in the definition of the age structure.

The analysis of the size frequency offers an alternative for the study, particularly of tropical species, since it takes little time and it is often difficult and sometimes impossible to determine the age when the growth marks are used.

distingan más de una marca para cada clase de edad, que si corresponden a cambios intrínsecos de las poblaciones (desove, maduración, etc.) o que se presenten marcas falsas no debidas a procesos fisiológicos ni a cambios ambientales periódicos. Ambos casos representan una fuente segura de inexactitud en la definición de la estructura por edades.

El análisis de la frecuencia de tallas ofrece una alternativa para el estudio, en particular de especies tropicales, ya que además de consumir poco tiempo, en éstas frecuentemente se dificulta y a veces se imposibilita la determinación de la edad cuando se emplean las marcas de crecimiento.

Como se mencionó anteriormente, inicialmente se intentó complementar con ambos métodos la determinación de la estructura por edades de la población de *L. synagris*, ya que es necesario confirmar la validez de todas las marcas de crecimiento observadas en las escamas con el método propuesto por Harding (1949) y ampliado por Cassie (1954), ya que éste permitiría conocer con mayor precisión la tendencia de la estructura de los grupos de edad. Esta idea ya había sido expuesta por Le Cren (1947, citado por Weatherley y Rogers, 1978).

Al comparar los valores de la longitud teórica en el tiempo cero de vida ( $t_0$ ) se nota un desfase muy grande de la estructura por edades a partir del método directo. Por su parte, las longitudes y pesos promedio calculadas a partir del método indirecto concuerdan aproximadamente con los citados por Munro y Thompson (1974) y por Reshetnikov y Claro Madruga (1976) lo que da validez a la metodología seguida hasta este punto.

Con los valores encontrados para la relación peso-longitud se puso de manifiesto la poca representatividad en el muestreo de individuos con tallas menores a los 180mm. Sin embargo, estos valores resultaron ser más bajos que los mencionados por Contreras (1979). Los valores encontrados para estos parámetros no deben ser tomados como absolutos, pues es necesario tomar en cuenta que a lo largo del año los peces cambian su corpulencia

As it has been mentioned previously, we initially intended to complement with both methods the determination of the age structure of the population of *L. synagris*. As a matter of fact it is necessary to confirm the validity of all the growth marks observed on the scales through the method established by Harding (1949) and developed by Cassie (1954), because it would provide a more precise knowledge of the tendency of the structure of the age groups. This idea had already been exposed by Le Cren (1947, quoted by Weatherley and Rogers, 1978).

When comparing the values of the theoretical length at the age of zero ( $t_0$ ), a considerable slant may be observed in the age structure through the direct method. As to the average lengths and weights calculated by means of the indirect method, they correspond approximately to the one quoted by Muro and Thompson (1974) and by Reshetnikov and Claro Madruga (1976), which adds validity to the methodology used up to now.

With the values found for the weight-length relationship the low representativity of individuals smaller than 180mm was put into evidence. Nevertheless, these values proved to be lower than the ones mentioned by Contreras (1979). The values found for these parameters must not be regarded as absolute, since it is necessary to take into account that through the year the fishes vary in size or condition due to different factors such as the gonad maturity (particularly the females), food availability, population density, etc..

The value of the total mortality coefficient is very similar to the one found by Contreras (op. cit) in the same study zone. The mortality affecting this population, according to the results, is less due to natural causes than to fishing.

As it has been mentioned in the previous section, it was not possible to apply the Schaefer's surplus yield model to the catch and effort data obtained for the studied species, because this model considers that when a fishery reaches the equilibrium state and when you plot on a graph the catch per

o condición debido a diversos factores como son la maduración de las gónadas (sobre todo en las hembras), disponibilidad del alimento, densidad poblacional, etc.

El valor del coeficiente de mortalidad total es muy semejante al encontrado por Contreras (op. cit.) en la misma zona de estudio. La mortalidad que incide sobre esta población, según los resultados obtenidos, es debida en menor grado a causas naturales que a la pesca.

