

ESTUDIO DE LA BIOLOGIA REPRODUCTIVA Y DE LA FECUNDIDAD EN DOS SUBPOBLACIONES DEL CALAMAR (*Illex argentinus*)^{1,2}

Norma E. Brunetti, Marcela L. Ivanovic, Elena Louge y Harald E. Christiansen

Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero
Playa Grande, 7600 Mar del Plata, República Argentina

RESUMEN: Se analiza mensualmente la estructura de tallas, índices gonadales y estadios de madurez sexual de las subpoblaciones desovante de verano (SDV) y bonaerense-norpatagónica (SBNP) del calamar (*Illex argentinus*) durante su época y áreas reproductiva y prerreproductiva, respectivamente. Se utilizaron muestras provenientes del desembarque comercial del puerto de Mar del Plata y de campañas de investigación.

La SDV presenta sus concentraciones reproductivas en la plataforma intermedia norpatagónica entre diciembre y febrero. Sus miembros, adultos de pequeña talla (15-25 cm LM), se encuentran en madurez avanzada y copulación en diciembre-enero. Los ejemplares en postpuesta predominan durante febrero. Por lo tanto se estima que este grupo completa su desove en un único y corto periodo, de 30-60 días.

La SBNP presenta concentraciones prerreproductivas sobre la plataforma externa bonaerense-norpatagónica, al norte de los 43°S, entre abril y julio. Durante este período se dispara la maduración sexual la que se concreta en abril-mayo. Los adultos tienen tallas mayores que aquéllas de la SDV para estos mismos estadios (20-35 cm LM). Una vez maduros emigran a aguas de la región oceánica donde ocurren la copulación y el desove, probablemente en áreas próximas a la región occidental del Frente Subtropical. Se han observado escasos ejemplares fecundados y en postpuesta correspondientes a esta unidad demográfica.

Los machos maduran antes que las hembras en ambas subpoblaciones. Ellas completan su maduración en un período aproximado a los 30 días. La talla de madurez al 50% fue estimada en: 14,17 cm LM (machos, SDV); 19,51 cm LM (hembras, SDV); 20,29 cm LM (machos, SBNP) y 24,10 cm LM (hembras, SBNP).

Se determinó que los ovocitos presentes en el oviducto durante el estadio VI de la escala de desarrollo sexual son los únicos que serán evacuados durante el desove. Este estadio corresponde a los oviductos en máxima repleción y espermátóforos implantados en la base de las branquias, sin que se haya iniciado el desove.

La talla media de los ovocitos intraductales no mostró diferencias entre ambas subpoblaciones ni varió con el tamaño de los ejemplares. El largo medio del eje mayor fue de 1,19 mm (S = 0,071; N = 130), mientras que el promedio estimado para el eje menor fue de 0,773 mm (S = 0,097; N = 130).

Se determinó un valor medio de 2113 ovocitos por gramo de oviducto, válido para ambas subpoblaciones, y con él se estimaron las siguientes fecundidades absolutas:

	Rango	Media	S	N
SDV	1479 - 47395	18854	11730	27
SBNP	14580 - 137768	59644	27237	94

La fecundidad relativa fue estimada así:

	Rango	Media	S	N
SDV	16 - 173	86	46	27
SBNP	56 - 326	116	44	94

En ambas subpoblaciones se encontró una débil correlación positiva entre la talla y el peso de los animales con la fecundidad. En cambio el peso de la glándula nidamental resultó un buen índice de la fecundidad en ambas subpoblaciones:

$$F_{SDV} = (0,254 PN^{1,427}) \times 10^3; r^2 = 0,466$$

$$F_{SBNP} = (0,753 PN^{1,246}) \times 10^3; r^2 = 0,774$$

Palabras clave: *Illex argentinus*, biología reproductiva, fecundidad.

SUMMARY: REPRODUCTIVE BIOLOGY AND FECUNDITY OF TWO STOCKS OF THE SQUID (*Illex argentinus*).— The size composition, gonadosomatic index and maturity stages of two Argentine squid (*Illex argentinus*) stocks are analyzed on a monthly basis. These stocks are the summer spawning subpopulation (SSS) and the bonaerensis-northpatagonic subpopulation (BNPS, which were studied during their reproductive and pre-reproductive seasons, respectively. Samples from commercial landings at Mar del Plata Harbour survey data were used.

The SSS individuals spawn on the intermediate shelf during December-February. They are small-size adults (15-25 cm ML), which were found mature and mating during December and January. Spent individuals dominate during February. Therefore, we estimate that this group complete its spawn within a single and short period of about 30-60 days long.

Pre-reproductive concentrations of BNPS occur on the outer shelf, northern of 43°00'S, from April to July. The sexual maturity is triggered during that period and shows a peak of activity in April-May. The adults of this stock are larger than those of the SSS showing the same maturity stages (20-35 cm ML). After completing maturation, they emigrate towards oceanic waters where mating and spawning take place. Therefore, a scarce number of either fertilized or spent individual were found. It is possible that the spawning ground of this stock are close to the west side of the Subtropical Front.

Males mature before females in both stocklets. Females complete maturation in about a month. Sizes-at-maturity of 50% were estimated to be as follows: 14.17 cm ML (males, SSS); 19.51 cm ML (females, SSS); 20.28 cm ML (males, BNPS) and 24.10 cm ML

¹ Este trabajo fue presentado en el Cuarto Simposio Científico de la CTMFM, noviembre 1987.

² Contribución del INIDEP Nº 744

(females, BNPS).

It is shown that the ova present into the oviducts during the VI stage of maturity scale are the only ones to be evacuated in the spawning. That stage corresponds to fully plenty oviducts and spermatophores attached to the basal portion of the gills, before spawning begins.

The oviductal ova showed no differences in length (main axis) between stocks. The mean was 1.19 mm (S = 0.071; N = 130) and for the minor axis the average was 0.773 mm (S = 0.097; N = 130).

The number of intraoviductal ova of stage VI is, for these reasons, the proper quantity to be evaluated as absolute fecundity. Taking into account a mean estimate of 2113 ova per gram of oviduct (valid for both stocks), the absolute fecundities were estimated as follows:

	Range	Mean	S	N
SSS	1479 - 47395	18854	11730	27
BNPS	14590 - 137768	59644	27237	94

Relative fecundities (intraoviductal eggs per gram of whole squid) were estimated as follows:

	Range	Mean	S	N
SSS	16 - 173	86	46	27
BNPS	56 - 326	116	44	94

It was calculated that 16% of the ovarian oocytes remains into the ovaries after spawning.

A weak correlationship of positive sign was found between either size or weight and fecundity. On the other hand, the nidamental weight (NW) was a good index of fecundity for both stocks:

$$F_{SSS} = (0.254 \text{ NW}^{1.007}) \times 10^{21}; r^2 = 0.466$$

$$F_{BNPS} = (0.753 \text{ NW}^{1.342}) \times 10^{21}; r^2 = 0.774$$

Key words: *Illex argentinus*, reproductive biology, fecundity.

INTRODUCCION

Illex argentinus concentra su esfuerzo reproductivo en un único desove que ocurre principalmente al año de vida y luego del cual concluye su ciclo vital.

Conociendo la existencia de diferentes unidades demográficas (Brunetti, 1981, 1988; Nigmatullin, 1989) surgió la necesidad de realizar comparaciones entre alguna de ellas referentes a su biología reproductiva y fecundidad. La fecundidad poblacional es función de la frecuencia de desove, número de huevos producidos y proporción de la población bajo estudio representada por clase de largo (Cobb y Caddy, 1989).

