

**ESTUDIO PRELIMINAR PARA LA DETERMINACION
DE MADUREZ GONADICA DEL CALAMAR GIGANTE**
Dosidicus gigas (D'Orbigny 1835).

Esperanza Michel G.*
Alexander Klett T.*
Rosa Isabel Ochoa**

RESUMEN

Con objeto de facilitar la identificación de los estadios de maduración gonádica, así como sentar las bases preliminares para un estudio detallado del ciclo reproductivo del calamar gigante, *Dosidicus gigas*, se describen las diferentes fases de madurez sexual, tanto para machos como para hembras, desde el punto de vista macroscópico y microscópico.

Se definen cuatro estadios característicos para las hembras y tres para los machos, que pueden ser asociados a características distintivas del aparato reproductor y que, una vez tipificadas, pueden ser aplicadas en forma de una escala empírica de madurez, por observación directa de la morfología externa de sus estructuras gonadales.

SUMMARY

With the intention of simplifying the identification of gonadic maturity states, and also of defining the preliminary bases for a detailed study of the reproductive cycle of the giant squid, *Dosidicus gigas*, the different phases of sexual maturity are described, for males as well as females, from a macroscopic and microscopic point of view.

Four characteristic states are defined for females and three for males that may be associated with the distinctive characteristics of the reproductive apparatus and that, once typified, may be applied in the form of an empirical scale of maturity, by means of direct observation of the external morphology of their gonadal structures.

INTRODUCCION

El calamar gigante, *Dosidicus gigas* (D'Orbigny, 1835), es ya un recurso pesquero de importancia en el Golfo de California, puesto que representa una alternativa viable para incrementar y diversificar la actividad pesquera de la región.

De la creciente importancia de este recurso surge la necesidad de coadyuvar al diseño de estrategias adecuadas de exploración y administración pesquera.

La descripción de las diferentes fases de desarrollo gametogénico, asociada a la caracterización morfológica externa del aparato reproductor de la especie, puede ser muy útil para determinar el estado reproductivo de los recursos bióticos que, directamente relacionados con las unidades en tiempo y espacio correspondientes, conforman el patrón del proceso reproductivo de dicho recurso.

Con este trabajo se pretende proporcionar elementos que permitan identificar los diferentes estadios de maduración gonadal del calamar gigante en el Golfo de California, tipificando y describiendo

cada uno de ellos en función de sus características macroscópicas (morfológicas y cromáticas) y microscópicas, relacionando la caracterización histológica del tejido gonádico con la condición externa del aparato reproductor correspondiente a su condición citológica, para luego construir una escala de madurez gonádica representativa de los diferentes estadios de desarrollo gametogénico por el cual atraviesan los órganos reproductores durante el proceso de maduración.

II. ANTECEDENTES

El proceso de maduración gonadal en cefalópodos decápodos (*Teuthoidea*), ha sido poco estudiado a la fecha. Los trabajos anteriores se han enfocado a otras especies.

Cowden (1968) describió la ovogénesis de *Loligo opalescens* desde el punto de vista macroscópico; reconoció 10 estadios característicos del desarrollo gametogénico en un estudio sumamente detallado.

Nesis (1970), por su parte, determinó diferentes estadios de madurez sexual en calamar gigante

* Centro de Investigaciones Pesqueras

** Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas

Dosidicus gigas. Trabajando con ejemplares de la Corriente de Humboldt, estableció tres fases características para los machos y cuatro para las hembras. Se basó en las características externas de la gónada, principalmente en el grado de desarrollo y engrosamiento de los oviductos y glándulas nidamentales, así como en las características cromáticas de los óvulos y del aparato reproductor durante el proceso de maduración.

Takakashi y Yahata (1973) en un estudio sobre *Todarodes pacificus*, determinaron ocho estadios de madurez, también mediante un estudio histológico de las células germinales femeninas, haciendo especial referencia a la vitelogénesis y a las variaciones observadas en las células foliculares.

Breeman, Grieb y Knipe (1978) publicaron estudios individuales sobre espermatogénesis y ovogénesis del calamar común de la corriente de California, *Loligo opalescens*, reconociendo tres estadios característicos en machos y siete para las hembras.

Amaratunga y Durward (1978) definieron para *Illex illecebrosus* cuatro estadios de madurez gonádica en los machos y cinco en las hembras, basados principalmente en los caracteres distintivos morfológicos del aparato reproductor: glándulas nidamentales, ovario, oviductos en hembras; órganos espermatoforicos, vasos diferentes y saco espermatoforico en machos.

Ochoa (1980) describe las características citológicas y la anatomía del aparato reproductor del calamar gigante, *Dosidicus gigas* del Golfo de California. Su estudio fue el punto de partida para la elaboración de este trabajo, con el cual se pretende establecer la base para estudios posteriores sobre el ciclo reproductor de la especie.

Leta (1981), basado en Castellanos (1964) y en observaciones originales, define una escala de madurez sexual para *Illex argentinus* que consta de cuatro estadios —tanto para machos como para hembras—, fundamentada en las características morfológicas y pigmentarias de los órganos reproductores en las diferentes fases de madurez.

Sin embargo, el proceso de maduración gonádica del calamar gigante, *D. gigas*, no ha sido descrita para el área del Golfo de California, donde la perspectiva de una pesquería potencial hace necesario alcanzar un adecuado conocimiento de la biología reproductiva de la especie.

El presente trabajo surgió como una primera aportación práctica para satisfacer dicha necesidad. En él se describen los diferentes estadios de madurez desde el punto de vista macroscópico y microscópico. Aporta, además, los esquemas y fotografías correspondientes.

III. MATERIAL Y METODOS

La colecta del material se realizó entre mayo y septiembre de 1981, en diferentes localidades del Golfo de California, colateralmente a las actividades del plan de muestreos de la pesca comercial y de los cruceros de pesca exploratoria implementados para otros propósitos (Figura 1).

En el Cuadro No. 1 se relaciona la procedencia y número de gónadas examinadas en cada una de las localidades mencionadas.

La colecta del material utilizado se llevó a cabo en base a criterios eminentemente selectivos, buscando una adecuada representación de los estadios más diferenciados, macroscópicamente hablando.

La caracterización macroscópica del aparato reproductor de los especímenes colectados se efectuó tomando en cuenta su estructura morfométrica, coloración, turgencia y textura, tipificando los atributos del mismo en una escala arbitraria de madurez gonádica, de cuatro estadios para las hembras y

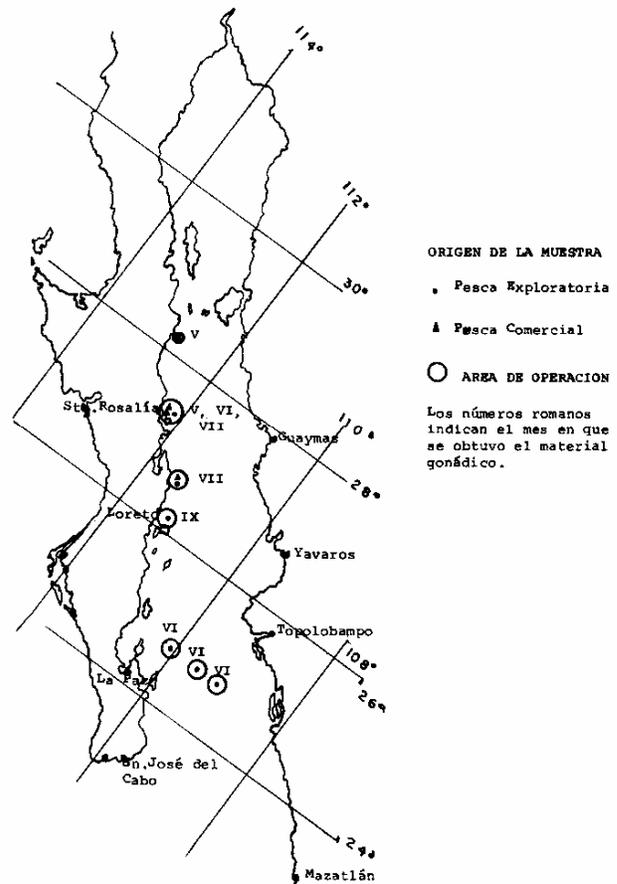


FIG. 1. LOCALIZACION GEOGRAFICA DE LAS AREAS MUESTREADAS QUE APORTARON MATERIAL GONADICO.

