Estadios de madurez gonádica y ciclo reproductor de los peces *Arius melanopus* Günther (Siluriformes: Ariidae) y *Bairdiella ronchus* Cuvier y Valenciennes (Perciformes: Sciaenidae) *

IMELDA MARTINEZ M. **
Departamento de Morfología
Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, IPN
Prol. de Carpio y Plan de Ayala
Apartado Postal 42-186
11340 México, D. F.

ANGELICA E. GONZALEZ SCHAFF
Escuela Nacional de Estudios Profesionales-Zaragoza
Universidad Nacional Autónoma de México

MARTÍNEZ M., IMELDA y ANGÉLICA E. GONZÁLEZ SCHAFF, 1986. Estadios de madurez gonádica y ciclo reproductor de los peces *Arius melanopus* Günter (Siluriformes: Ariidae) y *Bairdiella ronchus* Cuvier y Valenciennes (Perciformes: Sciaenidae). *An. Esc. nac. Cienc. biol., Méx.* **30**: 67-80.

RESUMEN: Se estudiaron 210 ejemplares de *Arius melanopus* y 187 de *Bairdiella ronchus* del canal y la Laguna de Tampamachoco, Veracruz, colectados mensualmente de noviembre de 1980 a octubre de 1981. Se efectuó el análisis morfológico e histológico para establecer los estadios de madurez ovárica y testicular. Se encontró que *A. melanopus* desova de mayo a agosto y *B. ronchus* de abril a julio.

INTRODUCCIÓN

México cuenta con una gran extensión de litorales y una amplia variedad de especies marinas; para realizar la explotación de estos recursos es necesario conocer la biología de las especies.

El ciclo reproductor de cualquier especie indica la época en que aparecen nuevos individuos y en que debe ser protegida. Los estudios de madurez gonadal son sumamente importantes para determinar el ciclo de vida de las especies e indirectamente la potencialidad de un recurso.

Se han establecido criterios morfológicos (Lozano, 1968; Nikolsky, 1976) e histológicos (Lahaye, 1960; Páez, 1976) por separado para determinar el estado de madurez de las gónadas en peces, particularmente en hembras.

Trabajo hecho en el Laboratorio de Embriología de la ENCB, IPN, en colaboración con la ENEP ZARAGOZA, UNAM.
Becaria de la Comisión de Operación y Fomento de Actividades Academicas (COFAA) del IPN

Arius melanopus, conocido como bagre marino, es una especie eurihalina que en sus etapas jóvenes habita en las aguas salobres. Se distribuye desde Tamaulipas, México, hasta Panamá (Castro Aguirre, 1978).

Bairdiella ronchus, conocida como gurrubata o corvina, es también una especie eurihalina que se distribuye geográficamente desde Tamaulipas, México, hasta Brasil (Castro Aguirre, 1978).

En el presente trabajo se determinan los estadios de madurez gonadal en ambas especies, tanto para hembras como para machos, tomando en cuenta a un tiempo criterios anatómicos e histológicos. A partir de estos resultados se establecieron los ciclos reproductores.

Material y métodos

Se obtuvieron 210 ejemplares de *A. melanopus* y 187 de *B. ronchus* mediante 12 muestreos mensuales efectuados de noviembre de 1980 a octubre de 1981 en el Canal y la Laguna de Tampamachoco, Veracruz. Al inicio y final de cada arrastre (red de 9 m de longitud, 7 m de abertura de boca y 15 mm de abertura de malla) se tomaron muestras de agua de fondo para obtener datos de temperatura y salinidad.

Los ejemplares fueron medidos y pesados; se les extrajeron las gónadas que fueron pesadas y medidas y se anotó el estadio de madurez en que se encontraban, según el criterio de Nikolsky (1976).

Ovarios y testículos fueron fijados en formol al 10 % en buffer fosfato e incluidos en parafina. Los cortes histológicos fueron hechos a 6 micras y teñidos con hematoxilina-eosina o con la reacción de PAS-hematoxilina. Las microfotografías fueron tomadas en un FOMI-III de Zeiss (Gabe, 1968).

Los estadios de madurez ovárica se basaron en los propuestos por Páez (1976), mientras que los testiculares tomaron como base las observaciones directas, ya que fue necesario establecer una clasificación. Estos resultados se analizaron a lo largo de la temporada de colecta para obtener el ciclo reproductor de cada una de las especies.

Resultados

Tomando en cuenta los criterios morfológicos empleados por Nikolsky (1976) en ambas especies se encontraron los siguientes estadios:

Estadio I. Las gónadas presentan una coloración blanca, aparecen como tubos delgados y no se pueden diferenciar ovarios de testículos.