Como se mencionó en la sección precedente, no fue posible aplicar el modelo de rendimiento excedente de Schaefer a los datos de captura y esfuerzo que se recabaron para la especie en estudio, ya que en dicho modelo se considera que al llegar una pesquería al estado de equilibrio y relacionar gráficamente la captura por unidad de esfuerzo y el esfuerzo, se obtendrá un línea con pendiente negativa, lo que representa los puntos de equilibrio entre ambos parámetros. Ya se había observado anteriormente que la tendencia histórica de las capturas de *L. synagris* ha sido ascendente, sobre todo a partir de 1980. En el caso de las isopletas de rendimiento del modelo de Beverton y Holt se comprobó un hecho que sin embargo, ha recibido poca atención, en el sentido de que las isolíneas tienen siempre la misma forma general. Así, variaciones en la tasa metabólica  $k$ , provocan un estrechamiento de las líneas en sentido horizontal, mientras que variaciones en el valor del coeficiente de mortalidad natural las estrecha en sentido vertical; de estas observaciones se desprende que peces con crecimiento relativamente rápido ( $k > 0.2$ ), o principalmente con altos valores de  $M$  ( $M > 0.6$ ) provoquen que el rendimiento óptimo por recluta quede por debajo de la edad de reclutamiento e incluso del eje de las abscisas (Pitcher y Hart, 1982).

Al observar la Fig. 6 se aprecia que la estimación del rendimiento por recluta de 30 g se ve determinada por las condiciones arriba mencionadas, ya que a pesar de coincidir casi con la edad de reclutamiento y en la mortalidad por pesca para encontrar el rendimiento óptimo, con los valores hallados y por el análisis de la población virgen, se obtiene un

effort unit and the effort, you will obtain a line with a negative slope, which represents the equilibrium points between both parameters.

It has previously been observed that the historic tendency of *L. synagris* catches has been rising, particularly from 1980. In the case of the isopleths of yield of Beverton's and Holt's model, a fact which was given little attention was discovered: the isolines always present the same general shape. Thus, variation in the metabolic rate  $k$  cause a horizontal narrowing of the lines, while variations in the value of the natural mortality coefficient lead to a vertical narrowing. From these observations, we may conclude that relatively fast growing fishes ( $k > 0.2$ ), or mainly with high values of  $M$  ( $M > 0.6$ ), cause that the optimum yield per recruit is kept below the recruitment age of even the abscissa axe (Pitcher and Hart, 1982).

You can observe on Fig. 6 that the estimation of the yield per recruit of 30g is determined by the above mentioned conditions, because despite nearly coinciding with the age at recruitment and with the mortality per catch in order to find optimum yield, with the values found for the analysis of the virgin stock, a maximum yield of 334.26 tons is obtained, which is low compared to the 450.22 tons calculated for this analysis.

The value calculated for the metabolic rate  $k = 0.2469$  presents an ecological meaning, since on one hand, it indicates that this species individuals will rapidly reach the average maximum length, implying a relatively short longevity (at this point it is necessary to remember that the maximum age observed in the scale reading was six). This is related to the ecological principle that states that the species that besides having smaller lengths compared to higher latitudes species. On the other hand, the longevity of the lane snapper shows an ecological adaptation in relation with the tropic present a faster growth and a shorter longevity, besides having smaller lengths compared to higher latitudes species. On the other hand, the longevity of the lane snapper shows an ecological adaptation in relation with the tropic levels which correspond to the species. The lane snapper which shows a high growth rate is an extremely

rendimiento máximo de 334.26 toneladas, el cual es bajo comparado con las 450.22 toneladas calculadas por dicho análisis.

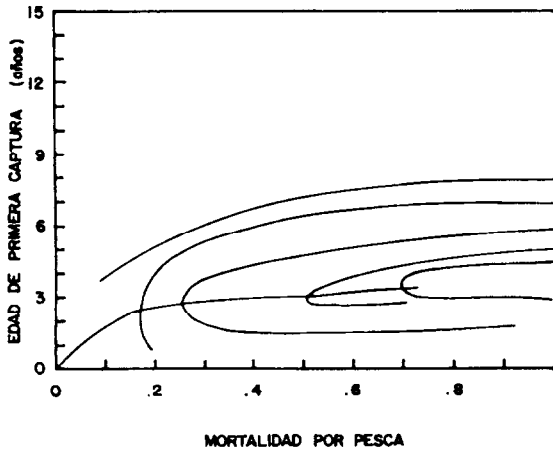


Figura 6. Isopletas de rendimiento (gramos por recluta).

Figure 6. Yield isopleths (grams per recruit).

El valor calculado de la tasa metabólica  $k=0.2469$  tiene una cierta significancia ecológica, ya que por un lado indica que los individuos de esta especie alcanzarán rápidamente la longitud máxima promedio, dando lugar a una longevidad relativamente (en este punto es necesario recordar que la edad máxima observada en la lectura de escamas fue de seis años). Esto está relacionado con el principio ecológico que afirma que las especies que viven cerca del trópico presentan un crecimiento más acelerado con una longevidad más corta, además de tener longitudes más pequeñas en comparación con aquellas especies de latitudes más altas. Por otro lado, la longevidad de la rubia refleja una adaptación ecológica con respecto a los niveles tróficos en los cuales se desenvuelven las especies, y la rubia, que presenta una tasa de crecimiento alta, es un depredador sumamente activo (Sierra y Claro Madruga, 1979), en comparación con otras especies que tienen tasas de crecimiento más bajas y que son depredadores bentónicos menos activos (Ross y Huntsman, 1982).

active predator (Sierra and Claro-Madruga, 1979), compared to other species which have lower growth rates and which are less active benthic predators (Ross and Huntsman, 1982).