CUADRO No. 1 Número de gónadas examinadas por localidad, fecha y sexo , durante 1981
M = Machos H = Hembras T = Total

Mes	Mayo			Junio			Julio			Septiembre		
	M	H	T	M	H	T	M	H	T	M	H	T
Santa Rosalía	5	3	8									
Trinidad				5	14	19						
San Bruno							5	4	9			
San Nicolás							6	10	16			
Antonio Alzate*							15	20	35			
Isla Coronados										1	5	6

* Crucero de Pesca Exploratoria y Experimental

B/I Antonio Alzate Julio de 1981

Estación	Latitud	Longitud
21	25° 00' LN	109° 23' 1W
22	25° 00' LN	109° 45' 1W
23	25° 00' LN	110° 07' 1W

tres para los machos.

Las gónadas seleccionadas primero se fijaron en formaldehído al 10 por ciento, neutralizado con bórax. Luego fueron deshidratadas con alcohol y transparentadas con cloroformo.

De cada gónada se extrajeron tres porciones (parte anterior, media y posterior), que fueron incluidas en parafina a 56° - 58° C.

De cada una de estas secciones se tomaron cinco cortes de siete micras de espesor, con ayuda de un microtomo American Optical de rotación. Dos de cada cinco laminillas se tiñeron con la técnica de hematoxilina-eosina; las restantes fueron reservadas para ensayar posteriormente otras técnicas diferenciales.

Las laminillas correspondientes se observaron en microscopio compuesto (Carl Zeiss), con objetivos de 10X y 40X, procediéndose a la descripción de las características histológicas distintivas correspondientes a cada uno de los mencionados estadios, previamente tipificados a nivel macroscópico.

Complementariamente se dibujaron esquemas y se tomaron fotografías de cada uno de los estadios de desarrollo diferenciados, tanto desde el punto de vista macroscópico como del microscópico, y que sirven de referencia para la adecuada descripción de las fases de desarrollo aquí descritas.

IV. ANATOMIA DEL SISTEMA REPRODUCTOR

Dosidicus gigas presenta sexos separados y un di-

morfismo sexual externo poco aparente.

Los machos difieren ligeramente en tamaño de las hembras, siendo más pequeños. Los machos adultos, una vez alcanzada su madurez sexual, se distinguen externamente de las hembras porque presentan un manto cilíndrico que se hace agudo en la parte posterior a nivel de las aletas; la parte media del tubo es dura al tacto. En la hembra el manto es más delgado, se expande en la región media del cuerpo, debido a que los oviductos están llenos de huevos y, además, es blando al tacto. El sistema reproductor femenino está compuesto por cinco estructuras principales: un ovario, un oviducto de paredes delgadas, dos glándulas nidamentales, un par de glándulas nidamentales accesorias y el receptáculo seminal.

El ovario es un órgano de forma piramidal alargada, su consistencia depende de su estadio de madurez: flácido cuando está inmaduro, su turgencia aumenta a medida que madura. Se encuentra suspendido, de la parte media dorsal de la cavidad celómica, por un cordón de tejido muscular que atraviesa el centro de la gónada.

Los óvulos pasan por un tubo ciliado, donde son almacenados en forma libre en la porción proximal del oviducto hasta el momento de la copulación. Presentan un color opaco cuando están inmaduros y son más claros cuando aún están rodeados de epitelio folicular.

Las glándulas nidamentales están situadas entre el ovario y las branquias en posición ventral. Su

color y consistencia se relacionan con su madurez sexual: resultan blancuzcas y flácidas en estado inmaduro. Adquieren color blanco y consistencia sólida en etapas de madurez.

Las glándulas nidamentales accesorias se sitúan en la parte anterior de los oviductos y glándulas nidamentales. Cuando el organismo se encuentra en estado inmaduro no son aparentes, pero en el estadio maduro presentan una estructura firme de color blanco.

El receptáculo seminal lo forma una bolsa de tejido mesotelial, donde se reciben los espermatozoides y se realiza la fertilización.

En los machos también se localizan cinco componentes principales: testículo, vaso deferente, órgano espermatofórico, vaso eferente, saco espermatofórico y pene muscular.

El testículo se halla en la región postero-ventral del manto, ocupando la parte angosta y distal del mismo, dependiendo del grado de madurez sexual; va de un color blanquecino y consistencia flácida, cuando está inmaduro, a blanco firme y sólido al llegar a la madurez. Su soporte es un mesotelio y la aorta testicular llega a la gónada ramificándose por todo su interior.

El vaso deferente, un conducto que presenta el ensanchamiento conocido como ámpula, va estrechándose gradualmente, plegándose sobre sí mismo hasta alcanzar el órgano espermatofórico, de forma espiralada, que se encarga de empaquetar los espermatozoides en estructuras especiales llamadas espermatozoides, para pasarlos a través del vaso eferente hacia el saco espermatofórico donde quedan almacenados hasta el momento de la copulación. Durante esta última, son expulsados por el pene muscular, situado a la izquierda del ano.

El espermatozoides se compone de una cápsula quitinosa transparente. El semen, un cordón muy fino de color blanco que sale de la cápsula envuelto en una película muy delgada, termina en un filamento de forma espiral (Ochoa, 1981).

El órgano espermatofórico, el saco espermatofórico, los conductos eferentes y deferentes, así como el pene, apenas son aparentes en el estadio inmaduro del organismo; aumentan en tamaño y grosor a medida que avanza la maduración sexual.

V. COMPORTAMIENTO REPRODUCTIVO

El calamar gigante *D. gigas* es una especie altamente migratoria cuya presencia, en áreas costeras, en ciertas épocas del año, parece estar relacionada con su biología reproductiva. Durante la época de reproducción tiende a concentrarse en ambientes insulares, con taludes continentales pronunciados,

que probablemente desempeñan un papel favorable a la ovoposición.

Se ha observado que el calamar arriba a las costas formando grupos poblacionales de talla más o menos uniforme. Los machos son los primeros en llegar a la zona de reproducción y en alcanzar la madurez sexual. La proporción de sexos es altamente variable con un predominio prácticamente generalizado de hembras.

Al parecer, un macho puede aparearse con varias hembras; éstas no necesitan haber alcanzado su estadio de máxima maduración para participar en la reproducción.

El cruzamiento tiene efecto en una posición de cabeza a cabeza. El macho transfiere los espermatozoides a la membrana bucal de la hembra, ya que varios receptáculos seminales están dispuestos alrededor de la boca.

Mientras que los huevos dentro del ovario pueden encontrarse en diversos estadios de madurez, los óvulos hallados en los oviductos estaban maduros y su color iba del amarillo brillante al ámbar.

El desove probablemente se lleva a cabo en fondos profundos, sobre el talud continental.

Una vez completada la reproducción, los calamares prosiguen su ruta migratoria alejándose de la costa con rumbo a aguas oceánicas.

VI. DESCRIPCION DE LAS FASES DE DESARROLLO

A continuación se describe el proceso de maduración gonádica, desde los puntos de vista macroscópico y microscópico.

La descripción macroscópica se basó en las características morfológicas, cromáticas y merísticas del aparato reproductor en sus diferentes fases de desarrollo.

Asimismo, se realizó la descripción microscópica de cada fase, por medio de análisis histológicos, basados en los grados de avance de la ovogénesis y espermatogénesis, en donde se observó la diferenciación de las células germinales, fundamentalmente, hasta llegar al estadio de desove.