MATERIAL Y METODOS

A los fines del presente trabajo, se consideraron datos correspondientes al período enero-agosto del año 1983. Estos integran la serie de muestreos mensuales del calamar (*Illex argentinus*) desembarcado por la flota comercial de altura en el puerto de Mar del Plata, que fue efectuada entre 1978 y 1986 (Brunetti e Ivanovic, manuscrito). Dicho año fue escogido por haber proporcionado una apreciable cantidad de información, que puede juzgarse representativa en relación con la composición de los desembarques, la evaluación mensual de los estadios de madurez, los valores del índice gonadal (IG

= 100 x peso gonadal / peso total) y la talla de madurez al 50%.

En las muestras analizadas en laboratorio se registraron los siguientes datos individuales: largo dorsal del manto (LM) en mm, peso total del cuerpo (PT) en g, sexo, estadio de madurez sexual (es) según escala de 7 puntos para los machos y 8 para las hembras (Brunetti, 1990) y peso gonadal (PG) en g.

Para la determinación de la talla a la cual el 50% de los individuos ha llegado a la madurez gonadal (estadios IV y V), se utilizó la metodología propuesta por Hernández y Cordo (1986).

El estudio de la fecundidad de la especie se efectuó a partir del análisis de 94 hembras de la subpoblación bonaerense-norpatagónica (SBNP) y 27 de la subpoblación desovante de verano (SDV). Estos ejemplares procedieron del desembarque comercial correspondiente al año 1988 y de las campañas de investigación B/I *Oca Balda* 08/88 y B/I *Dr. Holmberg* 01/89.

Fueron seleccionadas aquellas hembras que se encontraron en los grados de madurez V y VI (ES = V, madurez avanzada; ES = VI, madurez avanzada con espermatóforos implantados en la base de las branquias, sin haber iniciado el desove). De cada ejemplar se consideraron los siguientes datos: LM en mm, PT en g, ES, PG en g, peso del oviducto (PO) en g y peso de la glándula nidamental (PN) en g.

Se estableció que la población de ovocitos lista para ser evacuada era aquella presente en los

oviductos de estas hembras. Luego se procedió a medir los diámetros mayor y menor en 7 muestras de 10 ovocitos cada una para la SDV y en 6 muestras, de idénticas condiciones, para la SBNP.

En cada uno de 26 ejemplares de ambas subpoblaciones se tomó una muestra de aproximadamente 0,25 g de oviducto, pesada con balanza analítica de precisión y se procedió a contar el número de ovocitos presentes por muestra (Método Gravimétrico). Estos resultados fueron comparados mediante análisis de varianza (Modelo I de Anova, Sokal y Rohlf, 1969)

La fecundidad absoluta de cada subpoblación fue calculada de la siguiente manera:

$$F = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N n \times PO \quad (1)$$

donde F es la fecundidad absoluta en número de ovocitos; N es el número de individuos; n es el número de ovocitos en 1 g de oviducto y PO es el peso del oviducto en g.

Se conoce como fecundidad relativa al número de ovocitos por gramo de hembra, descontando el peso del oviducto. En consecuencia, se define el peso relativo como:

$$PR = PT - PO \quad (2)$$

La fecundidad relativa fue calculada, para ambas subpoblaciones del modo que sigue:

$$FR = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{F}{PR} \quad (3)$$

donde FR es la fecundidad relativa, en número de ovocitos por gramo.

RESULTADOS OBTENIDOS

Estructura de tallas y estadios de maduración por sexo

Durante los meses de diciembre, enero y febrero los miembros de la SDV se concentran en la plataforma norpatagónica intermedia, donde tiene lugar la fecundación y el desove. Son adultos de tallas pequeñas (14-25 cm LM) y significativamente diferentes entre sexos (Fig. 1 y 2, Tabla 1). En enero, predominan los ejemplares en madurez avanzadas y con claras evidencias de haber iniciado la copulación. Más del 40% de las hembras muestran espermatóforos implantados en la base de sus branquias, mientras sólo un 11% de ellas ha iniciado el desove.

Durante el mes de febrero, el 27% de las hembras se encuentra en desove, y aproximadamente un 2% de ellas se observa en postpuesta. Esto se evidencia por el índice gonadal medio mensual, que es máximo en enero y disminuye en los meses siguientes (Fig. 3).

Entre abril y agosto, los adultos de la SBNP se encuentran en la segunda mitad de su ciclo vital y producen concentraciones prerreproductivas en áreas de la plataforma externa y talud continental bonaerense (Fig. 1). Las tallas medias de ambos sexos muestran diferencias estadísticamente significativas ($P < 0,01$) desde el mes de abril, las que se acentúan hacia el final del período (Tabla 1). En agosto, los machos miden un promedio de 26,34 cm LM mientras que las hembras alcanzan 30,16 cm LM. Durante el lapso señalado, los miembros de esta unidad demográfica se encuentran en su fase de emigración hacia su área de desove. Las tallas medias de ambos sexos aumentan con el incremento de la profundidad (Brunetti, 1981; Brunetti y Pérez Comas, 1989). En abril, una elevada proporción de los machos se encuentran totalmente maduros (60-94%), mientras que entre las hembras predominan aquéllas en el inicio de la maduración (estadio III) y en madurez incipiente (estadio IV). Hacia el mes de mayo, el 95% de los machos y 70-80% de las hembras han completado su maduración. Se observan las primeras hembras fecundadas y en desove (estadios VI y VII) estadios escasamente representados en el desembarque comercial de esta subpoblación. En las Figuras 2 y 3 y Tabla 1 se evidencia, a través del índice gonadal medio mensual y de la distribución de estadios de madurez gonadal, la rapidez del proceso de madurez sexual el cual se concreta en 15-30 días durante el período abril-mayo. Este momento coincide con la máxima emigración hacia la región oceánica, donde ocurre la reproducción. Las muestras de junio, julio y agosto proceden de los últimos núcleos de concentración, que aún no han completado su emigración reproductiva.

En la Figura 4 se graficaron los índices gonadales medios por clase de largo, para ambos sexos y subpoblaciones. Los valores máximos para los machos se observan en la SDV a tallas próximas a los 15 cm LM, mientras en la SBNP ocurren a tallas superiores a los 20 cm. Entre las hembras en ambas unidades demográficas, se manifiesta un incremento muy marcado del índice gonadal en un rango de tallas relativamente pequeño; en la SBNP, por ejemplo, entre los 20 y 25 cm LM el índice pasa de 0,5 a 4,5.