Estadio II. Los ovarios presentan una coloración rosada, forma cilíndrica y aspecto granuloso. Los testículos poseen un color blanco mate.

Estadio III. Las gónadas aumentan de tamaño y llegan a alcanzar la mitad de la cavidad visceral; al realizar un corte en los ovarios se ponen al descubierto los pequeños ovocitos y en los testículos hay semen.

Estadio IV. Las gónadas aumentan considerablemente su tamaño; al presionar el vientre, los productos sexuales no son expulsados al exterior.

Estadio V. Las gónadas ocupan dos terceras partes de la cavidad visceral; al presionar el vientre, la hembra expulsa los ovocitos y el macho secreta el semen.

Estadio VI. La longitud de las gónadas casi no se altera pero el peso decrece notablemente y presentan un aspecto flácido; los ovarios de color pardo, pueden contener ovocitos residuales y los testículos pueden contener algo de esperma.

Estadio VII. Los ovarios comienzan una nueva producción de ovocitos y los testículos comienzan a producir espermatocitos.

Los resultados del estudio histológico de los ovarios, muestran que en ambas especies la corteza ovárica está formada por una capa de tejido conjuntivo que es muy gruesa en ovarios inmaduros y conforme la gónada continúa su maduración se adelgaza hasta que en el momento de la reproducción se presenta como una delgada capa celular.

Tomando en cuenta algunos de los criterios empleados por Páez (1976), sobre todo en lo que se refiere a la apariencia de los ovocitos, se establecieron los siguientes estadios:

Estadio I o inmaduro. Los ovocitos no presentan vitelo, su citoplasma es basófilo y no se observan nucleolos (Fig. 1).

Estadio II o previtelogénesis. Los ovocitos presentan de cuatro a 10 nucléolos que se sitúan bajo la membrana nuclear; no hay vitelo en el citoplasma (Fig. 1).

Estadio III o vitelogénesis temprana. Los ovocitos inician la vitelogénesis, aparece el vitelo en forma de pequeñas plaquetas. Se reconoce la capa de células foliculares y el corion; el citoplasma va perdiendo su carácter basófilo (Fig. 1).

Estadio IV o vitelogénesis tardía. Los ovocitos han aumentado su tamaño considerablemente debido a la cantidad de vitelo depositado y su núcleo es central (Fig. 1).

Estadio V. Corresponde al momento del desove. Las características del ovocito maduro no fueron observadas al microscopio debido al considerable tamaño adquirido.

Estadio VI. Corresponde a ovarios después del desove, en éstos se observaron ovocitos en reabsorción o residuales.

Dado que en la bibliografía consultada no se encontró ninguna clasificación que pudiera ser utilizada para establecer estadios de madurez gonádica en machos, se adoptó la clasificación que se indica a continuación.

Estadio I o inmaduro. El tejido conjuntivo ocupa el mayor espacio dentro del testículo y los cistos no son observables. La coloración que adquieren es acidófila.

Estadio II o en espermatogénesis. La estructura cística puede ser observada. Existen cistos de espermatogonias reconocibles por su forma redonda, tamaño grande y núcleo considerable. Los cistos de espermatocitos primarios se reconocen por su núcleo difuso; los de espermatocitos secundarios poseen un mayor

número de células y los cistos de espermátidas, en mucho menos número, se reconocen porque presentan todas las cabezas orientadas hacia un mismo punto y los flagelos hacia el lado contrario. Paralela al testículo, corre una extensión del vaso deferente que se interna en él; los cistos de espermatogonias tienden a encontrarse alejados de este canal por lo que puede pensarse que existe una migración de cistos (Fig. 2).

Estadio III o en espermiogénesis temprana. En este estadio la cantidad de cistos de espermátidas aumenta y disminuyen los que contienen espermatogonias y espermatocitos. El diámetro del canal deferente aumenta y se observa la migración de cistos más maduros hacia él (Fig. 2).

Estadio IV o en espermiogénesis tardía. Los cistos de espermatogonias, espermatocitos y espermátidas disminuyen en número y se observan ahora cistos de espermatozoides flagelados; estos cistos llegan al canal deferente y ahí descargan su contenido por lo que dicho canal se encuentra lleno de espermatozoides maduros listos para ser expulsados (Fig. 2).

Los resultados de madurez gonádica para cada una de las especies estudiadas pueden observarse en las figuras 3 y 4. Estos estadios fueron variables a lo largo del año (Figs. 5 y 6).