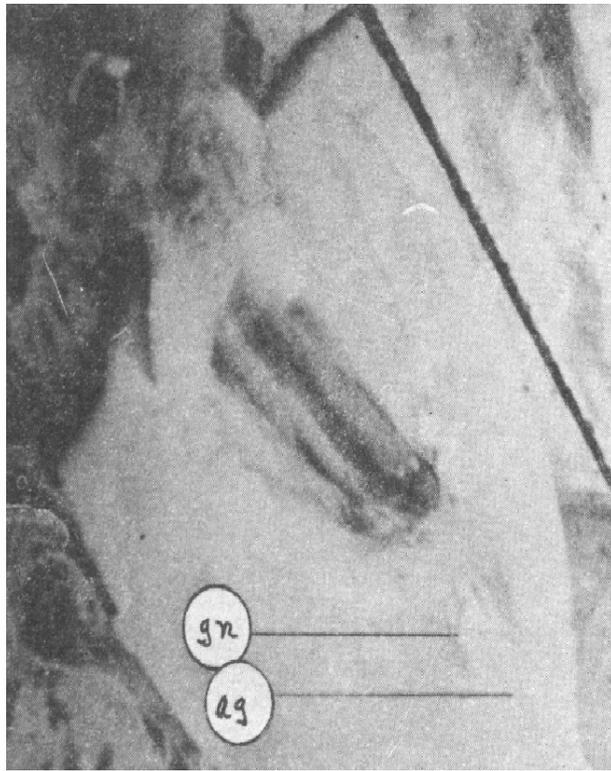
Ambas descripciones se ajustaron a la escala arbitraria de madurez gonádica citada anteriormente.

MADUREZ GONADICA HEMBRAS

ESTADIO I

Descripción macroscópica

En el sistema reproductor de hembra adulta inmadura (Figuras 2a., 2b), se observa el ovario (ov) poco desarrollado, ligeramente translúcido. Los



FIGS. 2a. Y 2b. SISTEMA REPRODUCTOR DE HEMBRA ADULTA INMADURA. SE OBSERVA OVARIO (ov), LAS GLANDULAS NIDAMENTALES (gn) Y LA AORTA GENITAL (ag) ESCALA 5 cm.

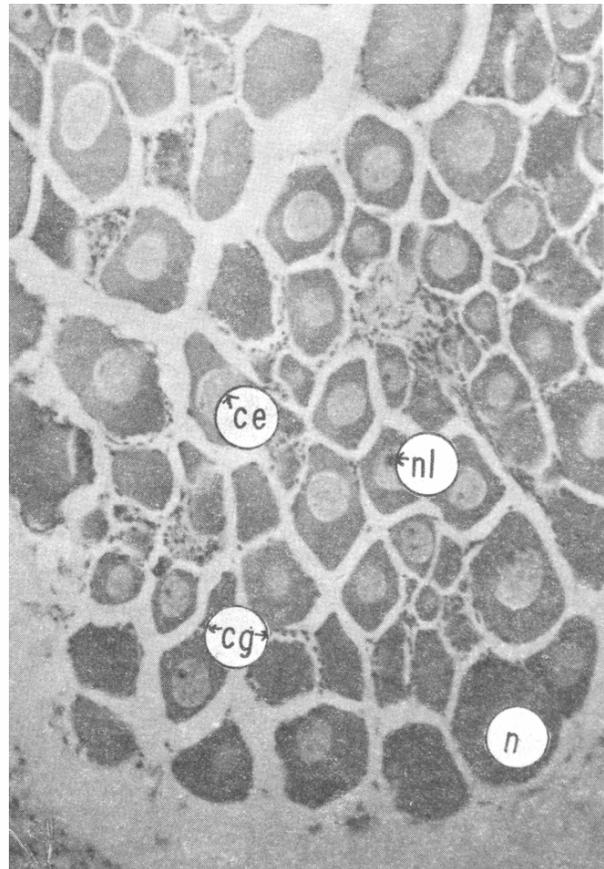
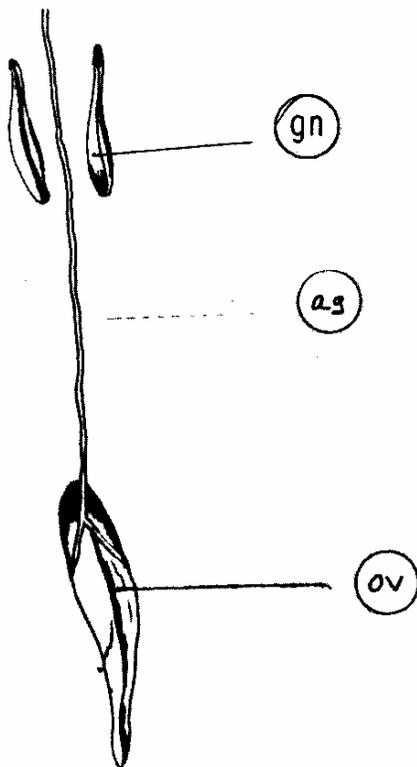
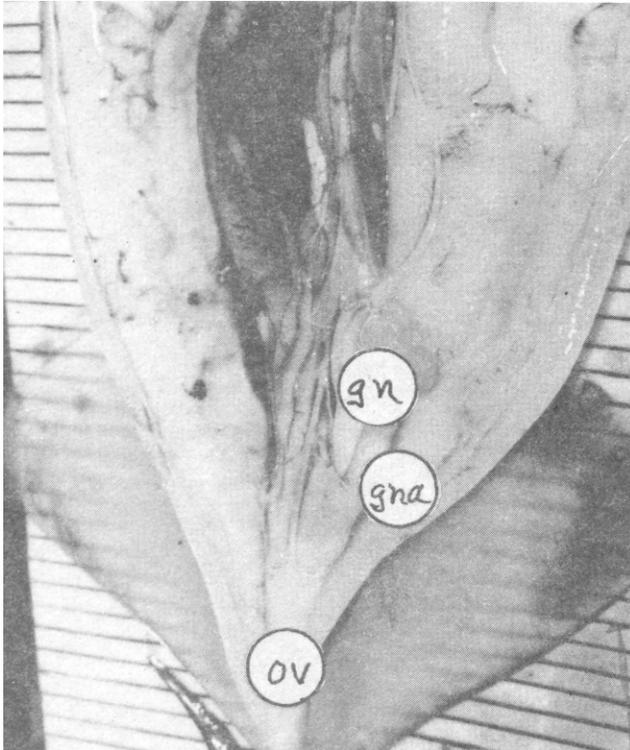


FIG. 3. CORTE HISTOLOGICO DE UN OVARIO DONDE SE OBSERVA OVOCITOS (ot) EN ESTADO INMADURO, EL NUCLEO (n), LOS NUCLEOLOS (nl), LAS CELULAS GERMINALES O FOLICULARES (cg) Y EL CITOPLASMA EOSINOFILO (ce) QUE RODEA EL NUCLEO. ESCALA 50m 10X.

conductos ováricos (co) y las glándulas nidamentales (gn) son aparentes y presentan forma alargada de color blanco transparente; la aorta genital (ag) está bien definida.

Descripción microscópica

Este estadio presenta un ovócito (ot) (Figura 3) con un diámetro que oscila entre 57 y 95 micras. Dentro de él se localiza un núcleo (n) esférico (28-38 micras) con uno o varios nucleólos (nl) en su interior, rodeado por citoplasma eosinófilo (ce) que, a su vez, es circundado por una capa muy delgada de células germinales (cg) muy delgadas (2-5 micras), en estadio inicial de desarrollo. No tiene muy bien definida su área citoplasmática.



FIGS. 4a. Y 4b. SISTEMA REPRODUCTOR DE HEMBRA ADULTA EN ESTADIO II (MADURANDO). SE LOCALIZA EL OVARIO (ov), LOS CONDUCTOS OVÁRICOS (co), LAS GLÁNDULAS NIDAMENTALES ACCESORIAS (gna) Y LAS GLÁNDULAS NIDAMENTALES (gn). ESCALA 5cm.

