

Patrones en la biología poblacional de moluscos de importancia comercial en México

Erick Baqueiro Cárdenas¹ y Dalila Aldana Aranda²

¹ SEMARNAT, Campeche.

² Laboratorio de Biología Marina CINVESTAV-IPN Unidad Mérida. Antigua Carretera a Progreso Km 6. C.P. 97310 Mérida, Yucatán, México; Fax. (99) 81 23 34. Correo Electrónico: daldana@mda.cinvestav.mx

(Recibido 31-VIII-2001. Corregido 12-IV-2002. Aceptado 10-I-2003)

Abstract: The need to propose recommendations for the management of over 80 species of bivalves and gastropod mollusks exploited commercially in Mexico, led to look for trends on the population and reproductive biology in relation to prevailing environmental conditions of the habitats where they are exploited. The reproductive cycle, growth parameters for the von Bertalanffy equation, mortality and recruitment of 18 populations of 14 species from 13 localities are compared and related to ambient temperature, precipitation, evaporation, geomorphology, tides, and water salinity and temperature. Localities were classified as influenced by landmasses or with marine influence, with a desert or tropical humid climate. With restricted or continuous communication to oceanic waters and with or without freshwater runoff. The reproductive cycles were classified in four groups in relation to intensity and duration of the spawning season: 1) limited to one annual spawning, 2) two or more defined spawning periods, 3) two or more extended spawning periods, and 4) continuous low intensity spawning. And three groups in relation to gonad recovery, and duration and intensity of gametogenesis: 1) post spawn and rest stages absent or restricted, 2) fast gametogenesis and a clear mature stage, and 3) extended gametogenesis and limited maturity stages. The population parameters were classified in relation to age structure and number of cohorts, intensity and duration of recruitment, and growth rates as expressed by L_{∞} and K . In relation to their life cycle four types were found: 1) population represented by only one cohort, at least during part of the year, 2) with two or more cohorts at any time, 3) longevity under five years, and 4) longevity over five years. In relation to recruitment: 1) one recruitment period restricted to a short season, 2) two or more recruitment periods, 3) constant recruitment with one or more peaks, and 4) constant recruitment without periods of dominance.

Key Words: Population biology, gametogenesis, reproductive biology, mollusks, Mexico.

La producción de moluscos en México para 1995 fue de 98 770 toneladas métricas, con valor total de 135 millones de pesos (22.5 millones de dólares), correspondiente al 6.76% del volumen y 4.32% del valor de la producción pesquera nacional. Estos recursos son de importancia para los pescadores artesanales, como su ingreso principal o ingreso complementario.

A lo largo del litoral mexicano se explotan más de 80 especies de bivalvos y gasterópodos, producto de la situación geográfica que determina una gran diversidad climática y am-

biental. Aunado a esto, existe gran variedad de hábitats, dado por la heterogeneidad de tipos de costa, diferentes características climáticas y regímenes hidrológicos, lo que ha permitido que las diversas especies manifiesten al máximo su potencial adaptativo bajo condiciones muy variadas.

Los factores que determinan el comportamiento poblacional y reproductivo para especies de moluscos de zonas frías y templadas son de variada naturaleza. Lucas (1965) define que el potencial reproductivo de moluscos bivalvos en lo que a la sexualidad y presencia de

hermafroditismo se refiere, es fijado genéticamente con fuerte influencia del medio a través de la temperatura, intensidad y duración de la luz; determinando la intensidad y la época de reproducción. El efecto del ambiente sobre la reproducción ha sido identificado por Loosanoff (1942), Kennedy y Batte (1964), Durban (1960), Ropes (1965), Bricelj y Malouf (1980), Perdue *et al.* (1981), Langton (1987), Walker y Heffernam (1994).

El comportamiento de las poblaciones se ha explicado desde diversos puntos de vista, generando diversas teorías (Dempster 1975). Los atributos poblacionales están definidos genéticamente, tal como lo demuestran los trabajos de Freeman y Dickie (1979), Walker y Humprey (1984), Jarayabhand y Newkirk (1989), Wolf y Garrido (1991) y Le Clair y Pheps (1994). Entre los trabajos que relacionan las condiciones ambientales con su efecto y regulación sobre los patrones poblacionales destacan los de Sunderlin *et al.* (1975), Horne y McIntosh (1979), Breed-Willeke y Hancock (1980), Bourne (1982), Kendall *et al.* (1987), Reish (1987), Schurink y Griffiths (1990), Ciocco (1992) y Rice y Peckerik (1992).

Para la administración pesquera de moluscos en México se requiere de la evaluación de especies por localidad, con conocimiento de la dinámica de sus poblaciones y ciclos reproductivos, que permitan determinar volúmenes de captura, tallas mínimas y períodos de explotación. Esto se hace prácticamente imposible dada la gran diversidad de especies y hábitats.

MATERIALES Y MÉTODOS

En el Cuadro 1 se presentan las diferentes especies estudiadas, su localidad, hábitat y referencia. Las poblaciones estudiadas en este análisis corresponden a la recopilación de 20 años de trabajos de campo y laboratorio de los autores. Dada la disponibilidad de espacio, se refiere al lector a las citas originales para el análisis de metodología y descripción detallada de las localidades.

Características de las zonas de estudio:
Las especies analizadas provienen de once

localidades de la República mexicana: cuatro localidades de la costa este de Baja California Sur, dos localidades de la costa oeste, dos localidades de la costa de Guerrero, una localidad de Michoacán, y dos localidades de la costa del Golfo de México, en Campeche.