Análisis de la talla de madurez ($LM_{50\%}$)

Se determinó la talla a la cual el 50% de los ejemplares han completado su maduración (esta-

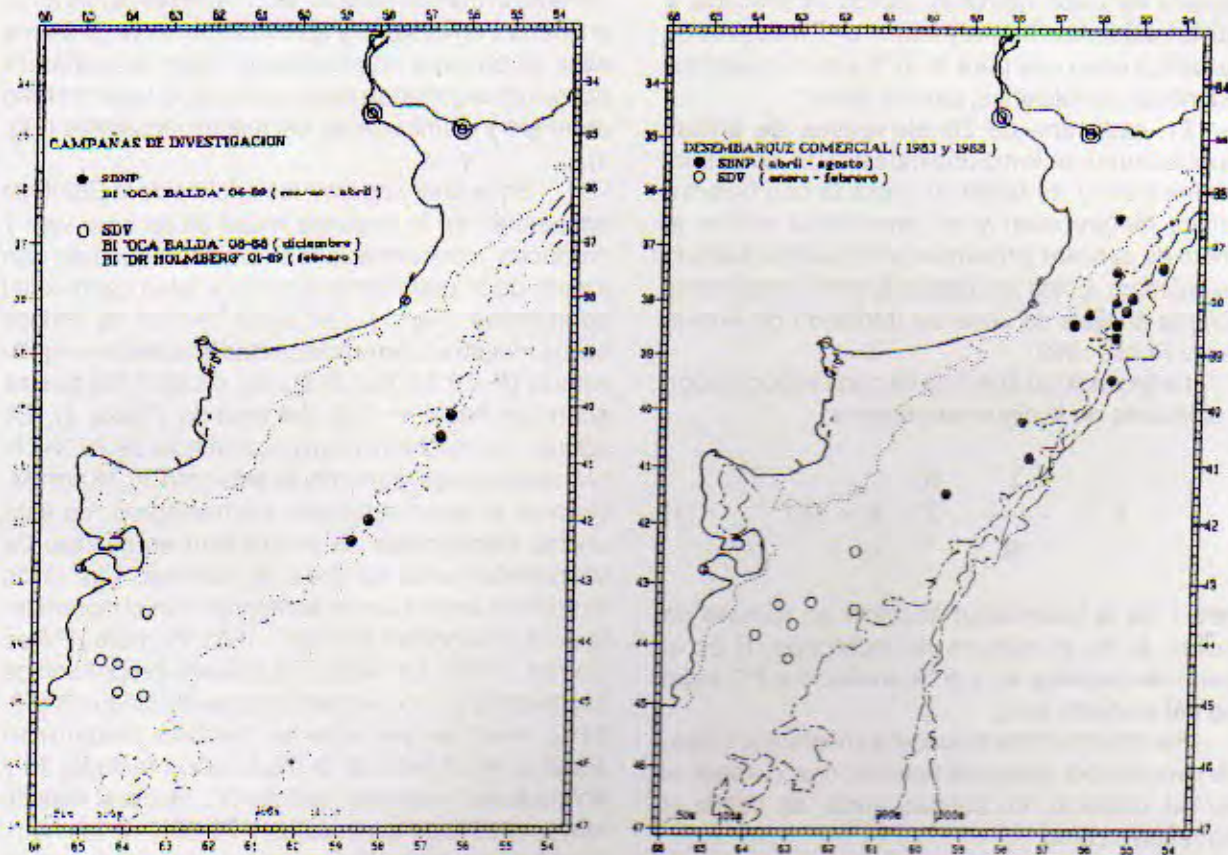


Fig. 1. Procedencia, posición y fecha de las muestras.

Tabla 1. Talla media (LM), desviación típica (S), número de individuos (N) y porcentaje de estadios de desarrollo sexual mensuales (I a VIII) de calamares desembarcados en el puerto de Mar del Plata (1983).

Sexo	Machos										
	MES	LM	S	N	I	II	III	IV	V	VI	VII
Enero	17,97	1,54	258		1,2	3,5	27,1	32,9	34,9		
Febrero	18,10	1,18	176		6,8	11,4	25,6	17,6	38,1	0,6	
Abril	20,84	1,49	130		15,4	25,4	50,8	7,7	0,8		
Mayo	23,14	1,64	108				10,2	88,9	0,9		
Junio	25,18	1,63	265				3,0	93,2	3,8		
Julio	25,46	1,54	130		1,5	15,3	81,7				
Agosto	26,34	0,95	32				12,5	87,5			

Sexo	Hembras											
	MES	LM	S	N	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Enero	19,91	2,14	248	14,9	14,9	12,5	15,3	30,6	11,3	0,4		
Febrero	20,56	2,14	166	1,8	19,3	7,2	12,0	16,3	14,5	27,1	1,8	
Abril	22,11	2,15	130		52,3	26,9	13,1	4,6	3,1			
Mayo	27,05	1,81	110			9,1	38,2	50,0	1,8	0,9		
Junio	28,98	1,95	208			2,4	10,1	87,5				
Julio	29,10	2,78	139			2,2	4,3	31,7	61,2	0,7		
Agosto	30,16	1,89	67				1,5	31,3	67,2			

dios IV y V) para cada sexo de las SDV y SBNP (Fig. 5, Tabla 2). La comparación de los valores obtenidos indicó que en ambas subpoblaciones los machos muestran tallas de madurez menores que las hem-

bras. Los miembros de ambos sexos de la SDV maduran a tallas significativamente menores que aquéllos de la SBNP.

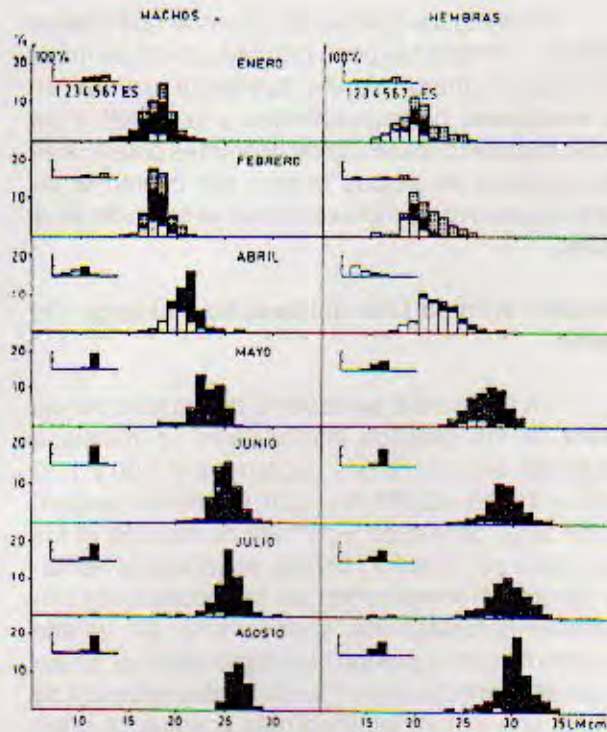


Fig. 2. *Illex argentinus*. Distribución porcentual de tallas y de estadios sexuales para ambos sexos correspondiente al desembarque comercial de 1983.

Aparato reproductor. Relación peso gonadal / peso del oviducto

La Figura 6 muestra la relación existente entre el peso del ovario y el peso del oviducto durante los diferentes estadios de desarrollo del aparato reproductor en ambas subpoblaciones. Durante la madurez incipiente (estadio IV) los ovocitos maduros vitelogénicos comienzan a pasar al oviducto, siendo su peso menor del 10% del peso gonadal; el índice de madurez M (Hayashi, 1970) encontrado para este estadio tiene un valor medio de 0,75. En la madurez avanzada (estadio V) se completa la repleción del oviducto, constituyendo entre el 35% y 76% del peso del ovario; M alcanzó un valor medio de 0,43. Se ha caracterizado como estadio VI (Brunetti, 1990) aquel en el cual las hembras se encuentran en madurez avanzada, con la máxima repleción del oviducto (el peso del oviducto representa más del 130% del peso del ovario). Se determina por la presencia de espermátforos implantados sobre la base de las branquias (Fig. 7). El valor medio de M obtenido para este estadio fue de 0,57.

Interpretamos que los ovocitos presentes en el oviducto durante el estadio VI representan la población próxima a ser evacuada. La evaluación de esta cantidad es la necesaria para conocer la fecundidad.