Analizando los resultados obtenidos para *A. melanopus* se observa que cuando la gónada está madura, los estadios IV y V se presentan de mayo a agosto. Al relacionar los estadios gonádicos con la temperatura y la salinidad del agua de fondo, se observa que el momento de la reproducción coincide con los meses de más altas temperaturas y bajas salinidades; esto tiene una importancia especial al considerar que *A. melanopus* es una especie marina que busca lugares de baja salinidad para reproducirse (Fig. 5).

Esta especie penetra a la Laguna de Tampamachoco durante los meses de baja salinidad en los cuales se reproduce; las hembras regresan al mar después del desove y el macho permanece en la laguna hasta que los embriones (incubados en su boca) se transforman en alevines, después regresa al mar y las crías permanecen en esta zona hasta febrero.

Los resultados sobre *B. ronchus* nos muestran que los meses en que la gónada está en estadios IV y VI son aquellos en que existen altas temperaturas y bajas salinidades (Fig. 6). Esta especie penetra a la Laguna de Tampamachoco de abril a julio para reproducirse; las hembras y los machos regresan al mar después de la puesta, mientras que las crías permanecen en la laguna hasta febrero y luego emigran al mar.

Los estadios de madurez gonádica, anatómica e histológica de ovarios y testículos en *A. melanopus* y *B. ronchus* fueron similares, lo que permitió hacer una descripción general para ambas especies, que puede ser empleada para cualquier otra especie de pez (Figs. 7 y 8).

Discusión

Algunas de las características que Páez (1976) propone en su escala, no fueron tomadas en cuenta en el presente estudio pues fueron descritas para *Opis-*

thonema libertate; sin embargo, se eligieron los criterios que podrían ser utilizados para cualquier especie.

Este autor describe ovocitos "en los cuales los nucleolos al parecer atraviesan la membrana nuclear y donde la membrana folicular se hace aparente"; estas características no se tomaron en cuenta dado que los nucleolos no atraviesan el núcleo nunca. El término "membrana folicular", que también utilizó Lahaye (1960), debería ser teca folicular, pues se trata de un conjunto de células y no de una porción celular. También menciona que "las plaquetas de vitelo han perdido su individualidad, es decir, parece que se rompen y se unen una con otra"; esta situación no se observó en ninguna de las especies estudiadas y parece poco probable que así suceda en realidad. También menciona que "el pronúcleo femenino se sitúa en la periferia del ovocito"; la migración del núcleo sucede durante la fertilización en la mayoría de las especies (Nelsen, 1953), razón por la cual quizá nosotros no observamos esta característica en las especies estudiadas y no fue tomada en consideración.

En el presente trabajo se utilizaron como base las claves de Nikolsky (1976) y Páez (1976) para determinar el estadio de madurez gonádica; sin embargo, estas claves sólo toman en cuenta el criterio anatómico a simple vista o el criterio histológico para los ovocitos. Por otro lado, no se encontró una clasificación para analizar la histología de los testículos, por lo que se propone una clasificación que conjunte ambos criterios para hembras y machos.

Es evidente que dichas especies penetran a la Laguna de Tampamachoco para efectuar el desove, época en que se presenta un descenso en la salinidad y alta temperatura. La baja salinidad coincide con la época de lluvias y "nortes" así como con la de altas temperaturas; los individuos buscan entonces menor salinidad para su reproducción y un lugar que proporcione seguridad a las crías.

Arius melanopus penetra a desovar de mayo a agosto, época en que fueron capturados muchos individuos adultos, pero después del desove las hembras no fueron capturadas en el mismo número que los machos, quienes guardan en la cavidad bucal los huevos ya fertilizados. Los machos no regresan al mar como lo hacen probablemente las hembras, sino que permanecen el tiempo necesario para que los embriones se conviertan en alevines (aproximadamente 2 meses).

Bairdiella ronchus penetra en la laguna de abril a julio, etapa en que fue capturada la mayor parte de los adultos; el desove ocurre muy rápido, hembra y macho abandonan la zona después de la fertilización. Esto explica la ausencia de individuos que muestren gónadas en estadios de reproducción, sin embargo es evidente que el desove ocurre en esa época pues los organismos con estadio IV se encontraron de enero a abril, lo que indica que en este mes se comienza la reproducción; además, de diciembre a enero se capturaron gran cantidad de individuos de talla pequeña.

AGRADECIMIENTOS

A la Dirección General de Regulación Pesquera del Departamento de Pesca por otorgar el permiso de colecta No. 242-789, Exp. 276/1-10895.

Summary

This study is based on 210 specimens of *Arius melanopus* and 187 of *Bairdiella ronchus* from Laguna de Tampamachoco, Veracruz, collected monthly from november 1980 to october 1981. Morphological and histological analysis were done to stablish the development of ovary and testes. *A. melanopus* spawn from may to august and *B. ronchus* from april to july.