La costa oeste de la península de Baja California presenta clima seco, muy árido, semi-cálido, con lluvias en invierno inferiores a los 70 mm anuales, temperatura media anual de 20.7°C, máxima mensual media de 27.1°C en septiembre y mínima mensual media de 15.3°C en febrero. El clima de la costa este es seco, árido, cálido, lluvias en verano e invierno con promedio de 200 mm anuales, temperatura media anual de 24°C, máxima mensual media de 29.6°C en agosto y mínima mensual media de 18°C (García 1981). Las costas de Baja California son de tipo emergente, con afloramientos volcánicos y rocas de estratos de areniscas. La plataforma continental es estrecha, con playas rocosas y arenosas de bolsillo (Lankford 1974).

El clima en la costa norte de Guerrero y sur de Michoacán es cálido subhúmedo con lluvias en verano, con precipitación promedio anual de 1 102 mm. El mes más lluvioso es septiembre, y marzo y abril son los más secos. La temperatura media anual es de 26.3°C, los meses más calurosos son de junio a septiembre con media de 27.7°C y el más frío es febrero con media de 23.9°C (García 1981). Esta costa presenta gran actividad tectónica, caracterizada por presentar una plataforma continental estrecha, costas rocosas con pequeñas bahías y playas de bolsillo, producto del choque de las placas de Cocos y Norte América. Los sedimentos dominantes son de origen terrígeno producto de la erosión de la roca volcánica que conforma la costa. La porción norte de Guerrero y sur de Michoacán esta constituida por sedimentos terrígenos producto del arrastre del río Balsas (Lankford 1974).

El clima de Campeche es cálido, húmedo, de lluvias en verano con 5.8% de lluvias invernales, temperatura media anual superior a 23°C y precipitación media anual de 1 132 mm. La costa de Campeche se encuentra formada por dos provincias geológicas, al sur limitada por el río Champotón, la costa está formada por llanuras de aluvión con amplias playas de are-

CUADRO 1

Especies estudiadas, localidad y hábitat donde fueron colectadas

Especie	Localidad	Hábitat	Tipo de fondo	Referencia
<i>Mytella strigata</i>	Chautengo, Guerrero	Litoral protegido	Manglar, limo	Baqueiro 1998
<i>M. strigata</i>	Nuxco, Guerrero	Litoral protegido	Manglar, limo	Baqueiro 1998
<i>Geukensia demissa</i>	Isla Arenas, Campeche	Manglar litoral	Limo	Baqueiro <i>et al.</i> 1993
<i>Anadara tuberculosa</i>	Bahía de La Paz, B.C.S.	Litoral protegido	Manglar Limo	Baqueiro <i>et al.</i> 1983
<i>Argopecten circularis</i>	Bahía de La Paz, B.C.S.	Litoral protegido	<i>Thalassia</i> , arena-limo	Baqueiro <i>et al.</i> 1981
<i>A. circularis</i>	Bahía Concepción, B.C.S.	Sublitoral protegido	<i>Thalassia</i> , arena-limo	Villalejo 1992
<i>A. circularis</i>	Ojo de Liebre, B.C.S.	Sublitoral protegido	<i>Thalassia</i> , arena-limo	Masso 1990
<i>Chione undatella</i>	Bahía de La Paz, B.C.S.	Litoral protegido	Arena gruesa	Baqueiro y Masso 1988
<i>C. undatella</i>	Isla Cerralvo, B.C.S.	Litoral protegido	Arena gruesa	Baqueiro y Masso 1988
<i>C. cancellata</i>	Isla Arenas, Campeche	Litoral expuesto	<i>Thalassia</i> , arena media	Baqueiro y Castillo 1987
<i>Mercenaria campechiensis</i>	Isla Arenas, Campeche	Litoral expuesto	<i>Thalassia</i> , arena-limo	Baqueiro y Castillo 1987
<i>Atrina maura</i>	Lázaro Cárdenas, Michoacán	Sublitoral protegido	Arena fina - limo	Aguilar 1964
<i>A. rigida</i>	Bahía de Campeche	Sublitoral expuesto	Arena fina - limo	Baqueiro 1990
<i>Dosinia ponderosa</i>	Zihuatanejo, Guerrero	Sublitoral protegido	Arena fina	Baqueiro y Stuardo 1977
<i>Megapitaria squalida</i>	Zihuatanejo, Guerrero	Sublitoral protegido	Arena media	Baqueiro y Stuardo 1977
<i>M. squalida</i>	Punta Coyote, B.C.S.	Sublitoral expuesto	Arena media	Singh <i>et al.</i> 1991
<i>M. aurantiaca</i>	Zihuatanejo, Guerrero	Sublitoral expuesto	Arena gruesa	Baqueiro y Stuardo 1977
<i>Strombus gracilior</i>	Bahía Concepción, B.C.S.	Sublitoral expuesto	Arena fina	Baqueiro <i>et al.</i> 1991
<i>Hexaplex erythrostomus</i>	Bahía Concepción, B.C.S.	Sublitoral expuesto	Arena fina a gruesa	Baqueiro <i>et al.</i> 1983
<i>S. gracilior</i>	Bahía Concepción, B.C.S.	Sublitoral expuesto	Arena fina	Baqueiro <i>et al.</i> 1991
<i>H. erythrostomus</i>	Bahía Concepción, B.C.S.	Sublitoral expuesto	Arena fina a gruesa	Baqueiro <i>et al.</i> 1983

na y limo, ricas en materia orgánica, producto del arrastre de los ríos Champotón, Palizada, Mamantel, Candelaria y San Pedro, formando los cuatro últimos el sistema fluvio-lagunar de Términos. La porción norte de la costa forma parte de la península de Yucatán, de origen

kárstico con costas rocosas calcáreas y algunas playas de bolsillo, con sedimentos finos de origen terrígeno de carbonatos y materia orgánica producto del arrastre desde pequeños manglares costeros. A partir de la ciudad de Campeche hacia el norte, se inicia una porción de