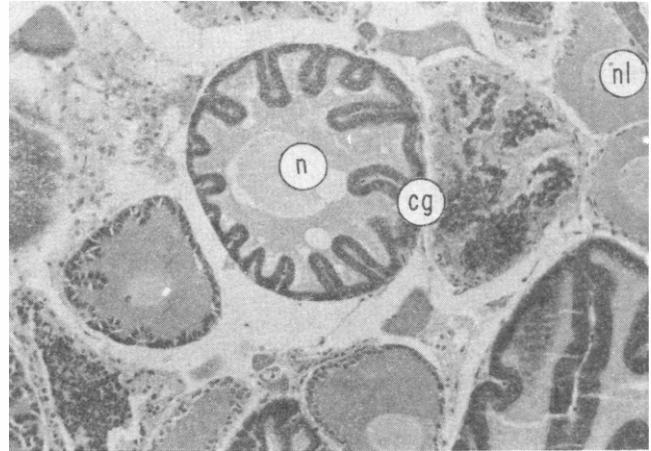
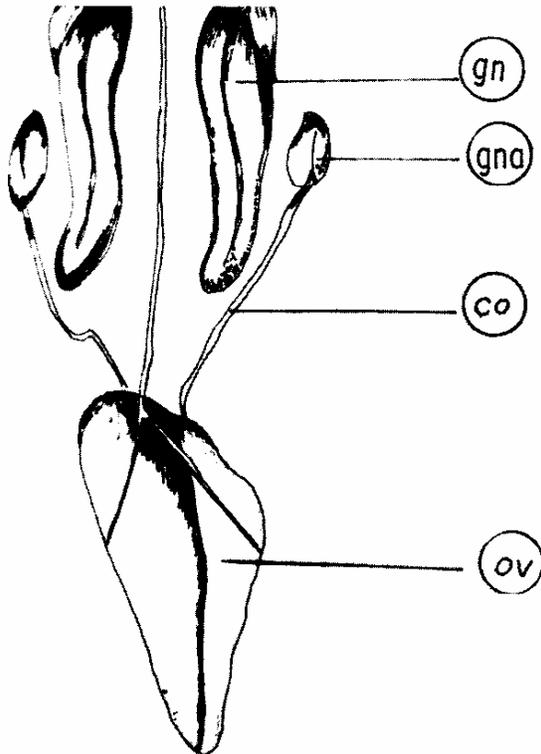


FIG. 5. CORTE HISTOLÓGICO DE OVARIO DONDE SE OBSERVAN OVOCITOS (ot) EN AVANCE DE MADURACION; EL NÚCLEO (n) LOS NUCLEOLOS (nl) Y LAS CELULAS GERMINALES (cg) PENETRAN EN EL OVOCITO (ot) EN FORMA DE INTERDIGITACIONES. ESCALA 25m 40X.

ESTADIO II

Descripción macroscópica

En este estadio el ovario (ov) se ha agrandado sensiblemente (Figuras 4a, 4b); presenta una coloración blanco marfil y su textura es más consistente. Los conductos ováricos (co) y las glándulas nidamentales accesorias (gna) comienzan a hacerse aparentes. Las glándulas nidamentales (gn), de color blanco cremoso, aumentan en tamaño y grosor, observándose en este estadio su disposición paralela en forma alargada. La aorta genital continúa definida.

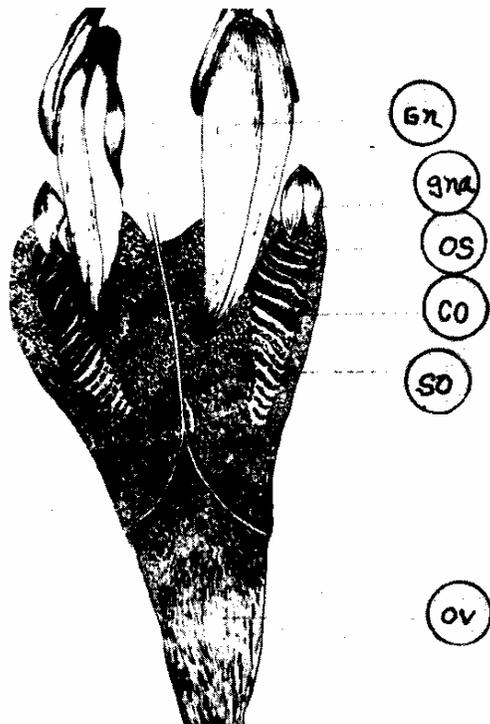
Descripción microscópica

El ovócito (Figura 5) mide de 95 a 161 micras. Se nota un visible aumento con respecto al estadio I, lo mismo ocurre con el núcleo (n) (40-76 micras). Los nucleolos (nl) se hacen menos aparentes. Las células foliculares o germinales (cg) se adhieren al ovócito (ot) adquiriendo volumen (9.5-19 micras), proliferando y junto con el epitelio folicular comienzan a invadir el ovócito. Su morfología cambia de cuadrada a cúbica.

ESTADIO III

Descripción macroscópica

El ovario (ov) (Figuras 6a, 6b) presenta una textura granular de color crema y los conductos ová-



FIGS. 6a. Y 6b. SISTEMA REPRODUCTOR DE HEMBRA ADULTA EN ESTADO MADURO. SE OBSERVA EL OVARIO (ov), LOS CONDUCTOS OVARICOS (co), LOS SACOS OVARICOS (so), LAS GLANDULAS NIDAMENTALES ACCESORIAS (gna), LAS GLANDULAS NIDAMENTALES (gn) Y SE EMPIEZAN A NOTAR LOS OVULOS (os). ESCALA 5 cm.

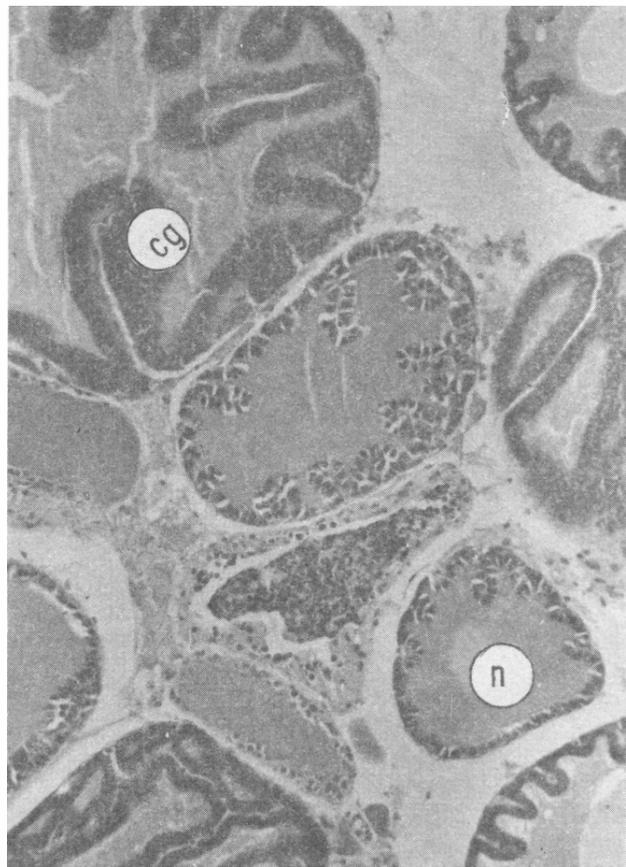
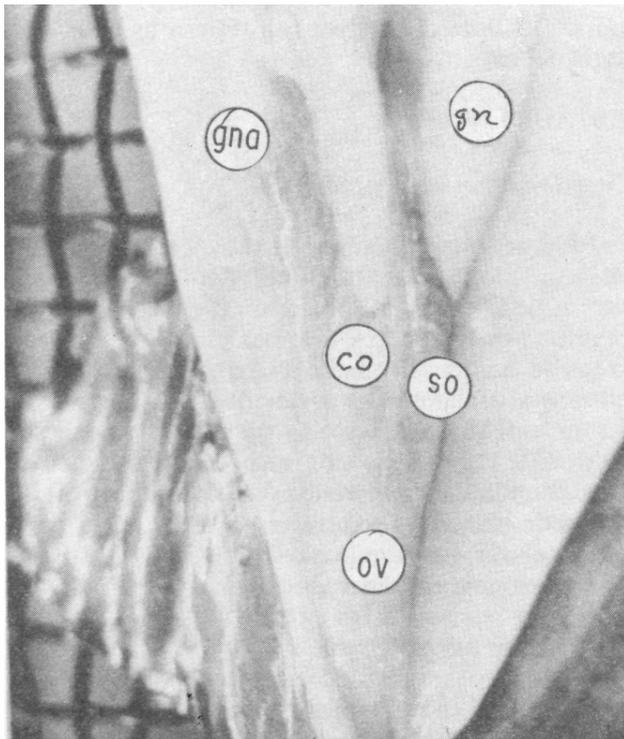
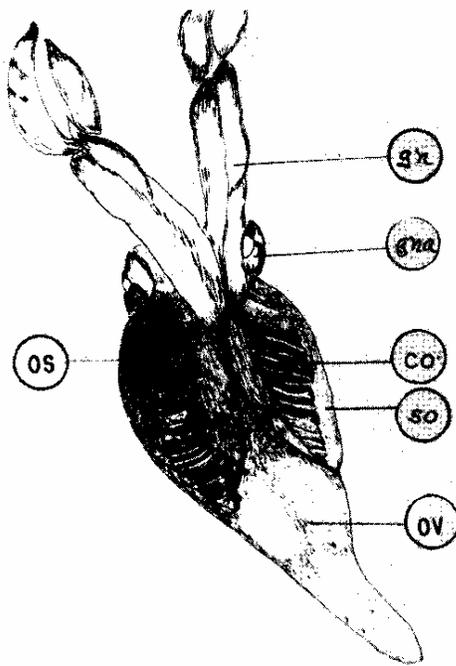