Bibliografía

Castro-A. J. L., 1978. Catálogo Sistemático de los peces marinos que penetran a las aguas continentales de México con aspectos zoogeográficos y ecológicos. Dirección General del Instituto Nacional de Pesca, *Serie científica* No. 19, Depto. de Pesca, México. 1-298.

Gabe, M., 1968. *Techniques Histologiques.* Masson et Cie. France. 1113 p.

Lahaye, J., 1960. Croissance et maturation des ovocytes chez la forme totalment adaptée aux eaux douces de L'alose marocaine *(Alosa alosa,* Linné). *Trav. Inst. Péches Marits.* **24** (4): 499-511.

Lozano, C. F., 1978. *Oceanografía, Biología Marina y Pesca.* Tomo I. 3a. ed. Paraninfo. España. 445 p.

Nelsen, O. E., 1953. *Comparative Embriology of the Vertebrates.* Mc-Graw-Hill Book Company. U.S.A. 982 p.

Nikolsky, G. V., 1976. *The Ecology of Fishes.* A. C. Press. England. 352 p.

Páez, B. F., 1976. Desarrollo gonadal, madurez, desove y fecundidad de sardina crinuda *Opisthonema libertate* (Günther) de la zona de Mazatlán, basados en el análisis histológico de la gónada. Mem. Simp. sobre recursos masivos de México, Ensenada, Baja California. 207-253.

El presente artículo fue recibido para su publicación en mayo de 1984.

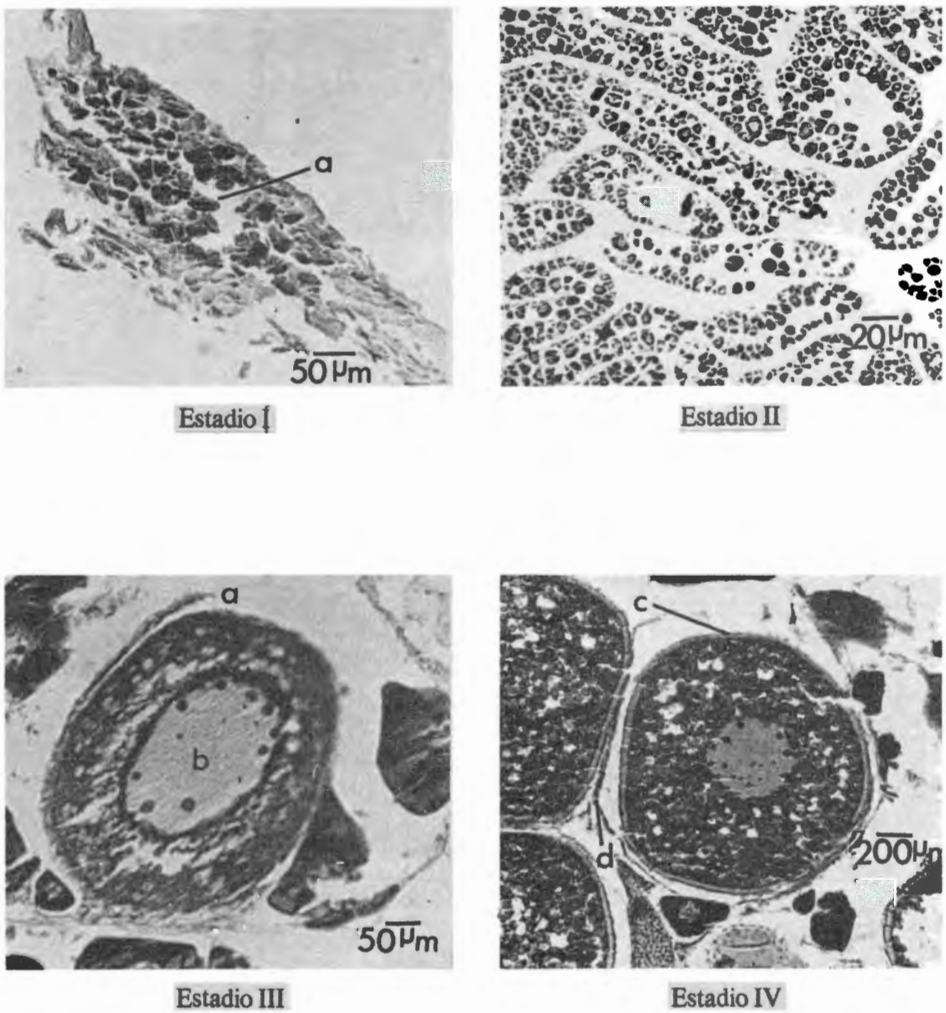
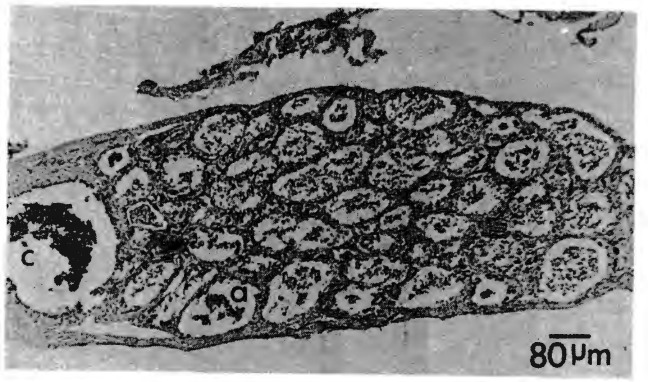
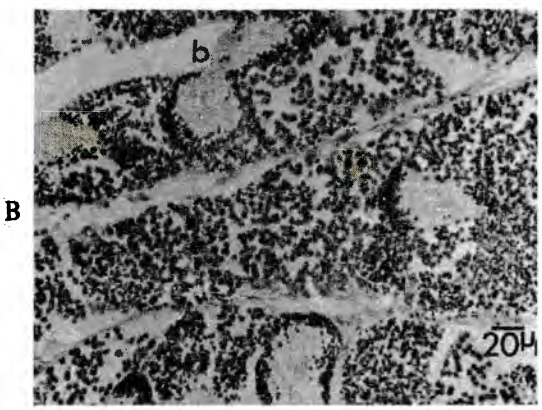


