

BIOLOGÍA REPRODUCTIVA DE LA GUITARRA PINTA, *Zapterix exasperata* (PISCES: RHINOBATIDAE), EN BAHÍA ALMEJAS, BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO

REPRODUCTIVE BIOLOGY OF THE BANDED GUITARFISH, *Zapterix exasperata* (PISCES: RHINOBATIDAE), IN BAHÍA ALMEJAS, BAJA CALIFORNIA SUR, MEXICO

Carlos J. Villavicencio-Garayzar

Departamento de Biología Marina
Universidad Autónoma de Baja California Sur
Apartado postal 19 B
La Paz, BCS, 23080
México

Recibido en agosto de 1994; aceptado en noviembre de 1994

RESUMEN

Se proporciona una descripción de la biología reproductiva de la guitarra pinta, *Zapterix exasperata* (Jordan y Gilbert). El estudio se llevó a cabo en un campo pesquero localizado en bahía Almejas, en la costa occidental de Baja California, desde agosto de 1990 hasta junio de 1994. La guitarra pinta permanece en la bahía de enero a agosto. De febrero a marzo termina el crecimiento de los ovocitos, y la cópula y ovulación se realizan a finales de marzo y principios de abril. El desarrollo de los embriones se inicia en abril y termina de julio a agosto, después de un periodo de gestación de tres a cuatro meses. La talla de los neonatos es entre 15 y 18 cm de longitud total. La proporción de sexos en adultos fue dominada por las hembras, sin embargo, en embriones fue de 1:1. La fecundidad varió desde cuatro hasta 11 embriones por hembra.

Palabras clave: *Zapterix exasperata*, biología reproductiva, México.

ABSTRACT

A description of the reproductive biology of the banded guitarfish, *Zapterix exasperata* (Jordan and Gilbert) is presented. The study was conducted in a fishing camp located in Bahía Almejas on the west coast of Baja California, from August 1990 to June 1994. The banded guitarfish is present in the bay from January to August. Oocyte growth ends in February-March, and copulation and ovulation occur at the end of March and beginning of April. Embryonic development begins in April and ends in July-August, after a gestation period of three to four months. The size of the neonates is between 15 and 18 cm total length. Females dominated in the adult sex ratio, however, it was 1:1 in the embryos. Fecundity varied from four to 11 embryos per female.

Key words: *Zapterix exasperata*, reproductive biology, Mexico.

INTRODUCCIÓN

Zapterix exasperata (Jordan y Gilbert), denominada guitarra pinta por los pescadores de bahía Almejas (fig. 1), es una especie que se

INTRODUCTION

Zapterix exasperata (Jordan and Gilbert), known as banded guitarfish by the fishermen in Bahía Almejas (fig. 1), is a species that is

distribuye de Newport Beach, California, hasta Panamá (Beeve y Tee-Van, 1941; Eschmeyer *et al.*, 1983; Miller y Lea, 1972; Walford, 1935), incluyendo el golfo de California (Castro-Aguirre *et al.*, 1970; Van der Heiden y Findley, 1988). Mathews y Guardado (1975) mencionan la captura de esta especie en la pesca de arrastre de bahía Magdalena. Los aspectos de biología básica de la guitarra pinta son poco conocidos; a la fecha sólo se conoce su talla máxima, 91 cm de longitud total (Eschmeyer *et al.*, 1983). Por lo anterior, en el presente trabajo se describe la biología reproductiva de *Z. exasperata*, con base en organismos capturados en la pesquería artesanal de bahía Almejas, costa occidental de Baja California Sur.

MATERIAL Y MÉTODOS

Bahía Almejas se localiza en la costa occidental de Baja California Sur y forma parte del complejo lagunar de bahía Magdalena (fig. 1). Se encuentra en el sur del complejo, tiene una extensión de 370 km², y presenta una condición antiestuarina durante todo el año, con salinidad mayor en el interior que en el océano (Álvarez-Borrego *et al.*, 1975). Las menores temperaturas se presentan en marzo y abril, y las máximas en agosto y septiembre.

El presente estudio se llevó a cabo con ayuda de los pescadores del campo pesquero de Puerto Viejo, localizado en la costa oriental de bahía Almejas (fig. 1), quienes se dedican durante todo el año a la captura comercial de rayas. La captura de rayas se realiza principalmente con redes de multifilamento con luz de malla entre 10 y 30 cm. La revisión de las redes se hace por la mañana. Se efectuaron seis salidas de muestreo al campo pesquero en los meses de agosto (23 a 25), octubre (19 a 21) y diciembre (12 a 13) de 1990, y en marzo (20 a 22), junio (4 a 6), y julio y agosto (31 a 2) de 1991. Las visitas al campo continuaron durante 1992 con periodicidad mensual, y una duración por muestreo de cuatro a cinco días, para un total de 58 días más. Cuando ya se había analizado la captura comercial durante 75 días, sólo se habían observado dos hembras con embriones. Por ello, se recurrió a la colaboración de los

distributed from Newport Beach, California to Panama (Beeve and Tee-Van, 1941; Eschmeyer *et al.*, 1983; Miller and Lea, 1972; Walford, 1935), including the Gulf of California (Castro-Aguirre *et al.*, 1970; Van der Heiden and Findley, 1988). Mathews and Guardado (1975) state that this species is caught with trawls in Bahía Magdalena. The basic biological aspects of the banded guitarfish are not well known; to date, only its maximum length is known, 91 cm total length (Eschmeyer *et al.*, 1983). For this reason, the present study describes the reproductive biology of *Z. exasperata*, based on organisms caught in the artisanal fishery in Bahía Almejas, west coast of Baja California Sur.