Es poco frecuente a nula la captura de ejemplares correspondientes a los estadios VI, VII y VIII en la SBNP, debido a la emigración a la región

oceánica antes mencionada. Por lo tanto, para el cálculo de la población de ovocitos que serán evacuados, se consideró únicamente aquellas hembras en estadio V cuyo peso del oviducto fuera mayor que el 50% del peso del ovario ($M > 0,43$).

Para los cálculos correspondientes a la SDV, de la cual se capturan con mayor frecuencia hembras en estadio VI, fueron utilizados únicamente ejemplares de esta categoría.

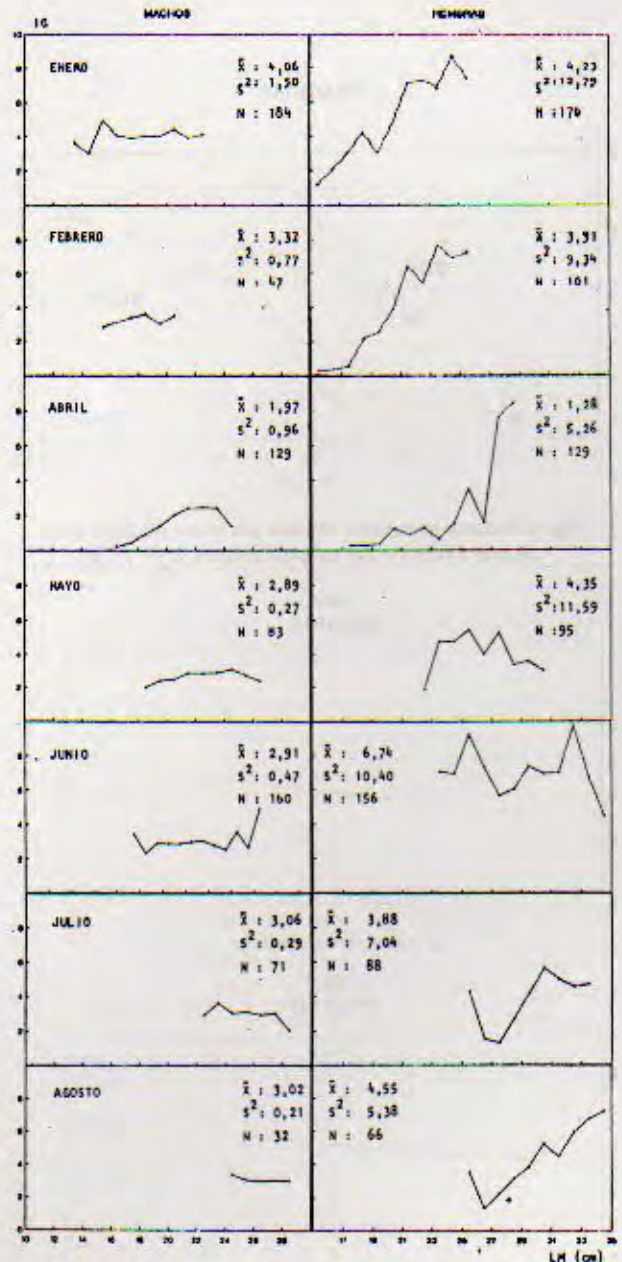


Fig. 3. Valores medios mensuales y por clase de largo de los índices gonadales de ambos sexos obtenidos durante el año 1983.

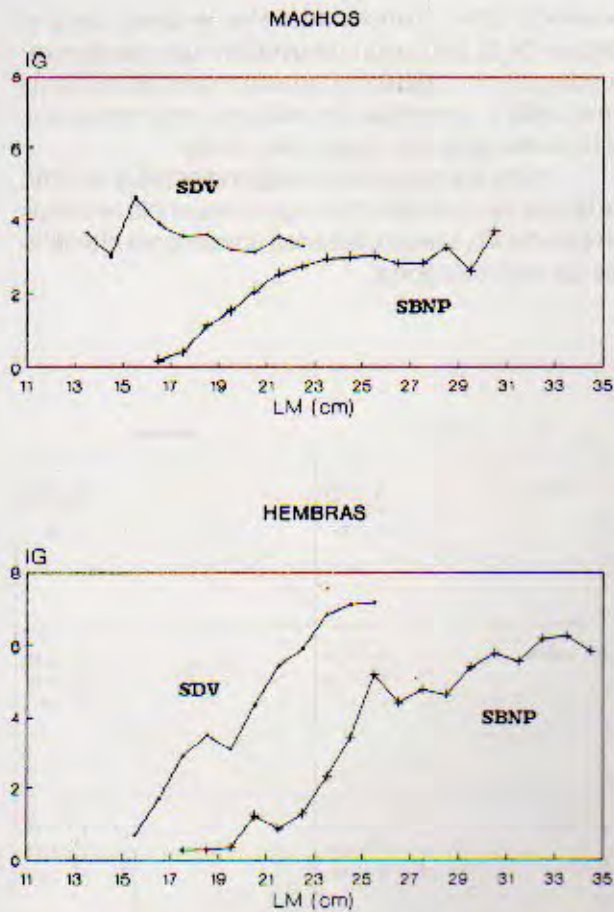


Fig. 4. Índices gonadales medios por clase de largo para ambos sexos de las subpoblaciones BNP y DV.

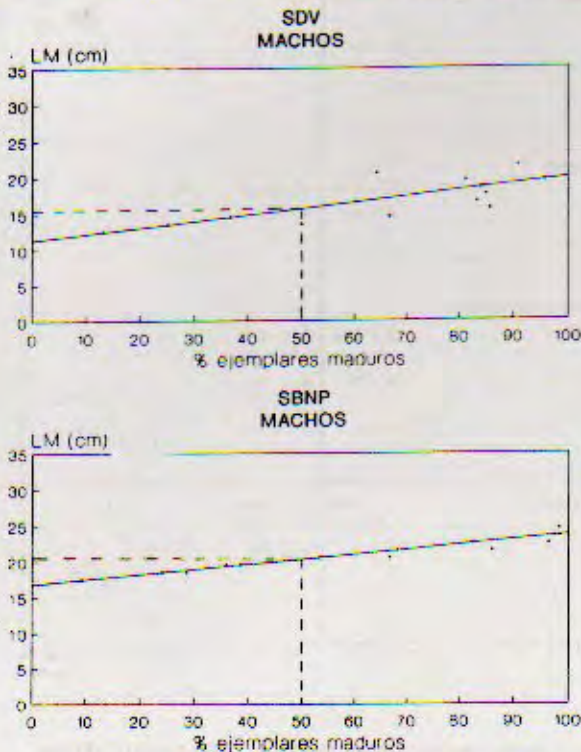


Fig. 5. Talla de madurez (LM_m) para ambos sexos de las SBNP y SDV durante la temporada 1983.

En la Figura 6 se puede observar que el peso gonadal, y también el peso del oviducto en su máxima repleción, fueron significativamente mayores en los ejemplares correspondientes a la SBNP. Este hecho sugiere la presencia de diferentes potenciales reproductivos en ambos grupos por cuanto el tamaño de los ovocitos presentes en el oviducto es el mismo.