FIG. 1. Microfotografías de los ovocitos de *B. ronchus* en los estadios I al IV. *a*) ovocitos, *b*) núcleo y nucleolos, *c*) corion, *d*) células foliculares.





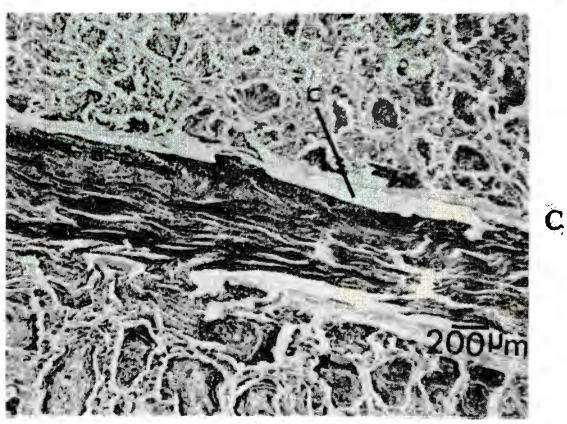


FIG. 2. Microfotografías del testículo de A) *A. melanopus* en espermatogénesis, B) *B. ronchus* en espermiogénesis temprana, C) *B. ronchus* en espermiogénesis tardía. *a*) Cistos de espermatocitos, *b*) cistos de espermátidas, *c*) canal deferente con espermatozoides.

ESTADIO	COLORACION	LONGITUD (cm)	PESO (gr)	ASPECTO MORFOLOGICO	HISTOLOGIA
I ♀♂	Blanca	2.0	0.25	Sin diferencia.	Sin diferencia, estadío I
II ♀	Rosada Translúcida.	3.0	0.3	Ovocitos observables a simple vista.	Ovocitos en estadío I y II
♂	Blanca	3.0	0.06	No son transparentes.	Inmaduro, estadío II
III ♀	Rosada	4.0	0.78	Ovocitos de mayor tamaño.	Ovocitos en estadío II y III
♂	Blanca	3.5	0.4	Secretan semen.	Espermatogénesis.
IV ♀	Rosada con aspecto granulado.	5.0	1.5	Aplicando presión los ovocitos no son expulsados.	Ovocitos en estadío III y IV.
♂	Blanca y sin brillo.	4.5	0.8	Aplicando presión el semen no es expulsado.	Espermiogénesis temprana, estadío IV.
V ♀	Rosada	5.5	21.8	Aplicando presión los ovocitos son expulsados.	Ovocitos en estadío III, IV y V.
♂	Blanca	.50	1.0	Aplicando presión el semen es expulsado.	Espermiogénesis tardía, estadío V.
VI ♀	Parda	5.0	0.5	Aspecto flácido.	Ovocitos residuales y en reabsorción, estadío VI
♂	Parda	5.0	0.5	Aspecto flácido.	Cistos vacíos, - estadío VI
VII ♀♂	Parda	4.0		Nueva producción de gametos	Nueva producción de gametos, estadío VII

FIG. 3. Cuadro sinóptico de los estadios de madurez gonádica en *A. melanopus*. Los estadios de madurez de los ovocitos corresponden a la clave de Páez (1976).