MATERIAL AND METHODS

Bahía Almejas is located on the west coast of Baja California Sur and forms part of the Bahía Magdalena lagoonal complex (fig. 1). It is located to the south of the complex, has an area of 370 km² and has an antiestuarine condition throughout the entire year (Álvarez-Borrego *et al.*, 1975). The lowest temperatures occur in March-April and the highest in August-September.

The present study was conducted with the help of the fishermen from the fishing camp Puerto Viejo, located on the east coast of Bahía Almejas (fig. 1), who dedicate the entire year to the commercial fishery of rays. Rays are principally caught with multifilament nets with a mesh size between 10 and 30 cm, which are inspected in the morning. Six sampling campaigns were made to the fishing camp during August (23-25), October (19-21) and December (12-13) in 1990, and March (20-22), June (4-6) and July-August (31-2) in 1991. Monthly trips lasting four to five days were made to the camp during 1992, for a total of 58 more days. After analyzing the commercial catches from the 75 days, only two females with embryos were observed. The fishermen were then asked to corroborate by recording the daily catches from March to December 1993. They were trained to measure total length and to place the ovaries and oviducts in formaldehyde. Twelve

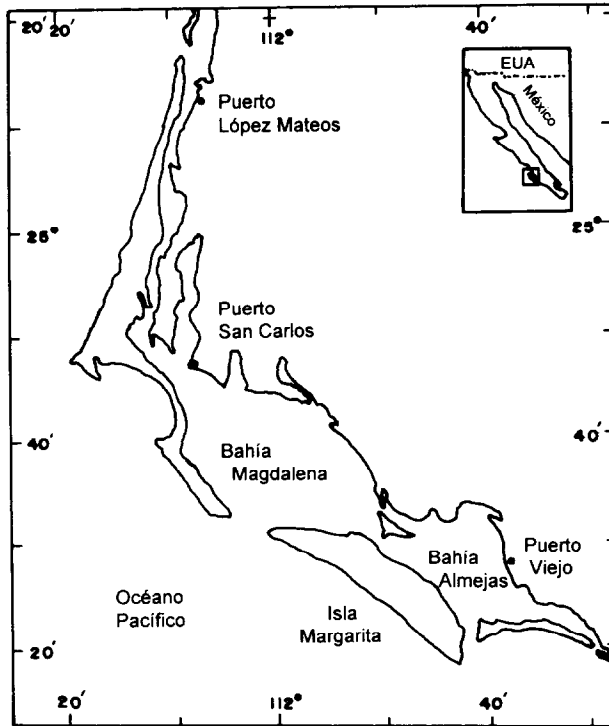


Figura 1. Área de estudio.

Figure 1. Study area.

pescadores, mediante un seguimiento diario de la captura de marzo a diciembre de 1993. Ellos fueron entrenados para medir la longitud total y recolectar en formaldehído ovarios y oviductos. Adicionalmente, durante 1993 se efectuaron 12 días de muestreo en el campo pesquero: marzo (11, 20 y 21), julio y agosto (30 a 4) y octubre (14 a 16), y en 1994, 24 días más en: marzo (13 a 20 y 27 a 31), abril (16 y 28 a 30), mayo (1 a 3) y junio (26 a 29).

Todos los organismos fueron medidos en su longitud total (LT), y para los recolectados durante las visitas al campo, se obtuvo el peso total. Además se determinó el sexo. En los machos se midió el gonopoterigio desde el ano hasta su extremo distal y se presionó la cintura pélvica para comprobar la presencia de líquido seminal en los conductos deferentes (Martin y Cailliet, 1988). En hembras se midió el ovocito mayor presente en los dos ovarios y se anotó el número, longitud total y sexo de los embriones

samplings were also conducted in the fishing camp during 1993: March (11 and 20-21), July-August (30-4) and October (14-16). Twenty-four more days were added in 1994: March (13-20 and 27-31), April (16 and 28-30), May (1-3) and June (26-29).

All of the organisms were measured in total length (TL) and the samples taken during the campaigns to the camp were weighed for total weight. Sex was also determined. The clasper was measured in the males from the anus to the distal end. Pressure was applied to the pelvic girdle to establish the presence of seminal liquid in the deferent ducts (Martin and Cailliet, 1988). In the females, the largest oocyte present in the two ovaries was measured, and the number, total length and sex of the embryos per individual was noted. The average size of the embryos was obtained from each female, which was used to calculate the monthly embryonic mean.

por individuo. De cada hembra con embriones, se obtuvo la talla promedio de éstos, y a partir de ella, se estimó la media mensual de los embriones.

RESULTADOS

Distribución temporal

Un total de 116 hembras y 23 machos se recolectaron entre 1990 y 1994. Las hembras de la guitarra pinta fueron capturadas sólo durante diciembre a agosto, y principalmente en el periodo de marzo a julio. En cambio, los machos fueron recolectados exclusivamente en marzo y abril. La información tomada por los pescadores consideró mayor cantidad de hembras, por lo que la proporción de sexos en adultos está sesgada. Sin embargo, durante los muestreos de campo de 1992 se recolectaron en total 19 hembras y dos machos.

Composición de tallas

Las hembras presentaron una talla promedio de 85.67 ± 5.56 cm LT, con mínima de 60.5 cm y máxima de 97 cm (fig. 2). Esta última fue registrada por los pescadores, mientras que la máxima observada en los muestreos de campo fue de 94 cm, con 5.5 kg de peso total. Los machos tuvieron una longitud total promedio de 75.65 ± 6.07 cm, con mínimo de 55.5 y máximo de 83 cm LT y 3.7 kg de peso. Las hembras fueron 17% más grandes que los machos. La longitud máxima resultó ser 6 cm mayor que la registrada previamente para *Z. exasperata* por Eschmeyer *et al.* (1983).