Finally, it is worth noting that the validity of the results is limited by the size of the sampling as well as by the lack of previous studies on this population in the study area. The continuous effort that tends to increase the knowledge of fishing biology of the lane snapper will allow to confirm or correct and improve the estimates done in this paper. An adequate knowledge of the natural and induced changes to which the fishing resources are submitted can only be obtained by means of permanent observation programs. This allows immediate adjustments taking into account the restricted disponibility of the resource. Unfortunately, the optima of exploitation do not coincide for the three possibilities and the criteria of application depend on the social conditions of the moment.

## CONCLUSION

The most important objective of any fishery study, whatever its exploitation level is and above all when overfishing is obvious, must be the determination of the optimum catch. Given the conditions of the lane snapper fishery in the state of Yucatan and according to the sampling results which constituted the first approach to the evaluation of this resource, the optimum fishing regime will correspond to the situation when the fishing pressure maintains such a population structure that the age seven is the last one. In order to obtain such condition, we found that the necessary exploitation regime, in terms of mortality per catch and of total net capacity of the fleet, corresponds approximately to the present situation.

Katarzyna Michejda translated this paper into English.

Es pertinente recalcar finalmente, que la validez de los resultados está limitada por el tamaño de la muestra y por la falta de estudios previos sobre esta población en el área de estudio; el esfuerzo continuado tendiente a incrementar el conocimiento de la biología pesquera de la rubia permitirá confirmar, o en su caso corregir y mejorar las estimaciones hechas en este trabajo. Un conocimiento adecuado de los cambios naturales e inducidos a que están sometidos los recursos pesqueros se logra sólo a través de programas de observación permanentes; esto permite hacer adecuaciones sobre la marcha a las políticas de regulación cuyos fines pueden ser económicos o sociales, teniendo como restricción la disponibilidad del recurso; infortunadamente los óptimos de explotación no son coincidentes para las tres posibilidades y los criterios de aplicación dependen de las condiciones sociales del momento.

## CONCLUSION

El objetivo más importante en cualquier estudio de una pesquería, sea cual fuere el grado de explotación y sobre todo cuando se tienen evidencias de sobrepesca, debe ser la determinación de la captura óptima. Dadas las condiciones en que se ha venido desarrollando la pesquería de la rubia en el estado de Yucatán, y de acuerdo con los resultados del muestreo que son la primera aproximación a la evaluación de este recurso, el régimen óptimo de pesca corresponderá a aquella situación en que la presión de pesca mantenga a la población con una estructura tal que la edad siete sea la última. Para lograr esta condición, se ha encontrado que el régimen de explotación necesario, en términos de mortalidad por pesca y de capacidad neta total de la flota corresponde aproximadamente, a la situación actual.

## LITERATURA CITADA

ARREGUIN, F. y Chávez E. A. (1985) A method for fish stock assessment based upon age structure. International Symposium on Age and Growth of Fish. June, Iowa, U.S.A.

CARRILLO DE ALBORNOZ, C. (1979) Estado de la Pesquería de la biajaiba (*Lutjanus synagris*) en la Plataforma Suroccidental de Cuba. Rev. Cub. Inv. Pesq. 4(4):42p.

CASSIE, R. M. (1954) Some uses of probability paper in the analysis of size frequency distributions. Aust. Jour. of Mar. Fres. Res. 5(3):513-522.

CONTRERAS, M. (1979) Programa de pesca experimental para la costa de Yucatán. curso de Investigación Pesquera. C.I.P. Yucalpetén.

CHUGUNOVA, N. I. (1963) Age and growth studies in fish. National Science Foundation, Washington, D.C., U.S.A.

CLARO-MADRUGA, R. (1981a) Ecología y ciclo de vida de la biajaiba (*L. synagris*, Linnaeus) en la Plataforma Cubana. II. Biología Pesquera. Acad. Cienc. Cuba.

CLARO-MADRUGA, R. (1981b) Ecología y ciclo de vida de la Biajaiba (*L. synagris*, Linnaeus) en la Plataforma cubana. III. Nutrición Acad. Cien. Cuba.

CRUZ, R. (1978) algunas consideraciones sobre las pesquerías de la biajaiba (*L. synagris*, Linne 1758) en la plataforma suroccidental de Cuba. Rev. Cub. Invest. Pesq. 3(3):51-82.