ESTADIO	COLORACION	LONGITUD (cm)	PESO (gr)	ASPECTO MORFOLOGICO.	HISTOLOGIA
I ♀♂	Blanca.	2.0	0.5	Sin diferencia	Sin diferencia - estadío I
II ♀	Rosada	2.5	0.25	Aspecto granuloso con ovocitos no observables a simple vista.	Ovocitos en estadío I y II.
♂	Blanca	2.5	0.15	Aspecto sin brillo.	Inmaduro, estadío II.
III ♀	Rosada	3.0	0.35	Ovocitos distinguibles a simple vista.	Ovocitos en estadío II y III
♂	Blanca	3.0	0.5	Secretan semen.	Espermatogénesis, estadío III.
IV ♀	Rosada	4.0	1.8	Al aplicar presión los ovocitos no son expulsados.	Ovocitos en estadío III y IV.
♂	Blanca	3.5	1.0	Al aplicar presión el semen no es expulsado	Espermiogénesis estadío IV.
V. ♀	Rosada	5.6	6.5	Al aplicar presión los ovocitos son expulsados.	Ovocitos en estadío IV.
♂	Blanca	5.0	2.0	Al aplicar presión el semen es expulsado.	Espermiogénesis tardía, estadío V.
VI. ♀	Parda	5.0	2.0	Aspecto flácido	Ovocitos residuales, estadío VI.
♂	Parda	4.5	1.0	Aspecto flácido	Cistos vacíos, estadío VI.
VII. ♀♂	Parda	-	-	Nueva producción de gametos.	Nueva producción de gametos, estadío VII.

FIG. 4. Cuadro sinóptico de los estadios de madurez gonádica en *B. ronchus*. Los estadios de madurez de los ovocitos corresponden a la clave de Páez (1976).