CUADRO 2

Agrupamiento de las localidades de muestreo de acuerdo al grado de influencia continental, marina, clima, exposición y aportes fluviales

Categoría	Tipo	Localidad
Influencia mediterránea		
Clima desértico		
I	Comunicación restringida	Ojo de Liebre, Baja California Sur
II	Comunicación continua	Ensenada de La Paz, Baja California Sur Bahía Falsa, Baja California Sur El Cardonal, Baja California Sur
Clima tropical húmedo		
III	Comunicación restringida	Laguna de Chautengo, Guerrero Laguna de Nuxco, Guerrero
IV	Comunicación continua	Isla Arenas, Campeche
Influencia marina		
V	Protegida sin descargas	Bahía Concepción, Baja California Sur Bahía de La Paz, Baja California Sur
VI	Protegida con descargas	Bahía de Zihuatanejo, Guerrero
VII	Expuesta con descargas	Lázaro Cárdenas, Michoacán
VIII	Expuesta sin descargas	Canal de Ixtapa, Guerrero Campeche, Campeche

costa de inundación de manglares con abundantes sedimentos finos (Lankford 1974).

Caracterización ambiental: Con base en las características geomorfológicas, climáticas e hidrológicas se clasifican los diferentes ambientes: 1) localidades con influencia mediterránea y 2) localidades con influencia marina. Las primeras se caracterizan por variaciones diarias y estacionales de temperatura y salinidad, determinadas por las condiciones climáticas prevalecientes y arrastre fluvial. Las segundas, se definen por su dependencia en la dinámica de las masas de agua. El cuadro 2 presenta la clasificación para las diferentes localidades. Las localidades con influencia mediterránea se pueden separar en categorías dado el clima dominante, el grado de aislamiento de las masas de agua marina y los arrastres de agua dulce. Para las localidades predominantemente marinas, se separan por el grado de influencia de descargas fluviales litorales y por los niveles de energía, determinados por corrientes y oleaje.

RESULTADOS

Reproducción: Las localidades estudiadas son representativas de algunas de las condiciones ambientales en las cuales se encuentran poblaciones de moluscos comerciales de México. La clasificación determinada para las localidades por su clima e hidrología permite asociar características ambientales al comportamiento de los patrones reproductivos de las diferentes poblaciones de moluscos:

I. En localidades con influencia mediterránea, comunicación restringida con los cuerpos de agua marina y bajo condiciones climáticas desérticas, se presentaron dos períodos reproductivos cortos bien diferenciados, con gametogénesis rápida, madurez bien definida y estadios post-desove de identificación limitada o indiferenciados.

II. En localidades con influencia mediterránea, comunicación continua con los cuerpos de agua marina y bajo condiciones climáticas desérticas, se presentaron dos o más períodos reproductivos cortos bien diferenciados hasta re-

CUADRO 3

Parámetros de crecimiento de las poblaciones estudiadas. L_{∞} , K , \emptyset' , t_0 , parámetros de la ECBV estacionalizada, C y WP y edad media en años de la población, Em

Especie	Localidad	L_{∞} (mm)	K (1/año)	\emptyset'	t_0 (años)	C	WP	Em (años)
<i>Mytella strigata</i>	Chautengo	93	1.08	3.97	0.55	0.7	0.0	1.28
<i>M. strigata</i>	Nuxco	102	0.17	3.85	0.81	1.0	0.5	5.23
<i>Geukensia demissa</i>	Isla Arenas	88	1.25	3.98	0.14	0.5	0.2	0.74
<i>Anadara tuberculosa</i>	La Paz	204	0.24	4.39	0.93	0.6	0.0	4.02
<i>Argopecten circularis</i>	La Paz	100	0.76	3.88	0.6	1.0	0.3	1.60
<i>A. circularis</i>	Ojo de Liebre	87	1.10	3.92	0.16	0.0	0.0	0.80
<i>Chione undatella</i>	Bahía Falsa	78	0.78	3.67	0.19	0.9	0.5	1.21
<i>C. undatella</i>	El Cardonal	84	1.40	3.99	0.20	0.3	0.3	0.75
<i>C. Cancellata</i>	Isla Arenas	37	1.10	3.17	0.75	0.2	0.1	1.53
<i>Mercenaria campechiensis</i>	Isla Arenas	109	0.59	3.84	0.02	0.8	0.9	1.51
<i>Atrina maura</i>	Lázaro Cárdenas	322	0.39	3.60	0.87	0.0	0.0	2.05
<i>A. rigida</i>	Campeche	237	1.50	4.92	0.83	0.4	0.6	1.45
<i>Dosinia ponderosa</i>	Isla Ixtapa	106	0.75	3.92	0.92	1.0	0.9	2.03
<i>Megapitaria squalida</i>	Zihuatanejo	80	1.10	3.85	0.06	0.3	0.6	0.81
<i>M. squalida</i>	El Coyote	104	0.64	3.84	0.79	0.7	0.7	2.07
<i>M. aurantiaca</i>	Zihuatanejo	107	0.54	3.79	0.78	0.2	0.6	2.28
<i>Strombus gracilior</i>	Bahía Concepción	114	0.61	4.89	0.23	0.5	0.5	1.60
<i>Hexaplex erythrostomus</i>	Bahía Concepción	154	0.65	4.19	0.02	0.2	0.9	1.60

producción continua con gametogénesis rápida, madurez bien definida y estadios post-desove de identificación limitada o indiferenciados.