FIG. 7. CORTE HISTOLOGICO DE UN OVARIO. EN LOS OVOCITOS (ot) SE NOTA EL SINCICIO EN LAS INTERDIGITACIONES QUE SE RETIRAN HACIA LA PERIFERIA DEL OVOCITO (ot). EL NUCLEO (n) SE PRESENTA POCO APARENTE. ESCALA 25m 40X.

cos (co) se han desarrollado. En su porción anterior, los óvulos (os) muestran un color anaranjado y van haciéndose menos aparentes a medida que avanzan hacia la parte posterior. La glándula nidamental accesoria (gna) se encuentra bien definida, con color blanco cremoso que presenta una pequeña mancha de color naranja intenso en su parte inferior. Los sacos ováricos (so) comienzan a hacerse aparentes alrededor de la glándula nidamental accesoria (gna). Las glándulas nidamentales (gn) han engrosado y desarrollado hasta alcanzar un tamaño semejante al del ovario (ov), tienen textura firme y color blanco. En su parte anterior se comienza a presentar una división longitudinal.

Descripción microscópica

El ovócito (Figura 7) en este estadio tiene un tamaño de entre 142 y 237 micras. El núcleo (n), que mantiene el mismo tamaño en promedio, en relación con el estadio II, emigra hacia uno de los



FIGS. 8a. Y 8b. SISTEMA REPRODUCTOR DE HEMBRA ADULTA EN ESTADO DE DESOVE. SE NOTAN EL OVARIO (ov), LOS OVULOS (os) A TRAVÉS DE LOS SACOS OVARICOS (so), LOS CONDUCTOS OVARICOS (co), LAS GLÁNDULAS NIDAMENTALES ACCESORIAS (gna), LAS GLÁNDULAS NIDAMENTALES (gn). a) ESQUEMA, b) FOTOGRAFIA. ESCALA 5 cm.

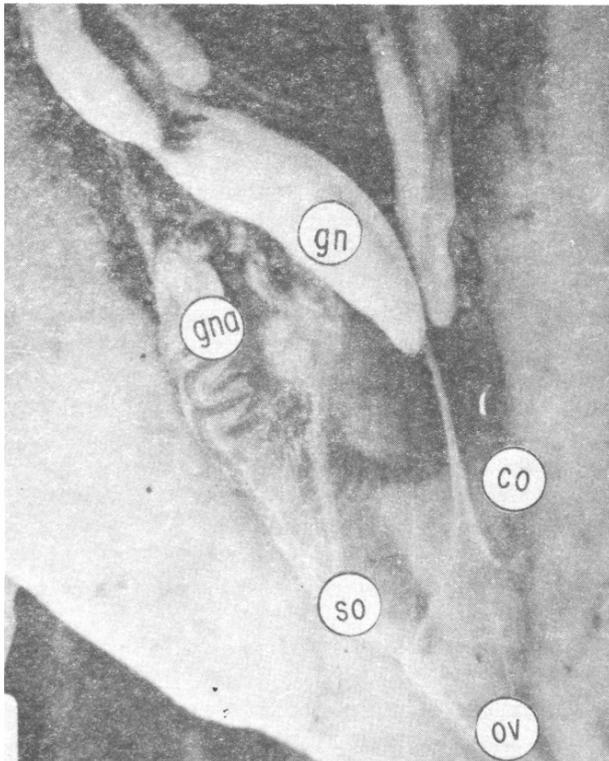


FIG. 9. CORTE HISTOLÓGICO DE UN OVARIO DONDE SE OBSERVAN LAS CELULAS GERMINALES O FOLICULARES (cg) RETRAIDAS Y FORMANDO UNA ESTRUCTURA LAMINAR ALREDEDOR DEL OVOCITO (ot) PARA FORMAR UN SINCICIO TERMINAL, PROVOCADO POR LA FORMACION DE VITELLO (v). ESCALA 25m 40X.

polos del ovócito (ot). Las células foliculares o germinales (cg) (22-57 micras), y el epitelio folicular desarrollan una vasta formación de interdigitaciones. Su morfología cambia de cuboidal a columnar. Las membranas entre las células foliculares (cg) se rompen y son retraídas juntas hacia la superficie, formándose un sincicio en las interdigitaciones. Cuando el epitelio folicular comienza a deprimirse, las interdigitaciones se retiran hacia la periferia del ovócito (ot).

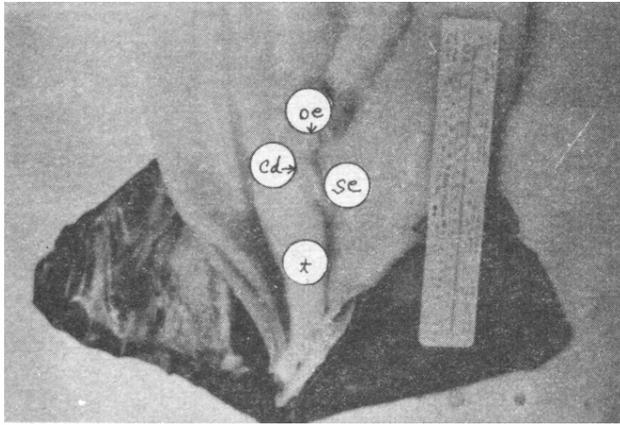
ESTADIO IV

Descripción macroscópica

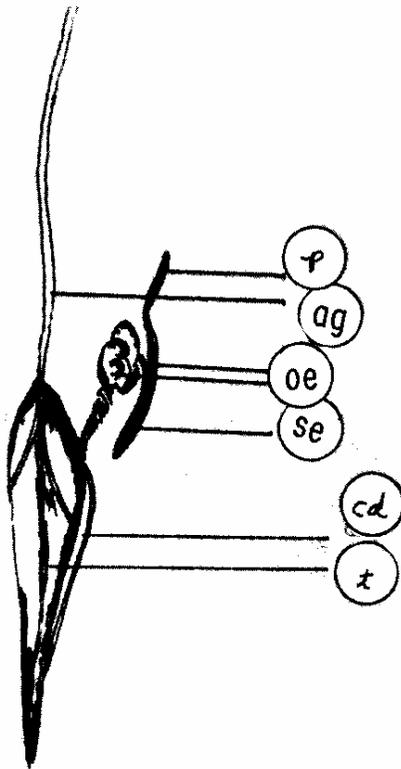
El ovario (ov) (Figuras 8a, 8b) está totalmente desarrollado y presenta un color amarillo-anaranjado; ocupa el tercio posterior de la cavidad del manto. Los conductos ováricos (co) ahora anaranjados se han desarrollado y engrosado, a través de ellos se ven claramente los óvulos (os). Las glándulas nidamentales accesorias (gna) han aumentado levemente su tamaño con respecto al estadio III. Las glándulas nidamentales (gn) son hipertróficas, de color blanco y textura consistente en su parte posterior; se ha terminado la división, quedando dos porciones semiseparadas.