Relación entre la talla del ovocito y el largo del manto

En la Figura 8 se observa que la talla del eje mayor de los ovocitos intraductales se mantiene constante, en valores que oscilan entre 1,00 y 1,30 mm ($\bar{x} = 1,19$; $S = 0,071$; $N = 130$), y son independientes del largo del manto. Esta falta de relación ya fue enunciada por Schuldt (1979) y corrobora la hipótesis de que, efectivamente, las subpoblaciones bonaerense-norpatagónica y desovante de verano poseen diferentes potenciales reproductivos. El largo del eje menor también muestra independencia de la talla, con una variabilidad más acentuada, entre 0,50 y 0,96 mm ($\bar{x} = 0,773$; $S = 0,094$; $N = 130$). En ambos ejes los valores resultaron mayores que los publicados por Durward *et al.* (1979) para *Illex illecebrosus*, los que fueron 0,90 x 0,63 mm.

Fecundidad absoluta y relativa

La comparación de los números promedio de

Tabla 2. Talla de madurez ($LM_{50\%}$) y comparación de la misma entre sexos. Parámetros de la función $LM_{50\%} = a + b \% \text{ maduros}$.

Sexo	SBNP		SDV	
	Machos	Hembras	Machos	Hembras
a	16,870	19,610	7,610	16,340
b	0,068	0,089	0,131	0,083
S_0	0,010	0,0081	0,056	0,0056
R	0,932	0,957	0,634	0,986
$LM_{50\%}$	20,280	24,100	14,170	19,510
IC(+/-)	0,940	0,720	4,22	0,47
L_{GI}		7,23** 18		2,91** 8

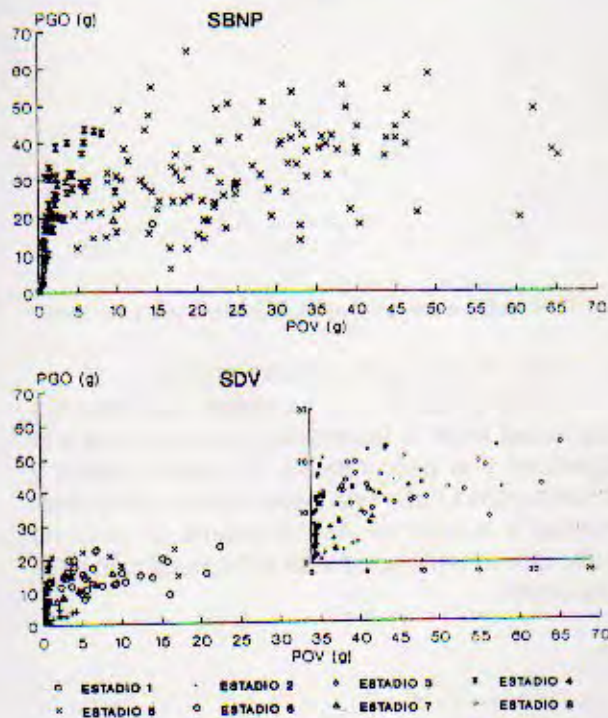


Fig. 6. Relación entre el peso gonadal y el peso oviductal.

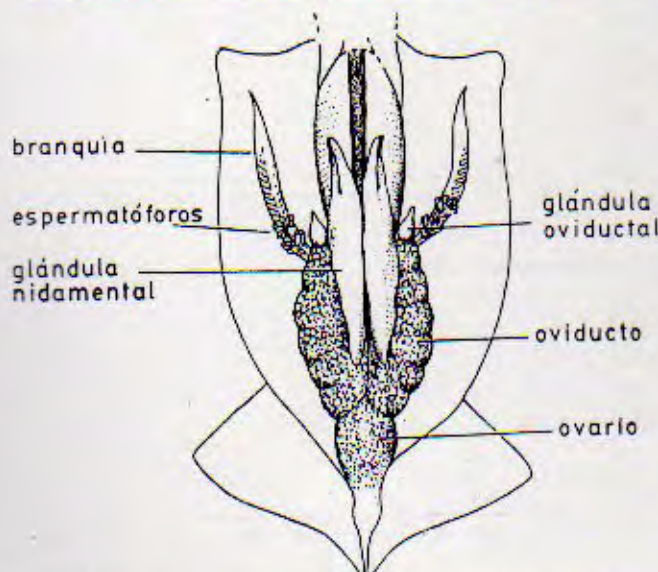


Fig. 7. Estructura del aparato reproductor femenino durante el estadio sexual VI.

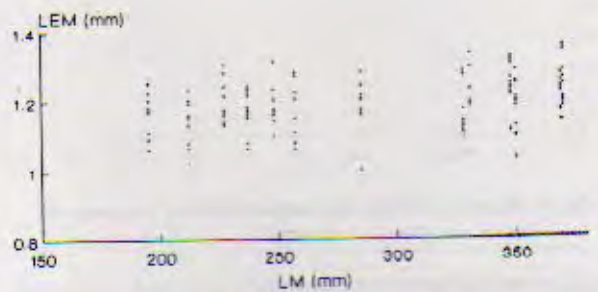


Fig. 8. Relación entre el largo del eje mayor del ovocito y el largo del manto.

ovocitos en 0,25 g de oviducto correspondiente a ambas subpoblaciones determinó la ausencia de diferencias estadísticamente significativas. Por consiguiente se obtuvo un valor medio común, igual a 528. El mismo equivale a 2113 ovocitos por gramo, valor próximo al calculado por Schuldt (1979), que fue de 1958 ovas por centímetro cúbico.

A partir de esta cantidad y del peso de los oviductos, se estimó la fecundidad para 94 ejemplares de la SBNP y 27 de la SDV, los que cumplían con las condiciones establecidas al respecto.

En la SDV la fecundidad varió entre 1479 y 47395 ovocitos, con un valor medio de 18854 ($S = 11730$; $N = 27$).

La fecundidad promedio estimada para la SBNP fue de 59644 ovocitos ($S = 27237$; $N = 94$), con un rango de 14580 - 137768.

Los valores de fecundidad relativa obtenidos para la SDV fluctuaron entre 16 y 173 ovocitos por gramo somático, con un promedio de 86 ($S = 46$; $N = 27$).

En la SBNP, alcanzó entre 56 y 326 ovocitos por gramo, siendo el valor medio de 116 ($S = 44$; $N = 94$).

Relaciones de la fecundidad

Las Figuras 9, 10, 11 y 12 muestran las relaciones observadas entre la fecundidad y diferentes variables (LM , PT , PR , PN). En la Tabla 3 se

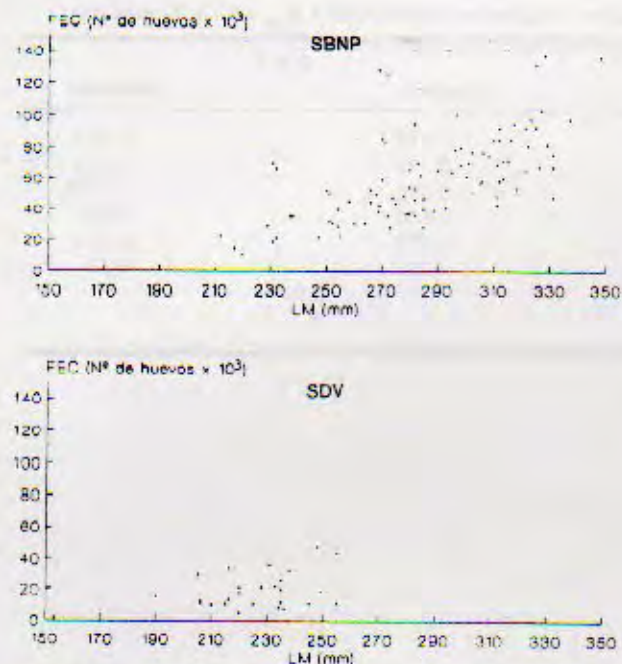


Fig. 9. Relación entre la fecundidad absoluta y el largo del manto.

indican los parámetros obtenidos para la función que mejor ajustó en cada caso. Es necesario destacar que los valores correspondientes a la SDV deben ser tomados con reservas, debido al tamaño reducido de la muestra (27 ejemplares) y a la falta de representación de algunas clases de largo:

a) Con la talla

La Figura 9 destaca, como ya fuera enunciado por Schuldt (1979), una correlación positiva entre la fecundidad y el largo del manto.