Biología reproductiva

Madurez sexual

El macho más pequeño, con longitud total de 55.5 cm, resultó ser sexualmente inmaduro. En cambio, los ejemplares de 69 cm en adelante presentaron los gonopterigios desarrollados y calcificados. Inclusive, al presionar la cintura pélvica, se observó abundante semen. No se cuenta con información de individuos entre

RESULTS

Temporal distribution

A total of 116 females and 23 males were collected between 1990 and 1994. Female banded guitarfish were caught between December and August only, mainly from March to July. The males, however, were collected exclusively during March and April. The information obtained by the fishermen contained a greater amount of females, which creates a biased sex ratio in the adults. However, during the sampling campaigns of 1992, a total of 19 females and two males were collected.

Size composition

The females presented an average size of 85.67 ± 5.56 cm TL, with a minimum of 60.5 cm and maximum of 97 cm (fig. 2). This maximum was recorded by the fishermen, while the maximum recorded during the sampling campaigns was 94 cm and a total weight of 5.5 kg. The males presented an average total length of 75.65 ± 6.07 cm, with a minimum of 55.5 and maximum of 83 cm TL, and 3.7 kg in weight. The females were 17% larger than the males. The longest length was 6 cm greater than that previously recorded for *Z. exasperata* by Eschmeyer *et al.* (1983).

Reproductive biology

Sexual maturity

The smallest male, 55.5 cm TL, was sexually immature. The specimens measuring 69 cm and longer presented developed and calcified claspers. In fact, upon applying pressure to the pelvic girdle, abundant semen was observed. There is no information available on individuals between 55.5 and 69 cm to determine size at first maturity.

With regard to females, the individuals with smaller total length and developed oocytes (35 to 42 mm diameter) measured 77 cm. Two specimens measuring 78 cm contained embry-

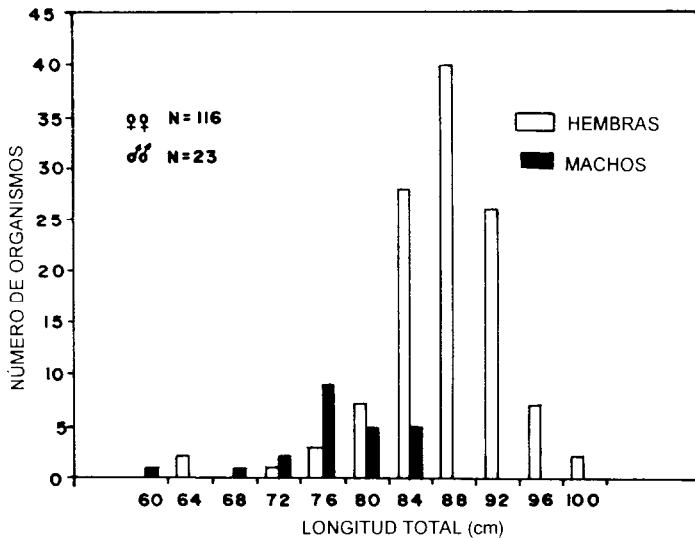


Figura 2. Composición de tallas de machos y hembras de la guitarra pinta, *Z. exasperata*, en la captura comercial de bahía Almejas, Baja California Sur.

Figure 2. Size composition of male and female banded guitarfish, *Z. exasperata*, from commercial catches in Bahía Almejas, Baja California Sur.

55.5 y 69 cm para precisar la talla de primera madurez.

Respecto a las hembras, los individuos de menor longitud total con ovocitos desarrollados (diámetro de 35 a 42 mm) midieron 77 cm. Dos ejemplares de 78 cm presentaron embriones. Las hembras de 76 cm LT y menores tuvieron ovocitos transparentes con un diámetro de 3.0 a 6.5 mm y no se les encontraron embriones en los oviductos. Estas hembras fueron recolectadas en marzo, mes en que el diámetro de los ovocitos es mayor. La talla inicial de madurez sexual en hembras de la guitarra pinta es 77 cm LT. Esto es el 79% de su longitud máxima conocida. El inicio de la madurez sexual es comparable porcentualmente con el de *Rhinobatos horkelli* (Lessa, 1982; Lessa *et al.*, 1986), *R. productus* (Villavicencio-Garayzar, 1993a), *Narcine brasiliensis* (Villavicencio-Garayzar, 1993b), y *Rhinoptera bonasus* (Smith y Merriner, 1986).

Desarrollo ovárico

La guitarra pinta posee dos pares de ovarios y oviductos funcionales, de manera similar a

os. The females measuring 76 cm TL and less had transparent oocytes with diameters between 3.0 and 6.5 mm and no embryos were found in the oviducts. These females were caught in March, month in which the diameter of the oocytes is greater. The initial size of sexually mature banded guitarfish females is 77 cm TL. This is 79% of their known maximum length. The onset of sexual maturity is proportionally similar to *Rhinobatos horkelli* (Lessa, 1982; Lessa *et al.*, 1986), *R. productus* (Villavicencio-Garayzar, 1993a), *Narcine brasiliensis* (Villavicencio-Garayzar, 1993b) and *Rhinoptera bonasus* (Smith and Merriner, 1986).