DAMAS, T. Millares N. y Borrego (1978) Desarrollo embrionario y prelarval de la biajaiba (*Lutjanus sinagris*, Linne 1758). Rev. Cub. Invest. Pesq. 5(2): 21-38.

DAMAS, T. Millares N. y Borrego M. (1979) Fecundidad en la biajaiba (*Lutjanus synagris*, Linne 1758). Rev. Cub. Invest. Pesq. 4(3): 19-30.

DE LEON, M. E. (1980) Pesquería de Arrastre. Rev. cub. Invest. Pesq. 5(2): 21-38.

DOI, T. (1975) Curso intensivo sobre dinámica de poblaciones. Inst. Nal. de Pesca, México.

DRUZHININ, A. D. (1970) The range and biology of snappers (Fam. Lutjanidae). J. Ichthyol. 10(6):717-736.

- ERHARDT, N. (1977) Contribution to the biology of *Lutjanus synagris* (Linnaeus, 1758) on the Colombian Atlantic Coast. Zool. Beitr. 23(20): 235-265).
- FAO (1982) Métodos de recolección y análisis de datos de talla y edad para la evaluación de poblaciones de peces. FAO, Circ. Pesca (736): 101p.
- FHISTRAD, J. H. (1980) Comparative allometric growth of the digenetic trematode *Metadena globosa* (Hinton, 1918) in three species of Caribbean fishes. J. Paras. 66(4): 642-644.
- HARDING, J.P. (1949) The use of probability paper for the graphical analysis of polymodal frequency distributions. Journ. Mar. Biol. Assoc. U.K. 28p.
- MENDOZA, A. (1966) Técnicas de determinación de edades de peces en vértebras. Escamas y Otolitos. Inst. Nal. Invest. biol. Pesq. Serie T Divulgación Vol. XI (107).
- MENON, M. D. (1950) The determination of age and growth of fishes of tropical and sub-tropical waters. J. Bombay Natural Hist. Society, Vol. 51.
- MOBREGA-MENESES, H. M. (1976) Composition of some marine fishes of the north-eastern part of Brazil. Cier. Mar. Univ. Fed. Ceara. 16, 17:23-26.
- MUNRO, J. L. y Thompson, R. (1974) The biology, ecology and bionomics of caribbean reef fishes: Lutjanidae (Snappers). Research Report. Zoology Department, University of the West Indies, No. 3 Jamaica.
- OLAECHEA, J. A. y Cruz, I. R. (1976) Control de las pesquerías de la biajaiba en la Plataforma suroccidental de Cuba. Rev. Invest., I.N.P. 2(1): 3-32.
- PAULY, D. (1981) A selection of simple methods for the assessment of tropical fish stocks. FAO, Circ. Fish. (729): 56p.
- PITCHER, T. y Hart P. (1982) Fisheries ecology. Ed. American, London.
- RANDALL, J. E. (1965) Food habits of reef fishes of the West Indies. In: Proceedings of the International Conference on Tropical Oceanography. University of Miami. Nov. 17-24.
- RESHETNIKOV, Y.S. y Claro, R. M. (1976) Cycles of biological process in tropical fishes with reference to *Lutjanus synagris*. Jour. Ichthyol. 16(5): 711-723.
- RICKER, W.E. (1975) Computation and Interpretation of biological statistics of fish population. bull. Fish. Res. Can. 191:149-172.
- ROE, R.B. (1976) Distribution of snappers and groupers in the Gulf of México and Caribbean Sea as Determined from Exploratory fishing Data. 124-145. In: Colloquium on snappers-Grouper Fisheries resources of the Western Central Atlantic Ocean (H. R. Bullis Jr. and a. C. Jones editores). G. St. Mar. Fish. comm. Louisiana, USA.
- ROSS, J. L. y Huntsman G. R. (1982) Age, growth and mortality of blueline tilefish from North Carolina and South Carolina Trans. Amer. fish. Soc. 111: 585-592.
- RUIZ-DURAN, M.F. (1970) Líneas de crecimiento en escamas de algunos peces de México. Inst. Nal. de Invest. Biol. Pesq. Serie de Investigación Pesquera. Est. 2.
- SCHAEFER, M.B. (1954) Fisheries Dynamics and the concept of the maximum equilibrium catch. Proc. GCFI 16th Ann. Sess. Miami Fla. 53-64.
- SIERRA, L.M. y Claro R. M. (1979) Variación estacional de la velocidad de digestión en dos especies de peces Lutjanidos, la biajaiba (*Lutjanus synagris*) y el caballerote (*Lutjanus griseus*). Academia de Ciencias de Cuba.