En la SBNP las fecundidades más bajas se observaron en ejemplares entre 22 y 24 cm LM, los cuales presentaron 15000-30000 ovocitos en los oviductos. Las hembras con tallas máximas, 32-35 cm LM tuvieron valores de fecundidad de 50000-138000 ovocitos. Los datos mostraron un mejor ajuste a una función de tipo exponencial según lo indicó el análisis de residuos.

En la SDV el rango de tallas correspondientes a hembras maduras próximas a desovar fue más estrecho, 19 a 25 cm LM. Un único caso ha sido observado en plena madurez a una talla inferior a 19 cm LM (153 mm). Sin embargo, del análisis de los datos del muestreo bioestadístico de desembarco (Fig. 1) se desprende que en el rango de tallas entre 16 y 19 cm es frecuente la existencia de hembras en madurez avanzada y aún fecundadas.

En ambas subpoblaciones, los valores de fecundidad por clase de largo son coincidentes con los obtenidos mediante técnicas estereométricas (Schuldt, 1979).

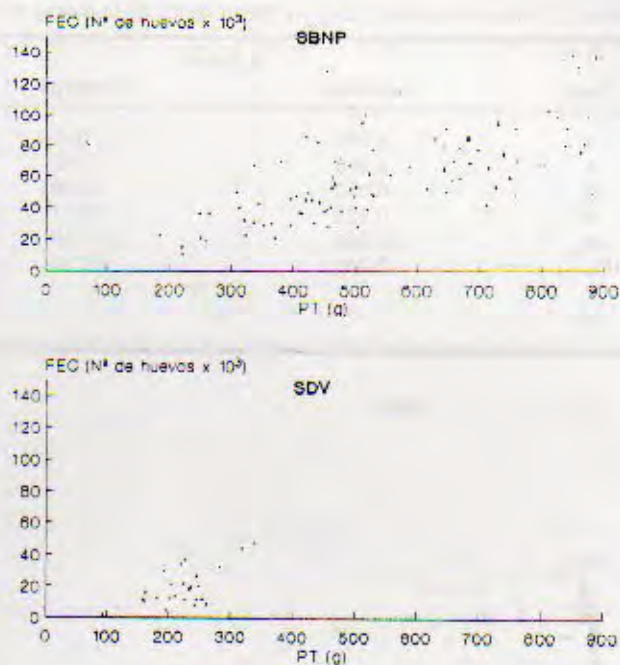


Fig. 10. Relación entre la fecundidad absoluta y el peso total.

b) Con el peso total y el peso relativo

Las Figuras 10 y 11 muestran las relaciones observadas entre la fecundidad y el peso total y la fecundidad y el peso relativo. En ambos casos y subpoblaciones hubo una baja relación entre la fecundidad y el peso de los ejemplares. El peso no resultó una variable adecuada en la predicción de la fecundidad.

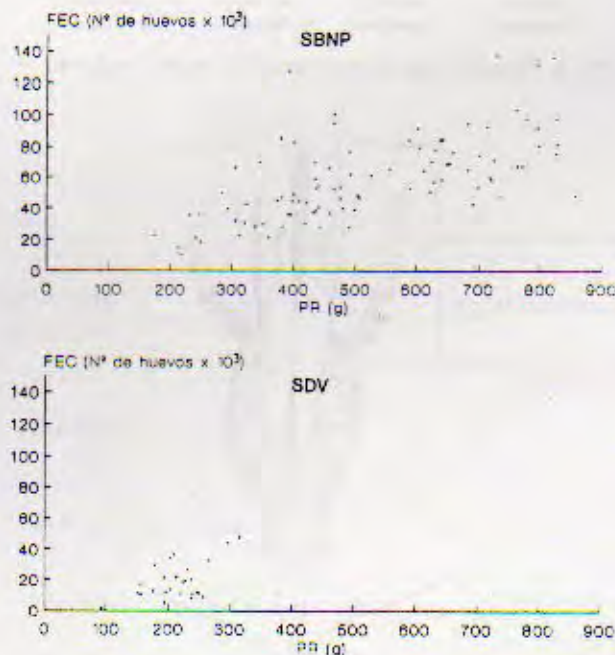


Fig. 11. Relación entre la fecundidad absoluta y el peso relativo.

c) Con el peso de la glándula nidamental Schuldt (1979) y Brunetti (1988) en referencia a *Illex argentinus* y Durward *et al.* (1979) para *Illex illecebrosus*, han demostrado estrechas relaciones entre el desarrollo del ovario y el de la glándula nidamental, así como entre el largo de dicha glándula y el largo del manto.

Brunetti (1988) determinó las siguientes relaciones:

$$\text{SDV: LN (mm)} = 42,130 \text{ PG (g)}^{0,335}; r^2 = 0,754, N = 118$$

$$\text{SBNP: LN (mm)} = 31,469 \text{ PG (g)}^{0,387}; r^2 = 0,838, N = 110$$

mientras que para *Illex illecebrosus*, Durward *et al.* (1979) encontraron:

$$\text{LN (mm)} = 27,120 \text{ PG (g)}^{0,340}; r = 0,94$$

Es conocida la importancia de la glándula nidamental en el desarrollo del aparato reproductor y su función en la formación de la masa de huevos desovada. Teniendo en cuenta las relaciones antes señaladas, se estudió la relación existente entre la fecundidad y el peso de aquella glándula (Fig. 12). Esta relación mostró la mayor correlación positiva hallada entre la fecundidad y las distintas variables, evidenciando que el peso de la glándula nidamental resulta un muy buen estimador de la fecundidad, cuando se ha alcanzado la madurez para ambas subpoblaciones. Una relación semejante fue encontrada por Young y Hixon para *Stenoteuthis*

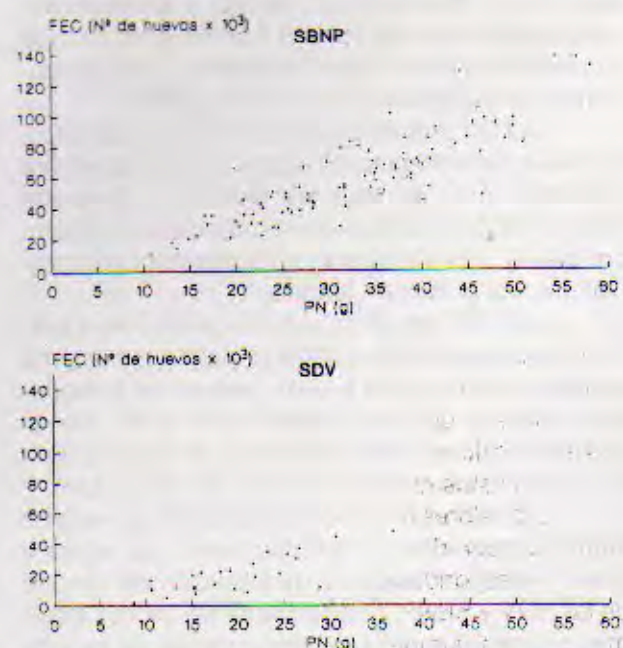


Fig. 12. Relación entre la fecundidad absoluta y el peso nidamental.

ovalaniensis (Mangold, 1978) quienes relacionaron el volumen de ovocitos presentes en el oviducto con el volumen de las glándulas nidamentales. En este caso, la relación no permite determinar el número de huevos puestos por cada hembra, ya que dicha especie parece ser el único miembro de la familia Ommastrephidae que presenta desoves parciales. En cambio, en *Illex argentinus* esta relación resulta efectiva en la predicción de la fecundidad, debido a que la repleción del oviducto se completa en 15-30 días y la fecundación dispararía el vaciamiento completo del mismo. En los ejemplares en postpuesta, los oviductos están vacíos y los ovarios conservan un estrato de ovocitos en madurez avanzada que no serán evacuados. Por lo tanto, la especie podría considerarse como desovante completa.