Ovarian development

The banded guitarfish has two pairs of functional ovaries and oviducts, similar to other rhinobatids: *i.e.*, *R. horkelli*, *R. annulatus* and *R. productus* (Lessa, 1982; Rossouw, 1983; Timmons, 1991; Villavicencio-Garayzar, 1993a). Maximum values of the average monthly diameter of the oocytes were reached in February and March (fig. 3), when all of the mature females had oocytes with diameters of

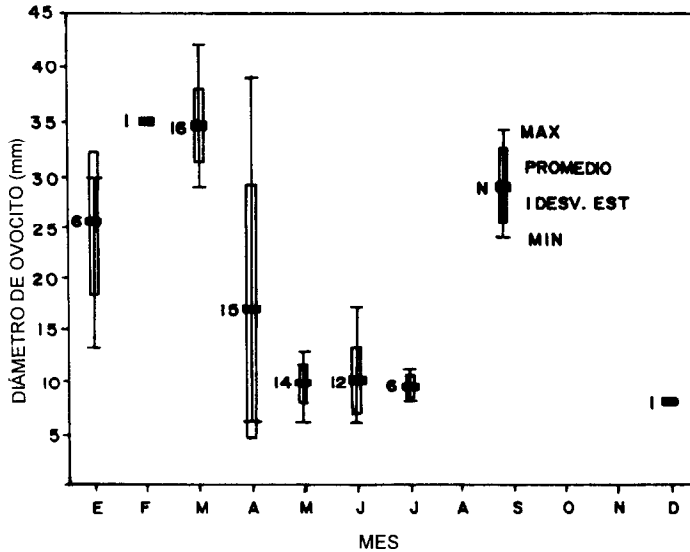


Figura 3. Diámetro promedio mensual de los ovocitos de *Z. exasperata* (N representa el número de hembras).

Figure 3. Average monthly diameter of the oocytes from *Z. exasperata* (N represents the number of females).

otros rinobátidos: *i. e.*, *R. horkelli*, *R. annulatus* y *R. productus* (Lessa, 1982; Rossouw, 1983; Timmons, 1991; Villavicencio-Garayzar, 1993a). El diámetro promedio mensual de los ovocitos alcanzó sus valores máximos en febrero y marzo (fig. 3), meses en los que todas las hembras maduras tuvieron ovocitos con diámetros de 29.5 a 42 mm. En abril se observó una reducción en el promedio a 16.8 mm, con un gran intervalo de 6 hasta 39 mm. En los siguientes meses los ovocitos permanecieron de tamaño reducido. El único mes en que hubo hembras con ovocitos pequeños y grandes fue abril; esto sugiere que la guitarra pinta presenta un único desarrollo anual sincrónico de ovocitos y, por tanto, de ovulación.

Desarrollo embrionario

Cada oviducto presentó los huevos protegidos por una envoltura común de color café. Los embriones comenzaron a ser observados macroscópicamente, en tres hembras, a partir de abril. De mayo a julio todas las hembras presen-

29.5 to 42 mm. A reduction in the average to 16.8 mm was observed in April, as well as a large interval of 6 to 39 mm. The oocytes remained small in the following months. The only month in which there were females with small and large oocytes was April; this suggests that the banded guitarfish presents a single synchronized yearly development of oocytes and hence, ovulation.

Embryonic development

Each oviduct contained eggs protected with the common, brown-colored egg case. Microscopic observations of embryos in three females began in April. From May to July, all of the females presented embryos (table 1). The average size of the embryos increased monthly; however, the range of the total length interval was large. Table 1 presents the values obtained in the different years. It is possible that the elevated monthly variation is a result, in part, of the interannual differences in the reproductive periods. The maximum average size of the em-

Tabla 1. Longitud total promedio, desviación estándar, máximo y mínimo mensual de los embriones de la guitarra pinta, *Z. exasperata*. NH y NE representan el número de hembras y embriones, respectivamente.

Table 1. Average total length, standard deviation and monthly embryonic maximums and minimums of the banded guitarfish, *Z. exasperata*. NH and NE represent the number of females and embryos, respectively.

Mes	Promedio	STD	Máx	Mín	NH	NE
Marzo	-	-	-	-	-	-
Abril	23.2	4.01	28.6	19	3	11
Mayo	55.24	30.69	114	22.05	10	76
Junio	67.79	45.62	155	18.25	25	171
Julio	80.26	36.59	142	35.15	7	52
Agosto	-	-	-	-	-	-

taron embriones (tabla 1). La talla promedio de los embriones tuvo un incremento mensual; sin embargo, la amplitud del intervalo de la longitud total fue grande. En la tabla 1 se incluyen los valores obtenidos en los diferentes años. Es posible que la elevada variación mensual sea, en parte, resultado de diferencias interanuales en los periodos reproductivos. La talla máxima promedio de los embriones encontrados en los oviductos de una hembra fue de 155 mm LT, y el embrión individual de mayor tamaño midió 163 mm LT. Por otra parte, en un estudio realizado sobre la ictiofauna de la laguna de San Ignacio (27°08'19"N y 113°10'45"W), durante agosto de 1992, se capturaron con redes de arrastre dos ejemplares de hembras de 17.5 y 22 cm LT, que son las dimensiones mínimas conocidas para organismos libres. Por tanto, se considera que la talla de los neonatos es entre 15 y 18 cm LT.