III. En localidades con influencia mediterránea, con clima tropical húmedo, comunicación limitada a los cuerpos de agua marina y aportes de agua dulce que modifican estacionalmente la salinidad y turbidez, se presentó un período reproductivo limitado a una época al año con gametogénesis prolongada y acumulación de gametos maduros, fase que puede estar ausente o limitada.

IV. En las localidades con influencia mediterránea de clima tropical húmedo y buena comunicación con los cuerpos de agua marinos, se presentaron dos o más períodos reproductivos prolongados, caracterizados por gametogénesis continua y madurez limitada.

V. En los cuerpos con influencia marina, protegidos, sin descargas fluviales significativas que modifiquen el régimen de salinidad, se registraron dos o más períodos reproductivos cortos o prolongados, con gametogénesis continua y madurez limitada.

VI. Las localidades con influencia marina, protegida, con descargas fluviales presentaron

reproducción continua, gametogénesis prolongada y madurez limitada.

VII. En localidades de influencia marina, expuestas, con descargas que modifican el régimen de salinidad y turbidez, se presentaron dos o más períodos de reproducción cortos, gametogénesis rápida y madurez bien definida.

VIII. En las localidades de influencia marina, expuestas sin descargas fluviales, se registraron tanto períodos de reproducción cortos como reproducción continua, sin período de indiferenciación, gametogénesis rápida y madurez bien definida.

Dinámica poblacional: En el Cuadro 3 se presentan los valores de largo asintótico L_{∞} , constante de curvatura K , parámetro teórico de ajuste para la ECBV t_0 , parámetros C y WP , que muestran estacionalidad en el crecimiento, índice estándar de crecimiento \emptyset' y edad media de la población Em . En el Cuadro 4 se presentan los valores de mortalidad total Z , mortalidad natural M , mortalidad por pesca F y tasa de explotación E , así como el intervalo de confianza IC al 95% y coeficiente de correlación r . Las especies fueron agrupadas de acuerdo al

CUADRO 4

Tasa instantánea de mortalidad total, Z e intervalo de confianza, IC al 95%; coeficiente de correlación de la curva de captura longitud-convertida; tasas instantáneas de mortalidad natural, M y por pesca, F y tasa de explotación, E para las poblaciones estudiadas; desviación estándar, DS ; desviación del valor estimado con respecto al valor medio de M , V

Especie	Localidad	Z (1/año)	IC	r ($p < 0.05$)	M (1/año)	V	V/DS		F (1/año)	E
<i>Mytella strigata</i>	Chautengo	2.96	3.68 - 2.65	-.978	1.12	0.0983	007	M	1.84	0.62
<i>M. strigata</i>	Nuxco	1.32	1.68 - 0.96	-.989	0.31	-0.7116	001	B	1.01	0.77
<i>Geukensia demissa</i>	Isla Arenas	8.26	13.61 - 5.32	-.894	1.73	0.7083	004	A	6.53	0.79
<i>Anadara tuberculosa</i>	La Paz	4.46	5.79 - 2.26	-.849	0.40	-0.6216	001	B	4.06	0.91
<i>Argopecten circularis</i>	La Paz	9.64	18.24 - 8.08	-.963	0.93	-0.0916	002	M	8.71	0.90
<i>A. circularis</i>	Ojo de Liebre	3.94	4.42 - 2.76	-.939	1.63	0.6083	004	A	2.31	0.59
<i>Chione undatella</i>	Bahía Falsa	4.63	7.17 - 3.77	-.945	1.17	0.1483	003	M	3.46	0.75
<i>C. undatella</i>	El Cardonal	6.38	8.06 - 4.71	-.958	1.72	0.6983	004	A	4.66	0.73
<i>C. cancellata</i>	Isla Arenas	5.85	7.14 - 4.55	-.980	0.96	-0.0616	002	M	4.89	0.84
<i>Mercenaria campechiensis</i>	Isla Arenas	2.31	2.29 - 1.98	-.982	0.98	-0.0416	002	M	1.33	0.58
<i>Atrina maura</i>	Lázaro Cárdenas	2.87	3.15 - 1.85	-.979	0.75	-0.2716	002	M	2.12	0.74
<i>A. rigida</i>	Campeche	7.64	9.52 - 3.97	-.801	1.01	-0.0116	002	M	6.63	0.87
<i>Dosinia ponderosa</i>	Isla Ixtapa	1.92	3.15 - 1.20	-.890	0.76	-0.2616	002	M	1.16	0.60
<i>Megapitaria squalida</i>	Zihuatanejo	3.02	3.89 - 2.15	-.952	1.62	0.5983	004	A	1.40	0.46
<i>M. squalida</i>	El Coyote	3.29	4.20 - 2.39	-.932	0.75	-0.2716	002	M	2.54	0.77
<i>M. aurantiaca</i>	Zihuatanejo	2.23	3.06 - 2.03	-.961	0.69	-0.3316	002	M	1.54	0.69
<i>Strombus gracilior</i>	Bahía Concepción	6.08	7.39 - 6.06	-.988	0.93	-0.0916	002	M	5.15	0.85
<i>Hexaplex erythrostomus</i>	Bahía Concepción	4.96	5.98 - 3.94	-.910	0.93	-0.0916	002	M	4.03	0.81

tipo de hábitat: Zona litoral de fondos blandos, asociadas a manglar, playas protegidas y asociadas a pastos marinos y zona sublitoral de fondos blandos.