Descripción microscópica

El ovócito (ot) (Figura 9) llega a un tamaño promedio de 230 a 285 micras, adquiriendo forma.



FIGS. 10a. Y 10b. SISTEMA REPRODUCTOR DE MACHO ADULTO INMADURO. SE OBSERVA EL TESTICULO (t), EL CONDUCTO DEFERENTE (cd) POCO APARENTE, EL ORGANO ESPERMATOFORICO (oe) POCO DEFINIDO, EL SACO ESPERMATOFORICO (se), TAMBIEN POCO APARENTE Y VACIO DE ESPERMATOFOROS (et). ESCALA 5 cm.



Hay un considerable decremento en la talla de los núcleos (n) y nucléolos (nl) hasta desaparecer.

Las células foliculares (cg) se retraen y forman una estructura laminar alrededor del óvulo para formar el sincicio terminal. La formación del vitelo (v) impulsa al sincicio folicular a la periferia del ovócito. Hay también un incremento en el cito-

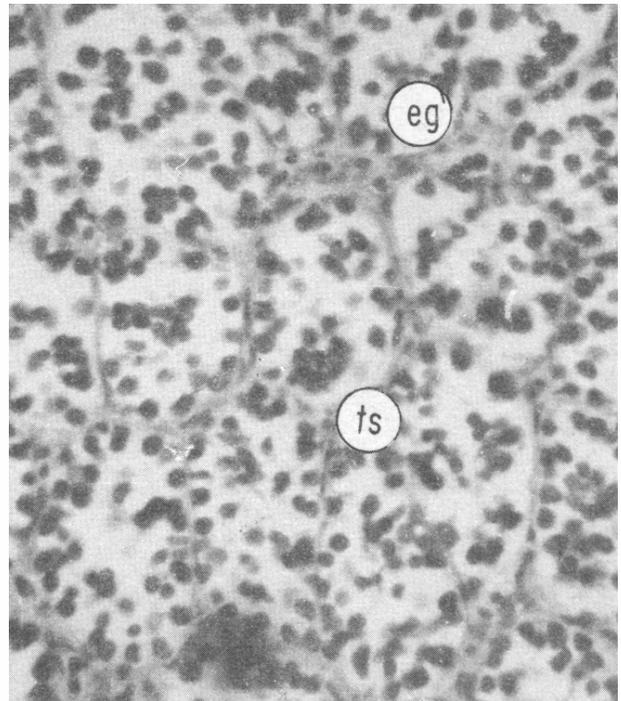


FIG. 11. CORTE HISTOLOGICO DE UN TESTICULO DE MACHO ADULTO, DONDE SE COMIENZAN A HACER APARENTES LOS TUBULOS SEMINIFEROS (ts) Y DENTRO DE ELLOS SE LOCALIZAN LAS ESPERMATOGONIAS (eg). ESCALA 25m 10X.

plasma basófilo, que decrece cuando el epitelio folicular comienza a degenerar antes de la expulsión.

MADUREZ GONADICA MACHOS

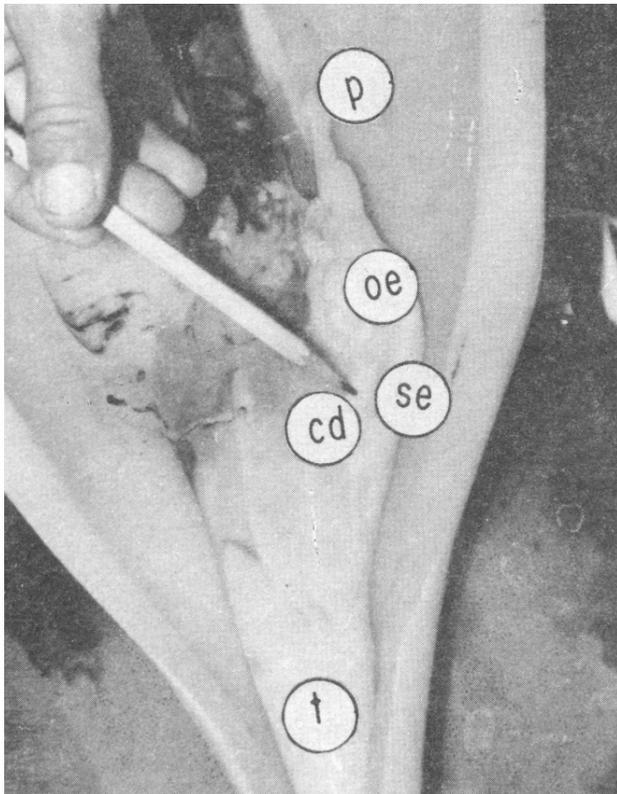
ESTADIO I

Descripción macroscópica

El sistema reproductor de macho adulto inmaduro (Figuras 10a, 10b) presenta un testículo (t) pequeño, delgado, alargado y translúcido, que ocupa la parte terminal del cono distal. El conducto deferente (cd) es poco aparente y translúcido. El órgano espermatoforico (oe), también translúcido, está poco definido. El saco espermatoforico (se) resulta poco aparente y vacío de espermátóforos (et).

Descripción microscópica

En este estadio (Figura 11) los túbulos seminíferos (ts) comienzan a hacerse aparentes. Dentro de ellos ocurre la espermatogénesis. Esparcidas en los túbulos se encuentran células esféricas de un tamaño aproximado de 4-8 micras llamadas espermatogonias (eg).



FIGS. 12a. Y 12b. SISTEMA REPRODUCTOR DE MACHO ADULTO MADURANDO. SE NOTAN EL TESTICULO (t), EL CONDUCTO DEFERENTE (cd), EL SACO ESPERMATOFORICO (se), EL ORGANO ESPERMATOFORICO (oe) Y EL PENE (p). ESCALA 5 cm.