Las paredes internas de los oviductos de la guitarra pinta carecen de vellosidades, denominadas trofonemata, que tienen la función de producir una leche intrauterina, medio por el cual la madre transfiere alimento a los embriones para completar su desarrollo interno (Wourms, 1977 y 1981). La ausencia de vellosidades es, al parecer, una característica de los rinobátidos, y permite clasificar a *Z. exasperata* como vivípara obligada lecitotrófica (Wourms, 1981; Wourms *et al.*, 1988), o como

bryos found in the oviducts of a female was 155 mm TL, and the largest individual embryo measured 163 mm TL. On the other hand, in a study conducted on the ichthyofauna in Laguna de San Ignacio (27°08'19"N and 113°10'45"W) during August 1992, two female specimens measuring 17.5 and 22 cm TL were caught in the trawl nets. These are the minimum dimensions known for free organisms. Thus, it is considered that the size of the neonates is between 15 and 18 cm TL.

The oviducts of the banded guitarfish lack villi, called trophonemata, in the internal walls, which produce uterine milk that the mother transfers to the embryos in order to complete their internal development (Wourms, 1977, 1981). The absence of villi seems to be characteristic of the rhinobatids and allows *Z. exasperata* to be classified as an obligated lecithotrophic viviparous species (Wourms, 1981; Wourms *et al.*, 1988) or as a uterine viviparous with unformed compartments of the type II uterus-yolk-sac (Otake, 1990).

Fecundity

The number of embryos varied between 4 and 11; this last value was presented by a female measuring 88 cm TL (fig. 4). The most common fecundity was between 6 and 9 embryos. These values are comparable to those ob-

vivípara uterina con los compartimientos no formados, del tipo II útero-saco vitelino (Otake, 1990).

Fecundidad

El número de embriones por hembra varió de 4 hasta 11; este último valor lo presentó una hembra de 88 cm LT (fig. 4). La fecundidad más común fue entre 6 y 9 embriones, valores comparables con los obtenidos en otros rino-bátidos: 4 a 12 en *R. horkelli*, (Lessa, 1982; Lessa *et al.*, 1986), 4 a 7 en *R. halavi*, 4 a 8 en *Rhynchobatos djiddensis* (Melouk, 1949), 2 a 11 en *R. annulatus* (Rossouw, 1983) y 6 a 16 en *R. productus* (Villavicencio-Garayzar, 1993a). Es notorio que conforme la talla de la hembra aumenta, la fecundidad también se incrementa. La fecundidad dependiente de la talla materna se ha observado en *R. horkelli*, *R. annulatus* y *R. productus* (Lessa *et al.*, 1986; Villavicencio-Garayzar, 1993a).

Proporción de sexos en embriones

Debido a la marcada segregación entre juveniles y adultos y, en estos últimos, entre machos y hembras, o a la diferente mortalidad de cada sexo (Holden, 1974; Hoenig y Gruber, 1990), o a selectividad de los artes de pesca (Villavicencio-Garayzar, 1993a, b) en la mayoría de las ocasiones, la proporción de sexos obtenida en las capturas resulta sesgada. Este es el caso en la captura de la guitarra pinta, donde las hembras dominaron la proporción de sexos. Por ello, se recomienda obtener la proporción de sexos en embriones. En 26 hembras analizadas, se encontraron 197 embriones, 99 hembras y 98 machos. A nivel embrionario no hay diferencias en la proporción de sexos. Es probable que la diferencia en la proporción sexual en adultos se deba a una segregación por área y tiempo, los machos sólo se capturaron en marzo y abril, y a una selectividad mayor de las redes por organismos grandes, en este caso las hembras.

DISCUSIÓN

En el estudio de los elasmobranquios, por lo general, existen problemas para obtener infor-

mación por otros rino-bátidos: *R. horkelli* with 4 to 12 (Lessa, 1982; Lessa *et al.*, 1986), 4 to 7 in *R. halavi*, 4 to 8 in *Rhynchobatos djiddensis* (Melouk, 1949), 2 to 11 in *R. annulatus* (Rossouw, 1983) and 6 to 16 in *R. productus* (Villavicencio-Garayzar, 1993a). It is obvious that fecundity increases as the size of the female increases. A maternal-size dependent fecundity has been observed in *R. horkelli*, *R. annulatus* and *R. productus* (Lessa *et al.*, 1986; Villavicencio-Garayzar, 1993a).

Embryonic sex ratio

Due to the marked segregation between juveniles and adults, between adult males and females, different mortalities between the sexes (Holden, 1974; Hoenig and Gruber, 1990) or selectivity in the fishery (Villavicencio-Garayzar, 1993a, b), the majority of the sex ratios obtained from the captures was biased. This is the case in the capture of the banded guitarfish, where females dominated the sex ratio. It is thus recommended to calculate the embryonic sex ratio. In 26 females analyzed, 197 embryos were found, 99 females and 98 males. There are no differences in the sex ratio at the embryonic level. It is probable that the difference in the adult sex ratio is due to a spatiotemporal segregation; the males are caught in March and April only and a greater selectivity is exercised on the females, because the type of net used is for large organisms.