Patrones en la dinámica poblacional: Con el propósito de poder comparar diferentes valores de \emptyset' para poblaciones de una misma especie o poblaciones de especies diferentes pero con tallas y ciclos de vida similares, se propone un índice de "Eficiencia de crecimiento Ef' ", el cual oscila entre 0 y 1. El valor de uno corresponde cuando la población pre-

senta la mayor talla asintótica y la más alta tasa de crecimiento.

$$Ef'_i = \emptyset'_i / \emptyset'_{max}$$

en la que,

$$\emptyset'_{max} = 2 \log L_{\infty max} + \log K_{max}$$

Donde \emptyset'_{max} , $L_{\infty max}$ y K_{max} son respectivamente el índice estándar de crecimiento, largo asintótico y parámetro de curvatura máxi-

mos estimados en este trabajo para especies o poblaciones con una talla asintótica similar, y σ_i el índice estándar de crecimiento de la especie y estimado en este trabajo. De acuerdo a los resultados, las poblaciones analizadas pueden ser agrupadas en cinco categorías: 1. según su ciclo de vida y número de cohortes en la población, 2. según la duración e intensidad del reclutamiento, 3. de acuerdo a la relación que existe entre el ciclo reproductivo y el patrón de reclutamiento, 4. de acuerdo a la eficiencia del crecimiento y 5. según sus tasas de mortalidad.

1. Según su ciclo de vida y número de cohortes en la población: En esta categoría se proponen tres grupos: Semélparas, poblaciones representadas por una sola generación. En este grupo se encuentra *Argopecten circularis*.

Poblaciones iteróparas, que en cualquier época del año se pueden identificar dos o más generaciones. Dentro de este segundo grupo se identifican dos sub-grupos: Con ciclos de vida corto cuya edad media de la población no rebasa dos años de edad, entre ellas están *Mytella strigata* de Chautengo, *Geukensia demissa* de Isla Arenas, *Chione undatella* en ambas localidades, *Mercenaria campechiensis* en Isla Arenas, *Atrina rigida* de Campeche, *Megapitaria squalida* de Zihuatanejo, *Strombus gracilior* y *Hexaplex erythrostomus* de Bahía Concepción. En el segundo sub-grupo, con ciclo de vida largo o con edad media de más de dos años, como las poblaciones de *M. strigata* de Nuxco, *Anadara tuberculosa* de Bahía de La Paz, *Atrina maura* de Lázaro Cárdenas, *Megapitaria squalida* del Coyote, *Megapitaria aurantiaca* y *Dosinia ponderosa* de Zihuatanejo.

2. Según la duración e intensidad del reclutamiento: Se encuentran cuatro grupos, el primero con un solo período de reclutamiento limitado a una época del año: *A. circularis* de La Paz y de Ojo de Liebre y *S. gracilior* de bahía Concepción.

El segundo, con dos o más períodos de reclutamiento bien diferenciados: *G. demissa* y *C. cancellata* de Isla Arenas y *A. tuberculosa* de La Paz.

El tercero, con reclutamiento constante, con uno a más picos bien definidos: *M. campechiensis*

de Isla Arenas, *M. strigata* de Chautengo, *C. undatella* de Bahía Falsa y el Cardonal, *Dosinia ponderosa* de Ixtapa, *Megapitaria squalida* de Zihuatanejo y Punta Coyote, *M. aurantiaca* de Zihuatanejo, *A. rigida* de Campeche.

El cuarto, con reclutamiento constante: *M. strigata* de Nuxco, *A. maura* de Lázaro Cárdenas y *H. erythrostomus* de Bahía Concepción.

3. De acuerdo a relación que existe entre el ciclo reproductivo y el patrón de reclutamiento: Se pueden definir tres grupos, el primero con reclutamiento directamente asociado al desove de la población: *C. undatella* de Bahía Falsa, *H. erythrostomus* de Bahía Concepción.

El segundo, con reclutamiento parcialmente asociado al desove de la población: *G. demissa* y *C. cancellata* de Isla Arenas, *A. tuberculosa* de La Paz, *A. rigida* de Campeche, *D. ponderosa* de Ixtapa, *M. squalida* y *M. aurantiaca* de Zihuatanejo.

El tercero, con reclutamiento independiente al desove de la población: *M. strigata* de Chautengo y Nuxco, *A. circularis* de La Paz y Ojo de Liebre, *C. undatella* del Cardonal, *M. campechiensis* de Isla Arenas, *A. maura* de Lázaro Cárdenas y *S. gracilior* de bahía Concepción.

4. De acuerdo a la eficiencia del crecimiento: Se identificaron tres grupos, el primero conformado por poblaciones con eficiencia de crecimiento inferior a la media: *C. cancellata* de Isla Arenas, *C. undatella* de Bahía Falsa, *M. strigata* de Nuxco, *M. aurantiaca* de Zihuatanejo y *D. ponderosa* de Ixtapa.

El segundo grupo, de poblaciones con eficiencia media de crecimiento: *M. squalida* de El Coyote (Bahía de La Paz) y *M. campechiensis* de Isla Arenas.

El tercero, agrupa poblaciones con eficiencia de crecimiento superior a la media: *M. squalida* de Zihuatanejo, *A. circularis* de La Paz y Ojo de liebre, *M. Strigata* de Chautengo, *A. tuberculosa* de La Paz, *C. undatella* de El Cardonal, *G. demissa* de Isla Arenas, *S. gracilior* y *H. erythrostomus* de Bahía Concepción, *A. maura* de Lázaro Cárdenas, *A. rigida* de Campeche.

5. Según sus tasas de mortalidad: Con el propósito de clasificar a las poblaciones por su

tasa de mortalidad, se ha estimado la desviación estándar con relación al valor medio global (todas las especies incluidas en la estimación) de mortalidad natural M , agrupándolas en tres categorías: 1. alta (D.S. > 1); 2. media (D.S. -0.9 a 0.9); y 3. baja (D.S. > -1) (Cuadro 4). Sobre esta base, se obtienen los siguientes grupos de poblaciones:

Poblaciones de mortalidad alta: *G. demissa* de Isla Arenas, *A. circularis* de Ojo de Liebre, *C. undatella* del Cardonal, *M. squalida* de Zihuatanejo.