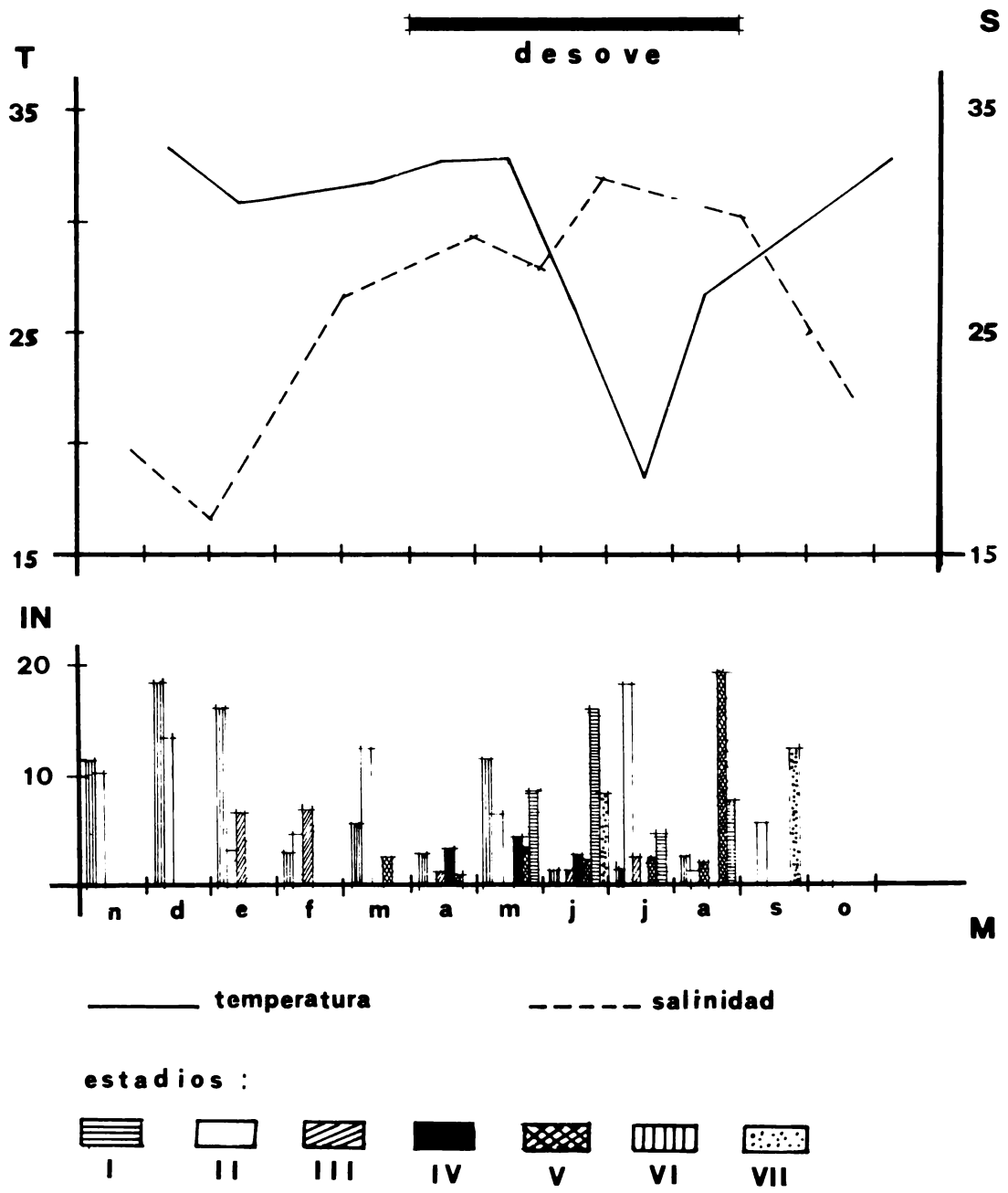


FIG. 5. Relaciones entre la temperatura en °C (T), la salinidad del agua de fondo en ppm (S) y los estadios gonádicos encontrados durante un ciclo anual de *Arius melanopus*. Se indica el numero de individuos (IN), los meses del año (M) y la época de desove.