DISCUSSION

In the study of elasmobranchs, problems generally exist in obtaining continuous information during an annual cycle. It is therefore necessary, in the majority of the cases, to combine information from many years and, due to the migratory character of these species, from different geographic regions. The banded guitarfish is caught only occasionally in the commercial fishery of rays in Bahía Almejas. This population dynamics, a migratory species with segregation in juveniles and between sexes, and a low abundance in the commercial catch have made the study of the reproductive biology of

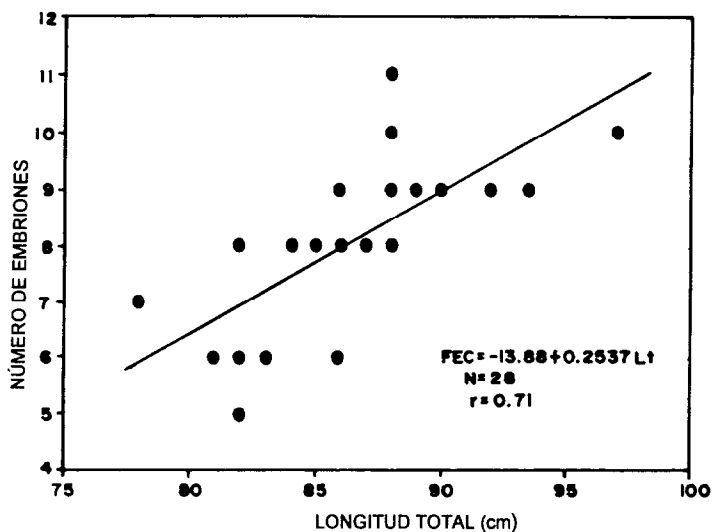


Figura 4. Relación entre fecundidad y longitud materna en la guitarra pinta, *Z. exasperata*.

Figure 4. Ratio between fecundity and maternal length of the banded guitarfish, *Z. exasperata*.

mación continua durante un ciclo anual. Por ello es necesario, en la mayoría de los casos, conjuntar información de varios años y, por el carácter migratorio de estas especies, de diversos lugares geográficos. Por otra parte, la guitarra pinta es capturada sólo ocasionalmente por la pesquería comercial de rayas de bahía Almejas. Esta dinámica poblacional, especie migratoria con segregación de juveniles y entre sexos, y abundancia baja en la captura comercial, han hecho difícil el estudio de la biología reproductiva de *Z. exasperata*. A pesar de haber recabado datos de la captura comercial de 310 días, sólo fue posible obtener información de 116 hembras y 23 machos. Sin embargo, la consistencia de la información en la fase final de ovogénesis y durante el periodo de desarrollo embrionario permite describir el ciclo reproductivo de la guitarra pinta, *Z. exasperata*, en bahía Almejas.

De acuerdo con los meses de captura, es posible determinar que el periodo de permanencia de las hembras es de enero a julio y agosto. En machos, la permanencia está, al parecer, restringida a marzo y abril. En los dos únicos muestreos realizados con redes de

Z. exasperata difícil. Even after having obtained information from the commercial catches from 310 days, it was only possible to obtain information from 116 females and 23 males. However, the consistency of the information in the final phase of the ovogénesis and during the period of embryonic development makes it possible to describe the reproductive cycle of the banded guitarfish, *Z. exasperata*, in Bahía Almejas.

According to the months of capture, it is possible to determine that the residency period of the females is from January to July-August. In males, residency is apparently restricted to March and April. In the two samplings conducted with trawls in February and August in Bahía Magdalena by Mathews and Guardado (1975), 122 and 94 individuals were caught, respectively. No other results were obtained.

From January to March and possibly from August, the oviducts of the banded guitarfish are empty. But in March and at the beginning of April the oocytes in the ovaries reach their maximum diameter, with a notable reduction in the average in April. For this reason, there is a high probability that copulation occurs in this

arrastre en febrero y agosto en bahía Magdalena, por Mathews y Guardado (1975), se capturaron 122 y 94 individuos, respectivamente, y no hubo otros resultados.

De enero a marzo, y posiblemente desde agosto, los oviductos de la guitarra pinta se encuentran vacíos. Pero, en marzo y principios de abril los ovocitos de los ovarios alcanzan su diámetro máximo, con una reducción notable del promedio en abril. Por ello, existe una alta probabilidad de que en este mes se realice la cópula. Posteriormente las hembras ovulan y fertilizan los ovocitos e inician inmediatamente el desarrollo embrionario, que continúa hasta julio, cuando nacen los neonatos. Esta hipótesis se apoya en el hecho de que, a pesar de combinar información de 1990 a 1994, los resultados sobre el diámetro de los ovocitos y el crecimiento embrionario se han mantenido similares entre años.

Esta estrategia reproductiva difiere de la descrita para *R. horkelli*, *R. annulatus* y *R. productus*, en las que para un mismo periodo de tiempo de manera simultánea al desarrollo embrionario crecen los ovocitos de la siguiente progenie, los cuales son fecundados en los días siguientes a la expulsión de los neonatos y permanecen sin desarrollo embrionario por cerca de ocho meses, hasta que reinician su crecimiento el siguiente año (Lessa, 1982; Lessa *et al.*, 1986; Rossouw, 1983; Villavicencio-Garayzar, 1993a). Sin embargo, el periodo de desarrollo embrionario activo es similar en todas, *i.e.* tres a cuatro meses.

En el único organismo recolectado en diciembre de 1992, se obtuvieron dos embriones de 27 y 21 mm LT. No sabemos si estos embriones provienen de un segundo desarrollo embrionario, o bien de una anomalía en la sincronía del desarrollo. Para ninguna especie de raya se han descrito dos periodos de gestación en el año, esto incluye aquellas que poseen desarrollos embrionarios cortos de dos meses, *Dasyatis violacea* (Ranzi y Zezza, 1936), de cuatro meses, *Dasyatis sabina* (Snelson *et al.*, 1988), o las que presentan un detenimiento embrionario después de la fecundación de los huevos: *D. sayi* (Snelson *et al.*, 1989), *R. horkelli* (Lessa, 1982; Lessa *et al.*, 1986), *R. annulatus*

month. Subsequently, the females ovulate and fertilize the oocytes and immediately begin the embryonic development that lasts until July when the neonates are born. This hypothesis is supported by the fact that the results from oocyte diameter and embryonic growth have remained similar even though information was combined from 1990 to 1994.