DISCUSION

La repleción del oviducto en *Illex argentinus* se alcanza en un período relativamente breve (15-30 días), durante el cual no hay evacuación de ovocitos. Una vez finalizado este proceso, y durante la máxima repleción del oviducto, se produce la fecundación. Probablemente a consecuencia de la misma ocurre el desove, que implica el vaciamiento total de los oviductos, tal como lo observaron Durward *et al.* (1980) en *Illex illecebrosus*.

Este proceso se comprobó en reiteradas oportunidades respecto de la SDV. En diciembre-enero ocurren las máximas concentraciones reproductivas de esta unidad demográfica, predominando los ejemplares en estadio VI, esto es, con máxima repleción del oviducto y espermátóforos implantados en la base de las branquias. Estas características indican junto con los mayores valores mensuales del índice gonadal, el momento de máxima actividad reproductiva. Durante el mes de febrero, disminuye significativamente la abundancia de este grupo y constituyen mayoría los ejemplares en postpuesta. Resulta evidente, por los factores antes señalados, que en febrero el desove en la SDV ha concluido. En los ovarios de los ejemplares en postpuesta siempre se hallaron ovocitos que evidentemente no pasarían a los oviductos. La existencia de esta camada remanente fue verificada también en *Illex coindetii* por Boletzky *et al.* (1973), quienes constataron la presencia de ovocitos en el ovario de una hembra que murió luego de desovar. Durward *et al.* (1980), obtuvieron idénticos resultados para *Illex illecebrosus*.

Asumiendo que *Illex argentinus* es un desovante completo la evaluación de los ovocitos presentes en el oviducto durante el estadio VI constituiría una buena estimación de la fecundidad individual. Se considera que el número de ovocitos maduros presentes en el ovario no es importante y que no formarán parte de la población de ovocitos evacua-

Tabla 3. Relaciones entre la fecundidad y el largo del manto (LM), el peso total (PT), el peso relativo (PR) y el peso de la glándula nidamental (PN) (parámetros de las funciones que mejor ajustan).

Relación	SBNP		
$F = a e^{bLM}$	$F = (1,788 e^{0,012LM}) 10^3$	$r^2 = 0,537$	$N = 94$
$F = a + b PT$	$F = (4,114 + 0,101 PT) 10^3$	$r^2 = 0,470$	$N = 94$
$F = a + b PR$	$F = (7,886 + 0,099 PR) 10^3$	$r^2 = 0,408$	$N = 94$
$F = a PN^b$	$F = (0,753 PN^{1,240}) 10^3$	$r^2 = 0,774$	$N = 94$
Relación	SDV		
$F = a e^{bLM}$	$F = (0,221 e^{0,019LM}) 10^3$	$r^2 = 0,282$	$N = 27$
$F = a + b PT$	$F = (-13,506 + 0,145PT) 10^3$	$r^2 = 0,358$	$N = 27$
$F = a + b PR$	$F = (-10,276 + 0,136PR) 10^3$	$r^2 = 0,267$	$N = 27$
$F = a PN^b$	$F = (0,254 PN^{1,427}) 10^3$	$r^2 = 0,466$	$N = 27$

da. De las 10 hembras en postpuesta analizadas de la SDV, con tallas medias próximas a los 23 cm LM, el peso medio del ovario fue de $2,91 \text{ g} \pm 1,34$, el cual representa el 16% del peso gonadal máximo alcanzado por las hembras. El cálculo del número de ovocitos maduros remanentes en estos ovarios arrojó un valor medio de 4650, lo que representa un 25% de la fecundidad media calculada para esta unidad demográfica. Si una situación similar ocurre en las otras subpoblaciones la especie podría desaprovechar diferentes proporciones de ovocitos que completan su madurez pero no participan en el desove. A partir de la relación fecundidad / largo del manto, se estimó el número de ovocitos que debieron estar presentes en el oviducto de las hembras en postpuesta. De esta manera, se estimó la proporción de ovocitos que permanecieron en el ovario luego del desove, respecto al número total de ovocitos maduros de cada ejemplar. Se consideró que un 25% del peso del ovario correspondía a tejido conjuntivo de sostén, siendo descontado del peso total del órgano. Los resultados mostraron que en el ovario permanecieron entre un 12,54 y 25,64% ($\bar{x} = 21,52\%$) del total de ovocitos maduros en el momento del desove.

En la SBNP, la fecundación y el desove ocurren en la región oceánica, donde excepcionalmente se los captura. Esto impidió contar con hembras en estadio VI y, como ya se ha expuesto, la fecundidad se estimó a partir de aquéllas en estadio V donde el peso del oviducto fuera mayor que el 50% del peso del ovario. Este grado corresponde a las etapas finales del estadio, cuando el oviducto está completando su repleción. Debido a que en estos casos el oviducto no muestra su máxima repleción y a que no se calculó la proporción de ovocitos maduros presentes en el ovario, y que completarán el llenado de aquél, las estimaciones de la fecundidad obtenidas para este grupo deberán considerarse inferiores a la real.

Los valores de fecundidad absoluta variaron entre 1479 y 47395 ovocitos para la SDV, y entre 14580 y 137768 para la SBNP. Concuerdan con los obtenidos por Schuldt (1979), quien no discriminó entre unidades demográficas. Las estimaciones para *Illex illecebrosus* de Durward *et al.* (1979) resultaron significativamente inferiores. Con respecto a *Illex coindetii*, Boletzky *et al.* (1973) estimaron la fecundidad de una hembra que desovó en cautiverio en 50000 a 100000 huevos los cuales fueron evacuados en una única puesta.

CONCLUSIONES

Se analiza la estructura de tallas y estadios de madurez de dos subpoblaciones del calamar (*Illex argentinus*): desovante de verano y bonaerense-norpatagónica, en sus épocas y áreas reproductivas y prerreproductivas, respectivamente. Las conclusiones correspondientes son las siguientes:

La SDV presenta su concentración reproductiva en la plataforma norpatagónica entre diciembre y febrero. Sus miembros son adultos de pequeña talla, en madurez avanzada y en copulación (diciembre-enero). Los ejemplares en postpuesta predominan durante el mes de febrero.

La SBNP presenta sus concentraciones prerreproductivas máximas sobre la plataforma externa bonaerense entre abril y junio, período de la maduración sexual, que se completa entre abril y mayo. Los adultos tienen tallas mayores que aquéllos de la SDV para estos mismos estadios (20-35 cm LM).