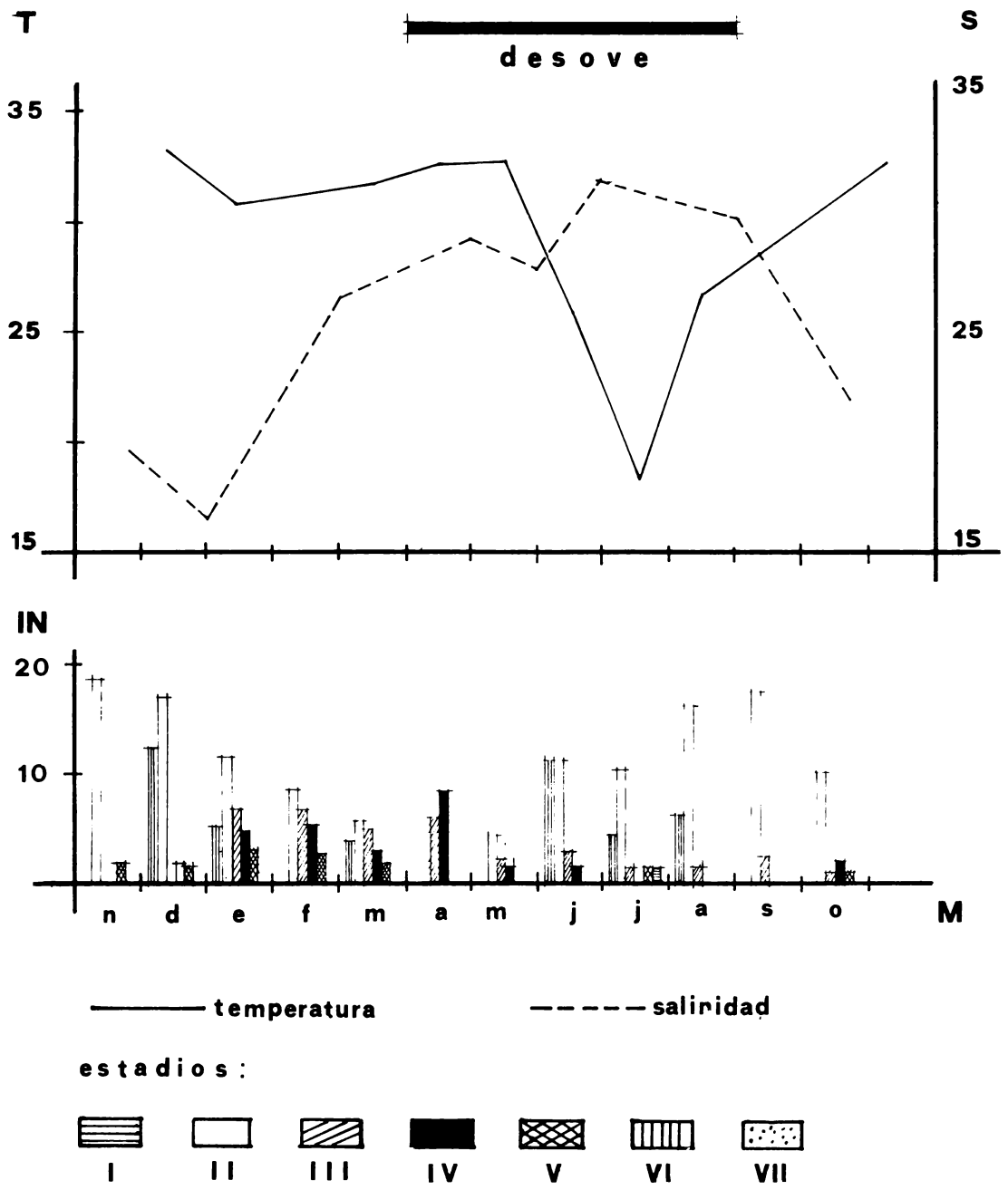


FIG. 6. Relaciones entre la temperatura en °C (T), la salinidad del agua de fondo en ppm (S) y los estadios gonádicos encontrados durante un ciclo anual en *Bairdiella ronchus*. Se indica el número de individuos (IN), los meses del año (M) y la época del desove.

ESTADIO	O V A R I O S	
	ASPECTO ANATOMICO EXTERNO	ASPECTO HISTOLOGICO
I Inmaduro	Sólo se observan como delgados y pequeños tubos.	Sólo se observa tejido conjuntivo.
II Previtelogénesis.	Comienzan a tomar un color rosado y aspecto granuloso. Su tamaño alcanza un poco menos de la longitud total de la cavidad visceral.	Ovocitos con núcleo central; algunos presentan nucleolos situados en la periferia del núcleo, su citoplasma es basófilo, no hay plaquetas.
III Vitelogénesis. temprana	Contienen ovocitos observables a simple vista y su tamaño aumenta hasta casi la mitad de la cavidad.	Ovocitos que inician la vitelogénesis; aparecen plaquetas de vitelo, el citoplasma comienza a ser acidófilo, se reconoce la capa de células foliculares y el corion.
IV Vitelogénesis tardía.	Aumentan su tamaño pero los ovocitos no se expulsan al aplicar presión en el vientre.	Los ovocitos aumentan de tamaño por el depósito de vitelo; el núcleo sigue siendo central.
V Desove	Ocupan casi toda la longitud de la cavidad visceral; al aplicar presión en el vientre los ovocitos son expulsados.	El tamaño de los ovocitos aumenta considerablemente, por la cantidad de vitelo.
VI Postreproductor o de reposo.	Aspecto flácido y con color pardo.	Pueden observarse ovocitos en los cuales el vitelo comienza a reabsorberse; también se observan ovocitos residuales.
VII Inicio de nuevo ciclo reproductor	El tamaño comienza a decrecer, su aspecto sigue siendo flácido.	Semejante al estadío II.

FIG. 7. Cuadro sinóptico representando los estadios de madurez ovárica para peces. con las caracteristicas de cada uno de ellos.

ESTADIO	T E S T I C U L O S	
	ASPECTO ANATOMICO EXTERNO	ASPECTO HISTOLOGICO
I Inmaduro	Sólo se observan como delgados y pequeños tubos.	Sólo se observa tejido conjuntivo.
II Espermatogénesis	Color blanco y sin brillo; su tamaño es menor que la mitad de la longitud de la cavidad visceral.	Se observan cistos de espermatogonias y de espermatocitos primarios y secundarios; en menor número aparecen cistos de espermátidas; se observa el canal deferente dentro del testículo.
III Espermiogénesis temprana.	Existe un aumento de tamaño hasta casi la mitad de la cavidad visceral; el semen no es expulsado al aplicar presión en el vientre.	La cantidad de cistos de espermátidas aumenta, y disminuyen los cistos de espermatogonias y espermatocitos. El diámetro del canal deferente aumenta y se observa una migración de cistos maduros hacia él.
IV Espermiogénesis tardía.	Su consistencia es dura y firme; su tamaño es mayor que las 2 terceras partes de la cavidad visceral; al aplicar presión en el vientre el semen es expulsado.	Los cistos de espermátidas disminuyen y se observan cistos de espermatozoides flagelados que son descargados en el canal deferente que se encuentra lleno de ellos.
V Postreproductor.	Aspecto flácido y con color pardo; su tamaño disminuye y pueden presentar algo de semen residual.	Se observan cistos vacíos y espacios vacíos dejados por los citos.
VI Inicio de un nuevo ciclo reproductor.	El tamaño comienza a decrecer, su aspecto sigue siendo flácido.	Se observan citos de espermatogonias y espermatocitos.

FIG. 8. Cuadro sinóptico representando los estadios de madurez testicular para peces, con las características en cada uno de ellos.