This reproductive strategy differs from that described for *R. horkelli*, *R. annulatus* and *R. productus*. In these species, embryonic development occurs simultaneously with growth of the oocytes for the following generation in the same time period. The oocytes are fecundated in the days following the expulsion of the neonates and remain without embryonic development for close to eight months until they reinitiate their growth the following year (Lessa, 1982; Lessa *et al.*, 1986; Rossouw, 1983; Villavicencio-Garayzar, 1993a). However, the active period of embryonic development is similar in all, *i.e.*, three to four months.

The only organism collected in December 1992 contained two embryos measuring 27 and 21 mm TL. It is not known if these embryos are from a second embryonic development or from an abnormality in the synchronization of the development. No two periods of gestation in the same year have been described for any species of rays; this includes those that possess short embryonic developments lasting two months, *Dasyatis violacea* (Ranzi and Zezza, 1936), four months, *D. sabina* (Snelson *et al.*, 1988), or those that present an embryonic diapause after fecundating the eggs: *D. sayi* (Snelson *et al.*, 1989), *R. horkelli* (Lessa, 1982; Lessa *et al.*, 1986), *R. annulatus* (Rossouw, 1983), *R. productus* (Villavicencio-Garayzar, 1993a) and *Narcine brasiliensis* (Villavicencio-Garayzar, 1993b). It can be assumed then that this sole organism presented an anomaly in the developmental synchronization.

The temperature in Bahía Almejas presents an annual variation, reaching minimum values of 18-20°C in April-May. Temperature begins to increase in May until reaching maximums of 25-26°C in August-September. Embryonic development in the banded guitarfish begins during low temperatures; however, the birth of the

(Rossouw, 1983), *R. productus* (Villavicencio-Garayzar, 1993a) y *Narcine brasiliensis* (Villavicencio-Garayzar, 1993b). Ello hace suponer que este organismo único presentó una anomalía en la sincronía de desarrollo.

La temperatura de bahía Almejas varía anualmente y alcanza los valores mínimos, de 18 a 20°C, en abril o mayo. A partir de este último mes comienza a incrementarse hasta llegar a su máximo entre agosto y septiembre, de 25 a 26°C. El desarrollo embrionario de la guitarra pinta se inicia con los valores mínimos de temperatura; sin embargo, los neonatos se presentan cuando la temperatura es máxima. Las rayas son organismos poiquilotermos, por lo que el nacimiento en este periodo, les permite tener mayor crecimiento individual. Además, de aprovechar el alimento disponible durante los picos de producción que se presentan en las lagunas costeras en primavera y verano. Es probable que la sincronización del periodo de gestación con los ciclos de temperatura y producción de alimento en la laguna, le proporcionen una ventaja adaptativa, con crecimiento más rápido de los neonatos. Esta sincronización del desarrollo embrionario con los ciclos de producción y temperatura se ha planteado para *R. horkelli* (Lessa, 1982), *R. annulatus* (Rossouw, 1983) y *R. productus* (Villavicencio-Garayzar, 1993a).

AGRADECIMIENTOS

Sin la colaboración de los pescadores del campo pesquero de Puerto Viejo: Jorge, Alejandro, Julián y Alejandro Escobar, así como los hermanos Martín y Juan Sánchez Angulo, hubiera resultado imposible la presente investigación. Se agradece la ayuda de campo prestada por Everardo Mariano Meléndez y Carolina Downton Hoffmann, así como las sugerencias sobre el manuscrito de Rafael Riosmena y Roberto Carmona. El financiamiento fue proporcionado por la Secretaría de Educación Pública y la Universidad Autónoma de Baja California Sur (convenios SEP/DGICSA-UABCS C91003-001-03 y PII 92-02-CM, respectivamente).

neonates occurs during the highest temperatures. Rays are poikilothermal organisms, and the birth of the neonates in this period allows for a greater individual growth. They also take advantage of the available food during the production peaks that are presented in the coastal lagoons in spring and summer. It is probable that the synchronization of the gestation periods with temperature and food production cycles in the lagoon, provides an adaptive advantage in a more rapid growth of the neonates. This synchronization between embryonic development and production and temperature cycles has been presented for *R. horkelli* (Lessa, 1982), *R. annulatus* (Rossouw, 1983) and *R. productus* (Villavicencio-Garayzar, 1993a).

ACKNOWLEDGEMENTS

This study would not have been possible without the corroboration of the fishermen from the fishing camp in Puerto Viejo: Jorge, Alejandro, Julián and Alejandro Escobar as well as the brothers Martín and Juan Sánchez-Angulo. Thanks to Everardo Mariano Meléndez and Carolina Downton-Hoffmann for their help in the field, and to Rafael Riosmena and Roberto Carmona for their suggestions on the manuscript. Financing was provided by the *Secretaría de Educación Pública* and the *Universidad Autónoma de Baja California Sur* (grants SEP/DGICSA-UABCS C91003-001-03 and PII 92-02-CM, respectively).

English translation by Jennifer Davis.

REFERENCIAS

- Álvarez-Borrego, S., Galindo-Bect, L. y Chee-Barragán, A. (1975). Características hidroquímicas de Bahía Magdalena, BCS, *Ciencias Marinas*, 2(2): 94-110.
- Beeve, W. and Tee-Van, J. (1941). Fishes from the Tropical Eastern Pacific (from Cedros Island, Lower California, south to the Galapagos Islands and northern Peru). Part 3. Rays, mantas and chimaeras. *Zoological Society, New York*, 28: 245-280.