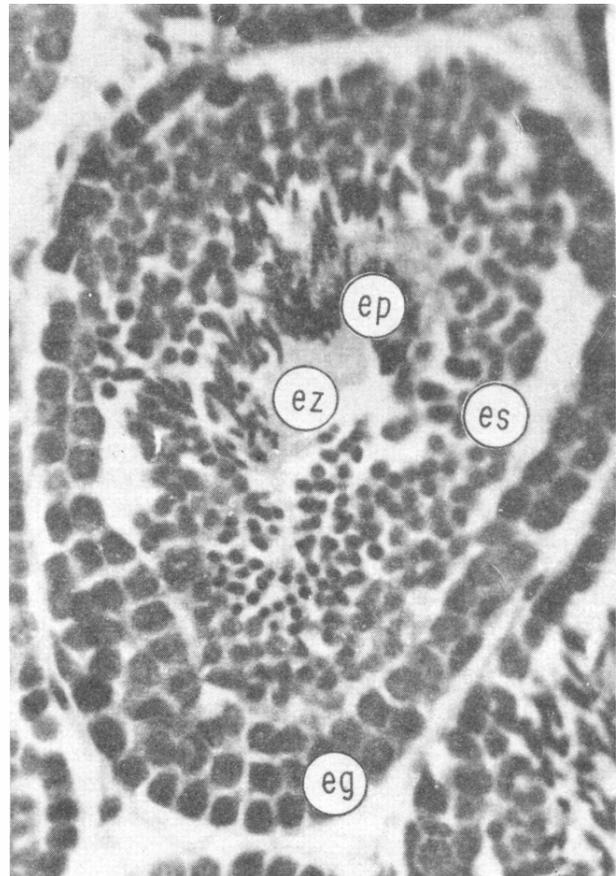
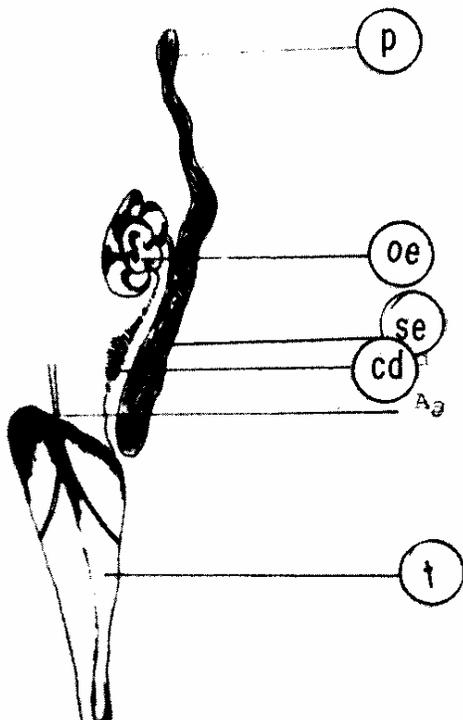


FIG. 13. CORTE HISTOLOGICO DE TESTICULOS DE MACHO ADULTO. LAS ESPERMATOGONIAS (eg) SE VEN EN LAS PAREDES DEL TUBULO SEMINIFERO (ts), CONTINUANDO LOS ESPERMATOCITOS SECUNDARIOS (es), HACIA LA LUZ DEL TUBULO SE IDENTIFICAN ESPERMATIDAS (ep) Y LOS ESPERMATOZOIDES (ez). ESCALA 3.5m 10X.

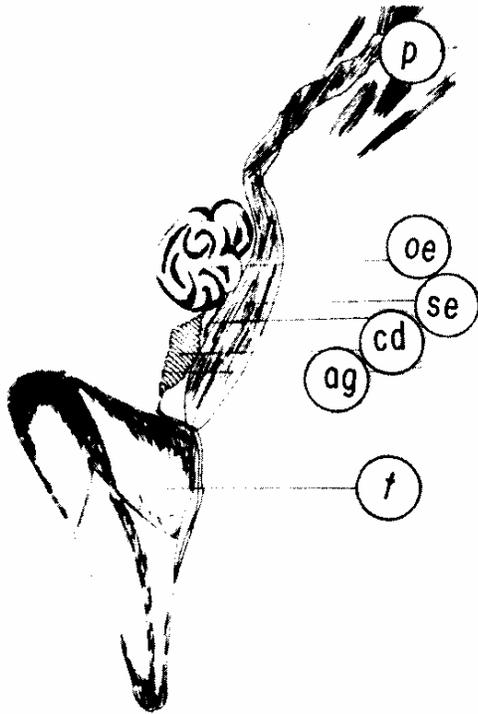
ESTADIO II

Descripción macroscópica

El testículo (t) en este estadio (Figuras 12a, 12b) se encuentra más desarrollado. Aumentado en grosor respecto al estadio I y presenta un color blanco. El conducto deferente (cd) aumenta en grosor también y resulta blanquecino. El órgano espermatoforico (oe) es fácilmente reconocible y ligeramente engrosado y blanquecino. El saco espermatoforico (se) está más evidenciado con algunos espermatoforos (et).

Descripción microscópica

Los túbulos seminíferos (ts), bien definidos (Figura 13), tienen forma redondeada. Hacia las pare-



FIGS. 14a. Y 14b. SISTEMA REPRODUCTOR DE MACHO ADULTO MADURO. SE VEN EL TESTICULO (t), EL CONDUCTO DEFERENTE (cd), EL ORGANOSPERMATOFORICO (oe), EL SACO ESPERMATOFORICO (se) LLENO DE ESPERMATOFOROS (et) INCLUSIVE FUERA DEL PENE (p). ESCALA 5cm.

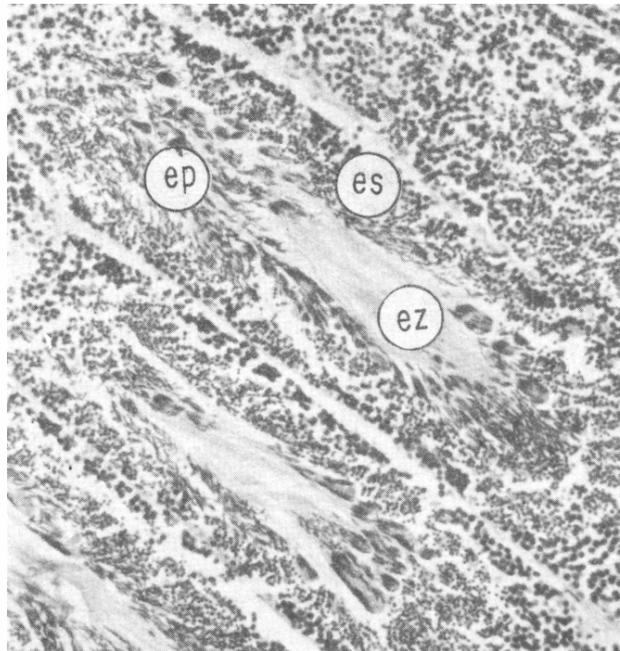
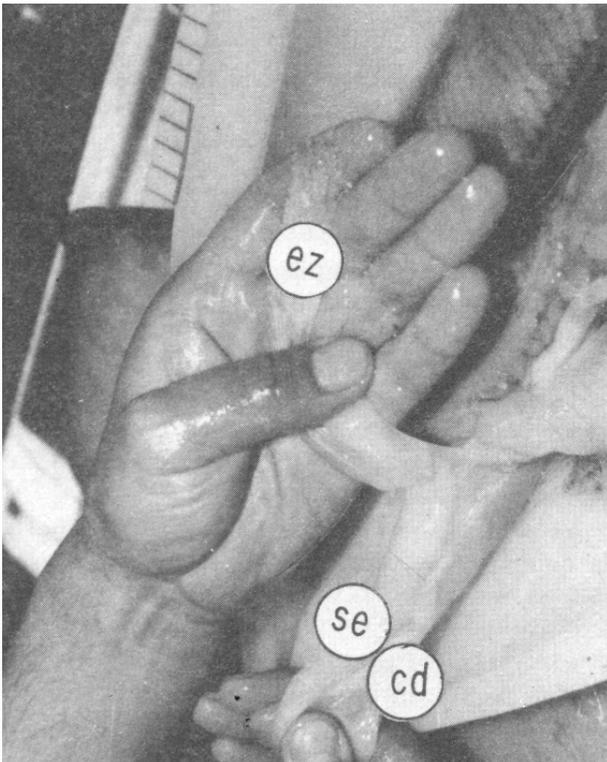


FIG. 15. CORTE HISTOLOGICO DE UN TESTICULO DE MACHO ADULTO MADURO. SE NOTA EL ALARGAMIENTO DE LOS TUBULOS SEMINIFEROS (ts) Y EL AUMENTO CONSIDERABLE DE ESPERMATOZOIDES (ez). PARALELOS A ELLOS SE LOCALIZAN ESPERMATIDAS (ep), EN LAS PAREDES DEL TUBULO SEMINIFERO (ts) SE ENCUENTRAN LOS ESPERMATOCITOS SECUNDARIOS (es). ESCALA 50m 10X.

des del túbulo se localizan las espermatogonias (eg) (4-8 micras), células cuyo núcleo aparece fuertemente teñido con cromatina condensada. Hacia la luz del túbulo se identifican espermatidas (ep), células ligeramente ovaladas (1.5-3 micras) con poco citoplasma; mientras más se acercan al centro del túbulo van alargándose y la cromatina empieza a ser más densa. En el centro del túbulo se comienzan a observar células alargadas con características de espermatozoides (ez) maduros, con núcleo más teñido de color rosado pálido.