Poblaciones de mortalidad media: *M. strigata* de Chautengo, *A. circularis* de La Paz, *C. undatella* de Bahía Falsa, *C. cancellata* de Isla Arenas, *M. campechiensis* de Isla Arenas, *A. maura* de Lázaro Cárdenas, *A. rigida* de Campeche, *D. ponderosa* de Ixtapa, *M. squalida* del Coyote, *M. aurantiaca* de Zihuatanejo, *S. gracilior* y *H. erythrostomus* de Bahía Concepción.

Poblaciones de mortalidad baja: *M. strigata* de Nuxco, *A. tuberculosa* de La Paz.

DISCUSIÓN

A escala monoespecífica, poblaciones de especies con amplia distribución a lo largo del litoral mexicano presentaron diferentes patrones de reclutamiento y dependencia de éste con el desove de la población. Reclutamiento y desove fuertemente asociados a las características climáticas de la localidad.

A nivel multiespecífico, bivalvos y gasterópodos que habitan en condiciones ambientales semejantes presentaron características similares en tasa de crecimiento K y longitud máxima L_{∞} expresados en términos de \emptyset' y Eficiencia Ef .

Los patrones de reclutamiento y su relación con el desove presentaron una cierta asociación con las características ambientales, teniendo mayor dependencia el reclutamiento con el desove, cuanto más aislada se encuentra la población y siendo menos continuo el reclutamiento, cuando fueron más marcadas las variaciones ambientales de temperatura y/o salinidad. Sin embargo son evidentes variaciones entre especies que coexisten en una misma localidad, aparentemente como factores de atenuación de competencia.

De la misma forma, la mortalidad natural fue mayor en poblaciones provenientes de localidades con mayores fluctuaciones de salinidad, temperatura y exposición de mareas. No obstante en una misma localidad se registró una amplia variación en las tasas de mortalidad, asociado probablemente a factores de competencia y predación.

A mayor variabilidad de salinidad, temperatura, mareas y exposición, menor fue el rango de respuesta de las poblaciones en sus diferentes atributos; tendiendo siempre a optimizar intensidad o amplitud de los períodos de reclutamiento y eficiencia del crecimiento, alcanzando tallas inferiores en menores tiempos o mayores tallas con tasas más bajas.

Los patrones reproductivos y patrones biológico-poblacionales fueron asociados a los ocho grupos ambientales:

I. En localidades con influencia mediterránea y comunicación restringida, las poblaciones presentaron reclutamiento limitado a un período bien definido y éste fue independiente del desove. La eficiencia de crecimiento de las poblaciones fue alta y con mortalidad natural alta.

II. En localidades con influencia mediterránea y comunicación continua, las poblaciones presentaron ciclos de vida semélparo e iteróparo de duración variable, reclutamiento en uno o más períodos bien limitados, asociado o independiente al desove, su eficiencia de crecimiento y mortalidad fueron variables.

III. En localidades con influencia mediterránea, con clima tropical húmedo y comunicación limitada con cuerpos de agua, sus poblaciones presentaron ciclos de vida iteróparos tanto cortos como largos, con reclutamiento constante, con uno o más períodos de máxima incidencia, independientes al desove. La eficiencia de crecimiento de estas poblaciones fue de baja a alta, con mortalidad natural media y baja.

IV. Las localidades con influencia mediterránea, de clima tropical húmedo y buena comunicación con los cuerpos de agua oceánicos, las poblaciones de moluscos tuvieron un ciclo de vida iteróparo corto, reclutamiento con uno o más períodos bien definidos y parcialmente dependientes o independientes del desove. La eficiencia de crecimiento fue baja a alta y con mortalidad de media a alta.

V. En los cuerpos de agua con influencia marina, protegidos, sin descargas fluviales, las poblaciones presentaron ciclos de vida iteróparo tanto corto como largo. El reclutamiento se presentó en un período limitado bien definido o en períodos continuos con picos de máxima incidencia, independientes del desove. La eficiencia de crecimiento fue de media a alta, con mortalidad natural media.

VI. En localidades con influencia marina, protegida y con descargas fluviales, las poblaciones presentaron ciclo de vida iteróparo corto y reclutamiento constante con períodos de máxima intensidad, dependiente del desove. La eficiencia de crecimiento fue variable, con mortalidad natural alta.

VII. En localidades de influencia marina, expuestas, con descargas fluviales, las poblaciones de moluscos tuvieron ciclo de vida iteróparo largo. El reclutamiento fue constante con períodos de máxima actividad, independiente del desove. La eficiencia de crecimiento fue alta y la mortalidad natural media.

VIII. En las localidades de influencia marina, expuestas sin descargas fluviales, las poblaciones registraron ciclos de vida iteróparos cortos o largos. El reclutamiento fue limitado a un período bien definido o constante con períodos de máxima intensidad, parcialmente dependientes del desove. La eficiencia de crecimiento fue de alta a baja, y la mortalidad natural media.

AGRADECIMIENTOS

Las investigaciones que permitieron la realización de este trabajo han sido realizadas dentro del programa Almeja-Caracol del Instituto Nacional de la Pesca, durante veinte años por un trabajo de equipo y gracias al apoyo invaluable de muchos compañeros. Los datos permitieron la realización de una tesis doctoral con el apoyo CONACYT 940100 y del Cyted II-7. Se agradece a Victoria Patiño Suárez, por su apoyo en la edición del manuscrito.