- Castro-Aguirre, J.L., Arvizu-M., J. y Páez-B., J. (1970). Contribución al conocimiento de los peces del Golfo de California. **Rev. Soc. Mex. Hist. Nat.**, 31: 107-181.
- Eschmeyer, W.N., Herald, E.S. and Hammann, H. (1983). **A Field Guide to Pacific Coast Fishes**. Houghton Mifflin Co., Boston, Massachusetts.
- Hoening, J.M. and Gruber, S.H. (1990). Life-history pattern in the elasmobranchs: implications for fisheries management. In: H.L. Pratt, Jr., S.H. Gruber and T. Taniuchi (eds.), *Elasmobranchs as living resources: advances in the biology, ecology, systematics and the status of the fisheries*. **NOAA Tech. Rep. NMFS**, 90, pp. 1-17.
- Holden, M.J. (1974). Problems in the rational exploitation of elasmobranch populations and some suggested solutions. In: F.R. Harden-Jones (ed.), **Sea Fisheries Research**. John Wiley and Sons, New York, pp.117-137.
- Lessa, R.P. (1982). Biologie et dynamique des populations de *Rhinobatos horkelli* (Muller and Henle) du Plateau Continental du Rio Grande do Sul (Brésil). Ph.D. disert., Oceanography, **Université de Bretagne Occidentale**.
- Lessa, R.P., Vooren, C.M. y Lahaye, J. (1986). Desenvolvimento e ciclo sexual das fêmeas, migracoes e fecundidade da viola *Rhinobatos horkelli* (Muller and Henle, 1841) do Sul do Brasil. **Atlántica**, 8: 5-34.
- Martin, L.K. and Cailliet, G.M. (1988). Aspects of the reproduction of the bat ray, *Myliobatis californica*, in Central California. **Copeia**, 3:754-762.
- Mathews-Christopher, P. y Guardado-France, V. (1975). Potencial pesquero de bahía Magdalena II. Las existencias de gatas. Heterodontidae. **Ciencias Marinas**, 2(1): 60-72.
- Melouk, M.A. (1949). The external features in the development of the Rhinobatidae. In: H.A.F. Gohar (ed.), **Publications of the Marine Biological Station Ghardaqa (Red Sea)**, Fouad I University Press, 7: 1-111.
- Miller, D.J. and Lea, R.N. (1972). Guide to the coastal marine fishes of California. **Calif. Dep. of Fish and Game, Fish Bull.**, 157: 1-235.
- Otake, T. (1990). Classification of reproductive modes in sharks with comments on female reproductive tissues and structures. In: H.L. Pratt, Jr., S.H. Gruber and T. Taniuchi (eds.), *Elasmobranchs as living resources: advances in the biology, ecology, systematics and the status of the fisheries*. **NOAA Tech. Rep. NMFS**, 90, pp. 111-130.
- Rossouw, G.J. (1983). The biology of the sand shark *Rhinobatos annulatus*, in Algoa Bay with notes on other elasmobranchs. Ph.D. Thesis, **University of Port Elizabeth**.
- Ranzi, S. e Zezza, P. (1936). Fegato, maturità sessuale e gestazione in *Trygon violacea*. **Pubbl. Staz. Zool. Napoli**, 15: 355-367.
- Snelson, F.F. Jr., Williams-Hooper, S.E. and Schmid, T.H. (1988). Reproduction and ecology of the Atlantic stingray, *Dasyatis sabina*, in Florida coastal lagoons. **Copeia**, 3: 729-739.
- Snelson, F.F. Jr., Williams-Hooper, S.E. and Schmid, T.H. (1989). Biology of the blunt-nose stingray, *Dasyatis sayi*, in Florida coastal lagoons. **Bull. Mar. Sci.**, 45(1): 15-25.
- Smith, J.W. and Merriner, J.V. (1986). Observations of the reproductive biology of the cownose ray, *Rhinoptera steindachneri*, in Chesapeake Bay. **Estuaries**, 2: 153-164.
- Timmons, M. (1991). Age, growth, and sexual maturity of the shovelnose guitarfish, *Rhinobatos productus* (Ayres). M.Sc. Thesis. **California State University**, Long Beach, California, 84 pp.
- Van der Heiden, A.M. y Findley, L.T. (1988). Lista de los peces del sur de Sinaloa, México. **An. Cienc. del Mar y Limnol. UNAM**, 15(2): 209-224.
- Villavicencio-Garayzar, C. J. (1993a). Biología reproductiva de *Rhinobatos productus* (Pisces:Rhinobatidae), en bahía Almejas, baja California Sur, México. **Rev. Biol. Trop.**, 41: 441-446.

- Villavicencio-Garayzar, C.J. (1993b). Observaciones sobre la biología reproductiva de *Narcine brasiliensis* (Olfers) (Pisces: Narcinidae), en bahía Almejas, BCS, México. **Rev. Inv. Cient.**, 4(1): 95-99.
- Walford, L.A. (1935). The sharks and rays of California. **Calif. Div. Fish and Game, Fish. Bull.**, 45:1-66.
- Wourms, J.P. (1977). Reproduction and development in chondrichthyan fishes. **Am. Zool.**, 17(2): 379-410.
- Wourms, J.P. (1981). Viviparity: The maternal-fetal relationship in fishes. **Am. Zool.**, 21: 473-515.
- Wourms, J.P., Grove, B.D. and Lombardi, J. (1988). The maternal-embryonic relationship in viviparous fishes. In: W.S. Hoar and D.J. Randall (eds.), **Fish Physiology**, Acad. Press, New York, Vol. 11 B, pp. 1-134.