Los valores máximos de los índices gonadales fueron observados durante los meses de enero y junio, correspondiendo con la iniciación del desove de las SDV y SBNP, respectivamente. Dichos máximos ocurren durante los últimos meses de vida de cada grupo, afectando rangos de tallas significativamente diferentes.

El análisis conjunto de estadios de madurez sexual e índices gonadales indica que los machos de las subpoblaciones en estudio inician y concretan su maduración antes que las hembras. En estas últimas el proceso de maduración se dispara y concluye en un período de aproximadamente 30 días.

La talla a la cual concreta la madurez (estadios IV y V) fue significativamente inferior para ambos sexos en la SDV (machos = 14,17 cm; hembras = 19,51 cm). En la SBNP los valores obtenidos fueron de 20,28 cm para los machos y 24,10 cm para las hembras. En ambas subpoblaciones los machos concretan su madurez a tallas inferiores que las hembras.

En la SDV el período de desove, evidenciado por la alta frecuencia de hembras desovantes con sus oviductos prácticamente vacíos (estadio VII) es de aproximadamente 30-60 días. Luego comienza el predominio de los ejemplares en postpuesta (estadio VIII). El calamar *Illex argentinus* completa su desove en un corto y único período de tiempo.

La población de ovocitos que se evacuará durante el desove es aquella presente en los oviductos en el estadio VI y es la que corresponde evaluar para determinar la fecundidad. Los ovocitos maduros presentes en el ovario luego de la fecundación no pasarán a los oviductos, encontrándose en los ovarios de las hembras en postpuesta en una proporción que representa el 16% del peso máximo del órgano.

En la SBNP la estimación de la fecundidad se realizó a partir de aquellas hembras en madurez avanzada (estadio V) que mostraban valores de peso oviductal superiores al 50% del peso del ovario y con repleción máxima del oviducto para este estadio.

El largo del eje mayor de los ovocitos intraductales mostró un valor medio de 1,19 mm (S = 0,071; N = 130), mientras el eje menor presentó una talla media de 0,773 mm (S = 0,094; N = 130)

La talla media de los ovocitos no varió con la talla de los ejemplares. Tampoco hubo diferencias entre las tallas de los ovocitos de las dos subpoblaciones.

Se determinó un valor medio de fecundidad de 2113 ovocitos por gramo de contenido del oviducto.

Los valores de fecundidad absoluta obtenidos fueron:

	Rango	Media	S	N
SDV	1479 - 47395	18854	11730	27
SBNP	14580 - 137768	59644	27237	94

Las estimaciones de fecundidad relativa fueron:

	Rango	Media	S	N
SDV	16 - 173	86	46	27
SBNP	56 - 326	116	86	94

En ambas subpoblaciones se observó una correlación positiva entre la talla de los animales y la fecundidad. Con el incremento de la talla existe un aumento del tamaño del oviducto, el cual se traduce con el aumento de la fecundidad. En la SBNP los valores de fecundidad variaron entre 15000-30000 ovocitos para 22-24 cm LM, y entre 50000 y 130000 ovocitos para 32-35 cm LM. En la SDV estos valores fueron de 1500-6000 ovocitos para 15-18 cm LM, y de 10000-50000 ovocitos para 20-25 cm LM.

Las relaciones entre el peso total y la fecundidad, así como entre el peso relativo y la fecundidad, mostraron correlaciones muy bajas para ambas subpoblaciones. El peso corporal no resultó un buen estimador para la predicción de la fecundidad.

La relación entre la fecundidad y el peso de la glándula nidamental mostró la mayor correlación positiva. El peso de esta glándula fue un muy buen estimador de la fecundidad.

La estimación más precisa y directa de la fecundidad, particularmente en la SDV, donde son frecuentes los ejemplares en estadio VI, se obtuvo mediante la determinación del peso oviductal, conociendo que un gramo de ovocitos en el oviducto contiene 2113 unidades.

BIBLIOGRAFIA

- BOLETZKY, S. VON, L. ROWE y L. AROLES. 1973. Spawning and development of the eggs in the laboratory of *Illex coindeti* (Mollusca: Cephalopoda). *Veliger*, 15: 257-258.
- BRUNETTI, N.E. 1981. Distribución de tallas y biología reproductiva del calamar (*Illex argentinus*) en el Mar Argentino. En: Angelescu, V (ed.) Campañas del B/I *Shinkai Maru* 1978-1979. Contrib. INIDEP, Mar del Plata, 383: 105-119.
- BRUNETTI, N.E. Contribución al conocimiento biológico-pesquero del calamar argentino (Cephalopoda, Ommastrephidae, *Illex argentinus*. Tesis Doctoral. Fac.C.Nat. y Museo Univ.Nac. La Plata, 135 p. Manuscrito.
- BRUNETTI, N.E. y J.A. PEREZ COMAS. 1989. Abundancia, distribución y composición poblacional del recurso calamar (*Illex argentinus*) en aguas uruguayo-bonaerenses en mayo, setiembre y noviembre de 1986 y en marzo y mayo de 1987. *Frente Marítimo*, 5 (A): 39-59.
- BRUNETTI, N.E. 1990. Escala para la identificación de estadios de madurez sexual del calamar *Illex argentinus* (Castellanos, 1960). *Frente Marítimo*, 7(A): 45-52.
- BRUNETTI, N.E. y M.L. IVANOVIC. Calamar. En: Informe sobre el muestreo bioestadístico del desembarque de pescado en el Puerto de Mar del Plata. Período 1980-1985. Manuscrito.
- COBB, J.S. y J.F. CADDY. 1989. The population biology of decapods. En: J.F.Caddy Ed. *Marine Invertebrate Fisheries: Their assessment and management*, 327-374.
- DURWARD, R.D., T. AMARATUNGA y R.K. O'DOR. 1979. Maturation index and fecundity for female squid *Illex illece-*

- brosus* (Le Sueur, 1821). ICNAF Res. Bull., 14: 67-72.
- DURWARD, R.D., E. VESSEY, R.K. O'DOR y T. AMARATUNGA. 1980. Reproduction in the squid, *Illex illecebrosus*: first observations in captivity and implications for the life cycle. ICNAF Sel. Pap., 6: 7-13.
- HAYASHI, Y. 1970. Studies on the maturity condition of the Common Squid. I. A method of expressing maturity condition by numerical values. Bull. Jap. Soc. Scient. Fish., 36 (10): 995-999.
- HERNANDEZ, D.R. y H.D. CORDO. 1986. Metodología aplicada en la estimación del largo de primera maduración sexual de la pescadilla de red y la pescadilla real. Publ. Com. Téc. Mix. Fr. Mar., 1(1): 230-232.
- MANGOLD, K. 1987. Reproduction. En: Boyle, P.R. (ed.). Cephalopod Life Cycles. Vol. 2: Comparative Reviews, 157-200. London, Academic Press Inc.
- NIGMATULLIN, CH.M. 1989. Las especies de calamar más abundantes del Atlántico Sudoeste y sinopsis sobre la ecología del calamar (*Illex argentinus*). Frente Marítimo, 5 (A): 71-81.
- SCHULDT, M. 1979. Contribución al conocimiento del ciclo reproductor de *Illex argentinus*. CIG. Monografías, 10: 110 p.
- SNEDECOR, G. y W.G. COCHRAN. 1971. Métodos estadísticos. Compañía Editorial Continental S.A., Calz. de Tlalpan 4620, México 22, 703 p.
- SOKAL, R.R. y R.J. ROHLF. 1979. Biometría. Principios y métodos estadísticos en la investigación biológica. H. Blume Ediciones, 832 p.