RESUMEN

La necesidad de proponer recomendaciones para el manejo de más de 80 especies de mo-

luscos bivalvos y gasterópodos comerciales de México, ha motivado la búsqueda de tendencias en el comportamiento de las poblaciones y su biología reproductiva, con relación a las características ambientales de los hábitats donde son explotadas. Se comparan los ciclos reproductivos y parámetros de crecimiento de la ecuación de von Bertalanffy, mortalidad y reclutamiento de 18 poblaciones de 14 especies en 13 localidades, y se relacionan con la temperatura ambiente, precipitación, evaporación, geomorfología, mareas, salinidad y temperatura del agua. Las localidades fueron clasificadas como de influencia continental o marina, con climas desérticos o húmedos, con comunicación restringida o continua a las masas de agua oceánicas o con influencia de arrastres fluviales. Los ciclos reproductivos fueron clasificados en cuatro grupos: 1) limitado a un desove anual, 2) dos o más períodos cortos de desove anual, 3) dos o más períodos de desove prolongados, y 4) desove continuo. Así como en tres grupos, según su capacidad de recuperación gonádica: 1) post-desove y reposo ausente o limitado, 2) gametogénesis rápida y fase de madurez bien definida, y 3) gametogénesis prolongada y madurez ausente. Los parámetros poblacionales se clasificaron en relación con la estructura por edades y número de cohortes, duración e intensidad del reclutamiento, tasas de crecimiento, expresadas L_{∞} y K . Con base a los ciclos de vida se identificaron cuatro grupos: 1) poblaciones representadas por una sola cohorte, por lo menos durante parte del año, 2) con dos o más cohortes durante todo el año, 3) con longevidad de menos de cinco años, y 4) con longevidad de más de cinco años. En relación con el reclutamiento, se clasificaron en: 1) un solo período de reclutamiento restringido a una estación corta, 2) dos o más períodos de reclutamiento, 3) reclutamiento constante con uno o más picos de intensidad máxima, y 4) reclutamiento constante sin períodos dominantes.

REFERENCIAS

- Aguilar, I.F. 1964. Contribución al estudio histológico de las gónadas de *Atrina maura* Sow., 1835. (Mollusca: Pinnidae). Tesis profesional, Esc. Nal. Cienc. Biol. Inst. Pol. Nal. Méx. 29 p.

- Baqueiro, E. 1990. Características poblacionales del Hacha "*Atrina rigida*" de las costas de Campeche, México, p. 76-90. *In* Mem. Cong. Nal. Zool., México, D.F.
- Baqueiro, E. 1998. Patrones en la dinámica poblacional y ciclo reproductor de moluscos bivalvos y gasterópodos de importancia comercial en México. Tesis doctoral, CINVESTAV-IPN, Mérida, México. 276 p.
- Baqueiro, E. & C. Castillo. 1987. Característica poblacionales de *Mercenaria campechensis* y *Chione cancellata*, recursos potenciales de las costas de Campeche-Yucatán (resumen). VII Congr. Nal. Oceanogr. Ensenada, B.C.
- Baqueiro, E., C. Castillo, C.M. Medina & M. Huchin. 1993. *Geukensia demissa* "mejillón amarillo" especie potencial de las costas del estado de Campeche. Ciencia pesquera. Inst. Nal. Pesca. Sria. Pesca, Méx. 9: 63-72.
- Baqueiro, E. & J.A. Masso. 1988. Variaciones poblacionales y reproducción de dos poblaciones de *Chione undatella* (Sowerby, 1835) bajo diferentes regímenes de pesca en la bahía de La Paz, B.C.S., México. Ciencia pesquera. Inst. Nal. Pesca. Sria. Pesca, Méx. 6: 51-68.
- Baqueiro, E., M. Muciño & R. Merino. 1983. Variaciones poblacionales de una población sobre-explotada de *Anadara tuberculosa* de bahía de La Paz, B.C.S., México. Ciencia pesquera. Inst. Nal. Pesca. Sria. Pesca, Méx. 4: 75-82.
- Baqueiro, E., I. Peña, & J.A. Masso. 1981. Análisis de una población sobre-explotada de *Argopecten circularis* (Sowerby, 1835) en la ensenada de La Paz, B.C.S., México. Ciencia pesquera. Inst. Nal. Pesca. Sria. Pesca, Méx. 1: 57-65.
- Baqueiro, E. & J. Stuardo. 1977. Observaciones sobre la biología, ecología y explotación de *Megapitaria aurantiaca* (Sow., 1931), *M. squalida* (Sow.) y *Dosinia ponderosa* (Gray, 1938) de Zihuatanejo e isla Ixtapa, Gro., México. An. Cent. Cienc. Mar. Limnol. UNAM, México 4: 161-208.
- Baqueiro, E., A. Velez, & J.A. Masso. 1991. Crecimiento y reproducción del caracol de ña *Strombus gracilior* de Bahía Concepción, B.C.S. Informe Técnico, CRIP, INP, La Paz. 12 p.
- Bourne, N. 1982. Distribution, reproduction and growth of Manila clam, *Tapes philippinarum* (Adams and Reeves), in British Columbia. *J. Shellfish Res.* 2: 47-54.
- Breed-Willeke, G.M. & D.R. Hancock. 1980. Growth and reproduction of subtidal and intertidal populations of the gaper clam *Tresus capax* (Gould) from Yaquina Bay, Oregon. *Proc. Nat. Shellfish Ass.* 70: 25-31.
- Bricelj, M.V. & R.E. Malouf. 1980. Aspects of reproduction of hard clams (*Mercenaria mercenaria*) in Great South Bay, New York. *Proc. Nat. Shellf. Ass.* 70: 216-229.
- Ciocco, N.F. 1992. Difference in individual growth rate among scallop (*Chlamys tehuelcha*) populations from the San José Gulf (Argentina). Experiments with transplanted individuals. *J. Shellfish Res.* 11: 27-30.
- Dempster, J.P. 1975. Animal population ecology. Academic, San Francisco. 155 p.
- Durban, M.J. 1960. The evolution of stability in marine environments, natural selection at the level of the ecosystem, p. 469-476. *In* J.W. Nybakken (ed.), Readings in Marine Ecology. Harper and Row, New York.
- Freeman, K.R. & L.M. Dickie. 1979. Growth and mortality of the blue mussel (*Mytilus edulis*) in relation to environmental indexing. *J. Fish. Res. Board Can.* 36: 1238-1249.
- García, E. 1981. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Larios, México D.F. 252 p.
- Horne, F.R. & S. McIntosh. 1979. Factors influencing distribution of mussels in the Blanco River of Central Texas, *Nautilus* 94: 119-126.
- Jarayabhand, P. & G.F. Newkirk. 1989. Effects of intraspecific competition on growth of the European Oyster, *Ostrea edulis* Lin. 1750. *J. Shellfish Res.* 8: 359-365.
- Kendall, M, P. Williamson & P. Garwood. 1987. Annual variations in recruitment and population structure of *Monodonta lineata* and *Gibula umbilicalis* populations at Aberaeron, Mid-Wales. *Est. Coast. Shelf Sci.* 24: 499-511.
- Kennedy, A.V. & H.I. Batte. 1964. Cyclic changes in the gonad of the American oyster *Crassostrea virginica* (Gmelin). *Can. J. Zool.* 42: 305-321.
- Langton, W.R. 1987. Fecundity and reproductive effort of sea scallops *Placopecten megallanicus* from the Gulf of Maine. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 37: 19-25.
- Lankford, R.R. 1974. Coastal lagoons of Mexico, their origin and classification, p. 182 - 215. *In* Cronnin, L.E. (ed.). Estuarine processes. circulation, sediments and transfer of material, in the estuary. Academic, Nueva York.
- Le Clair, L. & S.R. Pheps. 1994. Genetic characteristics and relationships of five razor clam (*Sliqua patula* (Dixon, 1789)) populations along the Pacific coast of North America. *J. Shellfish Res.* 14: 159-165.
- Loosanoff, V.L. 1942. Seasonal gonadal changes in the adult oysters, *Crassostrea virginica*, of Long Island Sound. *Biol. Bull.* 82: 195-206.
- Lucas, A. 1965. Recherche sur la sexualité des mollusques bivalves. Tesis doctoral, Fac. Sci. Univ. Rennes, Francia: 136 p.