ESTADIO III

Descripción macroscópica

El testículo (t) de color blanco consistente, está bien desarrollado (Figuras 14a, 14b), ocupando un tercio de la longitud de la cavidad del manto. El conducto deferente (cd), blanco, ha engrosado. El órgano espermatorfórico (oe) también se encuentra bien desarrollado, grueso, abultado y blanco cremoso. El saco espermatorfórico (se) está lleno de espermatoforos (et). Estos, inclusive se encuentran libres en la cavidad del manto.

Descripción microscópica

En este estadio (Figura 15) se caracteriza el alargamiento de las paredes de los túbulos seminíferos (ts), donde se observa en el centro un aumento considerable de espermatozoides (ez) teñidos de color rosado pálido, con una tendencia direccional hacia el lumen longitudinal del testículo (t). Paralelamente a ellos (ez) se ven las espermátidas en un número un poco menor de los espermatozoides (ez), incluso en muchos túbulos aparecen espermátidas (ep) en la corriente de espermatozoides. Hacia las paredes de túbulos se encuentran en menor número espermatozoides secundarios (es) y en algunos se llegan a observar espermatozoologías (eg).

VII. DISCUSION

Uno de los aspectos críticos del presente trabajo es resultado del reducido número de muestras analizadas. Sin embargo, las gónadas colectadas fueron seleccionadas expresamente por haberse considerado típicamente características de las diferentes fases del proceso de maduración sexual. Lo anterior quedó plenamente confirmado tras el examen minucioso, al microscopio compuesto, de los tejidos gonádicos correspondientes. Bajo tales premisas, las muestras examinadas son plenamente representativas de las fases de madurez consideradas por lo que cumplen con los objetivos planteados.

Por otra parte, siendo el proceso de maduración sexual en sí un fenómeno continuo, es posible determinar tantas fases de desarrollo artificialmente discretizadas como se quieran asociar a la aparición y transformación de las características citológicas observables a nivel microscópico.

En tal caso, la caracterización macroscópica requeriría introducir elementos morfométricos lo suficientemente sensibles como para detectar variaciones en tamaño y volumen relativos entre los diferentes componentes estructurales del aparato reproductor. Por ello, en el presente trabajo se optó por definir las diferentes fases de maduración dentro de límites claramente distintivos a nivel microscópico, con el fin de propiciar la identificación expedita de los diferentes grados de madurez a partir de la simple observación del aparato reproductor.

De acuerdo a las características macroscópicas distintivas observadas, se estableció la escala arbitraria que tipifica el proceso de maduración en cuatro fases para las hembras (inmadurez, maduración, madurez y desove) y tres para los machos (inmadurez, maduración y madurez). En este último caso, no se ha relacionado la fase de expulsión de los productos sexuales, debido a que, como ya se ha

mencionado, un mismo ejemplar macho puede aparearse con varias hembras hasta agotar los espermatozoides disponibles en el saco de Needham. Una vez cumplidas sus funciones reproductivas, los organismos agotados se integran a la componente migratoria que se aleja de las zonas de reproducción.

La diferenciación entre la etapa de madurez y la fase de expulsión no está claramente delimitada en los machos, ya que los especímenes maduros, con espermatozoides perfectamente formados, pueden presentar en su tejido testicular células germinales aún en etapas primarias de desarrollo, pese a encontrarse participando activamente en el proceso reproductivo.

Complementariamente, la aparente omisión de estadios previos a la misma iniciación del proceso de maduración y posteriores al desove, no pudieron ser debidamente caracterizados en virtud de la misma biología reproductiva de la especie en relación con el origen de las muestras colectadas. Como se dijo antes, el material gonádico utilizado se obtuvo del muestreo de la pesca comercial, que se ejerce durante la época de reproducción, y en las áreas costeras a que acude el recurso para tal efecto. Por lo tanto, la no detección de estadios pre y posreproductivos podría explicarse en base a la misma naturaleza migratoria del recurso.

VIII. CONCLUSIONES

Considerando el carácter preliminar de este trabajo, puede concluirse que la caracterización del proceso de maduración gonádica relacionada es ilustrativa de las transformaciones externas e internas del aparato reproductor, durante el periodo comprendido entre la iniciación de la maduración sexual y el momento de desove.

La información compilada aporta los elementos necesarios para identificar las diferentes fases de maduración, en base a la simple observación de la condición externa del aparato reproductor.

La no detección de las fases anteriores y posteriores al mismo proceso reproductivo se atribuye a limitaciones operativas para una cobertura más amplia del muestreo realizado.

Es evidente que los datos obtenidos no aportan la confianza necesaria para delimitar las áreas y épocas de reproducción para toda la población, pero no ha sido ese el objetivo del trabajo.

En base a los resultados aquí obtenidos se pretenden realizar investigaciones que conduzcan a la integración del ciclo reproductivo de la especie, para todos sus componentes poblacionales.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece la colaboración del M. en C. Mauricio Ramírez y de Raúl Zamarrón D., quienes participaron en la colecta de material gonadal. Mauricio Ramírez aportó, también, valiosas ideas para la estructuración del trabajo.

Nos sentimos profundamente endeudados con el M. en C. René Torres y el Biól. Juan Ortiz Cobos por su aportación del material fotográfico.

Merecen mención especial las autoridades y el cuerpo de investigadores del Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (CICIMAR), por las facilidades y colaboración prestadas, y sin las cuales, la elaboración del trabajo se hubiera visto obstaculizada.

Finalmente, agradecemos al M. en C. Erik Baqueiro C. y al Biól. Ignacio Peña R., por revisar el manuscrito del trabajo y ofrecer sus consejos para mejorarlo.

BIBLIOGRAFIA

- AMARATUNGA, T. and R. D. DURWARD. 1978. Field Guide for data Collection for the Squid *Illex illecebrosus*. Proceeding of the Workshop on the Squid *Illex illecebrosus*. Fisheries and Marine Service Technical Report No. 833: 8.1, 8.11.
- DURWARD, R. D., T. AMARATUNGA and R. K. O'DOR. 1978. Maturation index and fecundity for female *Illex illecebrosus* (Le Sueur, 1821). Proceedings of the Workshop on the Squid *Illex illecebrosus*. Fisheries and Marine Service Technical Report No. 833: 24.1, 24.10.
- GIESE, A. C. and J. S. PERSE. 1977. Reproduction of Marine Invertebrates. Molluscs: Gastropods and Cephalopods. Academic Press; INC. New York. IV: 243-284.
- GRIEB, T. M. and R. D. BEEMAN. 1978. A study of Spermatogenesis in the Spawning population of the Squid *Loligo opalescens*. *California Fish and Game* Fish Bulletin 169: 11-21.
- KNIPE, J. H. and R. D. BEEMAN. 1978. Histological observations on oogenesis in *Loligo opalescens*. *California Fish and Game*. Fish Bulletin 169: 23-33.
- LETA, H. R. 1980. Aspectos Biológicos del Calamar *Illex argentinus* INAPE, Proyecto URV/78/005, FAO/PNUD.
- NESIS, K. N. 1970. The Biology of the Giant Squid of Peru and Chile. *Dosidicus gigas*. P. P. Shushov Institute of Oceanology. URSS. Academy of Sciences. pp. 111-114.
- OCHOA, B. R. 1980. Estudio Preliminar del Sistema Reproductor del Calamar Gigante del Golfo de California *Dosidicus gigas* (D'Orbigny, 1835) Mollusca: Cephalopoda (inédito).