- Masso, J.A. 1990. Aspectos reproductores y poblacionales de la almeja catarina *Argopecten circularis* Sowerby, 1835 de laguna Ojo de Liebre, Baja California Sur, México. Tesis profesional, Fac. Cienc. UNAM. 66 p.
- Perdue, J.A., J.H. Beattie & K.B. Chew. 1981. Some relationships between gametogenic cycle and summer mortality phenomenon in the Pacific oyster (*Crassostrea gigas*) in Washington State. J. Shellf. Res. 1: 123-129.
- Reish, D. 1987. The use of benthic communities in marine environmental assessment, p. 123-126. In Mem. V. Simp. Biol. Mar Univ. Autón Baja Calif. Sur.
- Rice J. & P. Peckerik. 1992. Stock and recruitment. J. Fish. Res. Board. Can. 11: 559-623.
- Ropes, J. 1965. Reproductive cycle of *Mya arenaria* in New England. Biol. Bull. 128: 315-327.
- Schurink, V.E.C. & C.L. Griffiths. 1990. Marine mussels of Southern Africa their distribution patterns, standing stock, exploitation and culture. J. Shellf. Res. 9: 75-85.
- Singh, J.C., J.A. Vélez B. & M.C. Fajardo. 1991. Estudio poblacional de la almeja chocolata, *Megapitaria saqualida* (Sowerby, 1835), en Punta Coyote, Bahía de La Paz, B.C.S., México Ciencia pesquera. Inst. Nal. Pesca. Sria. Pesca, Méx. 8: 7-22.
- Sunderlin, J.B., M. Brenner, M. Castagna, J. Hiroita, R.W. Menzel & A.O. Roels. 1975. Comparative growth of hard shell clams (*Mercenaria mercenaria* Linne and *M. campechiensis* Gmelin) and their F1 cross in temperate, subtropical and natural waters and in a tropical artificial upwelling mariculture system. Proc. World Mar. Soc.: 171-183.
- Villalejo, M.T.F. 1992. Aspectos reproductores de la almeja catarina (*Argopecten circularis* Sowerby, 1835) en Baja Concepción, B.C.S., México. Tesis profesional, CICIMAR, IPN, La Paz. 96 p.
- Walker, L.R. & P.B. Heffernam. 1994. Temporal and spatial effects of tidal exposure on the gametogenic cycle of the northern quahog, *Mercenaria mercenaria* (Linnaeus, 1758) in coastal Georgia. J. Shellf. Res. 13: 479-486.
- Walker, R.L. & C.M. Humprey. 1984. Growth and survival of the northern hard clam *Mercenaria mercenaria* (Linne) from Georgia, Virginia and Massachusetts in coastal waters of Georgia. J. Shellf. Res. 4: 125-129.
- Wolf, M. & J. Garrido. 1991. Comparative study of growth and survival of two color morphs of the Chilean scallop *Argopecten purpuratus* (Lamarck 1919) in suspended culture. J. Shellf. Res. 19: 47-53.