

# SEMINÁRIOS DE BIOLOGIA MARINHA

0.8.1

Ex 2

INSTITUTO DE CIÊNCIAS  
BIOLOGICAS DE MARICÁ  
VOLUME IV - SUPLEMENTO  
1964

**ACADEMIA BRASILEIRA DE CIÊNCIAS**

**Diretoria  
(1975-1977)**

**Presidente: ARISTIDES A. PACHECO LEÃO**

**Vice-Presidentes: AMADEU CURY  
PASCHOAL SENISE**

**Secretário-Geral: MAURÍCIO MATOS PEIXOTO**

**1º Secretário: RUBENS DA SILVA SANTOS**

**2º Secretário: HUGO DE SOUZA LOPES**

**Tesoureiro: GILBERTO G. VILLELA**

CBZ10.8.1  
39  
1975 2.2



645110  
526002  
(Lisboa)

# SEMINÁRIOS DE BIOLOGIA MARINHA

São Paulo, 09 a 15 de dezembro de 1975.

645110  
667990  
(Severina)



ANAIS DA ACADEMIA  
BRASILEIRA DE CIÊNCIAS  
VOLUME 47 – SUPLEMENTO

Impresso com auxílio do Fundo Nacional  
de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FNDCT)  
através da Financiadora de Estudos e Projetos S.A. (FINEP)

1976

**EDITORES RESPONSÁVEIS**

**João E. Lunetta**  
Diretor do Instituto de Biologia  
Marinha da Universidade de S. Paulo

**Mario Gempel**  
Biologista do Instituto de Biologia  
Marinha da Universidade de S. Paulo

## ÍNDICE

	Pág.
Relação dos Seminários	1
Prefácio — Seminários de Biologia Marinha	Paulo Sawaya 3
Agradecimentos	João Edmundo Lunetta 5
A Biologia Marinha no Brasil	Paulo Sawaya 7
El Cultivo del Mejillón en Europa. I — Métodos y Técnicas Utilizadas	Dr. B. Andréu 11
El Cultivo del Mejillón en Europa. II — Aspectos Biológicos y Ecológicos; Enemigos y Parásitos	Dr. B. Andréu 23
El Cultivo del Mejillón en Europa. III — Factores Relativos a la Producción	Dr. B. Andréu 37
Reproductive Cycles of Marine Invertebrates	Arthur C. Giese 49
Ecological Affinities of Brazil and the Southeastern United States of America. A Study in Comparative Physiological Ecology	F. John Vernberg and Winona B. Vernberg 69
Estuarine Ecosystem Studies with Special Emphasis on the North Inlet Estuary, South Carolina	F. J. Vernberg, R. F. Dame, Jr., and R. D. Bonnell 75
Pollution Effects on Marine Animals	F. John Vernberg 89
Quelques Aspects de l'Evolution Actuelle de la Biologie Marine	Maurice Fontaine 95
Chemical Mediation in Coelenterata	Erasmus G. Mendes 101
Contribuição dos Animais Marinhos aos Estudos de Citologia	Giorgio Schreiber 105
Laboratory Studies on the Copepod <i>Euterpina acutifrons</i> (Dana)	Glória S. Moreira 109
Biology of Enteropneusta	Paulo Sawaya 113
Infestation of the Mussel <i>Perna perna</i> by Digenetic Trematodes of the Bucephalidae Family, Gen. <i>Bucephalus</i> . Sati Umiji, João Edmundo Lunetta and Rosa Maria Veiga Leonel	115
O Estudo da Distribuição do Plâncton em Águas Brasileiras (um resumo)	Tagea K. S. Björnberg 119
<i>Oithona oligohalina</i> sp. n. de Cananéia (Est. de São Paulo) e Considerações sobre <i>Oithona ovalis</i> Herbst (Copepoda, Cyclopoida)	Vera Lucia Fonseca and Tagea K. S. Björnberg 127

A Importância do Conhecimento dos Ciclos Gametogênicos de Bivalves Comestíveis	Walter Narchi	133
Sobre <i>Eutima sapinhoa</i> Narchi et Hebling (Hydrozoa, Eutimidae)	Walter Narchi e Nilton José Hebling	135
Taquifilaxia do Coração de <i>Aplysia brasiliana</i> (Molusco-Gatrópode) a Fortes Concentrações de 5-HT (Serotonina)	Winston M. Leahy	137
Resumos – Abstracts		139
Ecology of Some Polychaeta Annelida and its Contribution to the Benthic Biomass of the Intertidal Area, in the North Coast of the State of São Paulo	A. C. Z. Amaral	141
Color Change in Anomuran Decapod Crustaceans	Ana Maria de Lauro Castrucci	141
Effects of Salinity and Temperature on the Development and Survival of the Echinoids <i>Arbacia lixula</i> , <i>Echinometra lucunter</i> and <i>Lytechinus variegatus</i>	Ana Maria M. B. de Almeida	142
Vertical Distribution of Cladocera off Santos	Carlos E. F. da Rocha	142
The Present Situation of the Taxonomical Study of Brazilian Sea Anemones	Diva Diniz Corrêa	143
Some Aspects of the Ecology of the Benthic Algae along the Coasts of São Paulo State (Brazil)	E. C. de Oliveira Filho	144
Efeito da Glândula do Seio sobre o Metabolismo da Carotenoproteína Azul em <i>Palaemon serratus</i> (Crustacea, Decapoda)	Godofredo C. Genofre	144
Diurnal Variation of Oxygen Consumption Rate of Plankton from Cananéia Region (25°S 48°W)	H. de S. L. Mesquita	144
Effects of Salinity and Temperature on the Development and Survival of the Solitary Tunicate <i>Ascidia nigra</i>	Hédio R. T. Villalba	145
Biologia Fundamental da Ostra do Mangue como Subsídio a um Projeto de Ostricultura na Baía de Todos os Santos	Iracema A. Nascimento	145
Study of the Pharmacologically Active Substance from Serum of <i>Gymnothorax</i> sp. (Pisces, Teleostei, Muraenidae)	J. E. Lunetta and S. Umiji	146
Flora Bentônica do Uruguai	Javier Coll	146
Ecophysiological Studies on Marine Molluscs	Kaoru Hiroki	146
Seasonal Variation of Benthic Infaunal Standing Crop at the Bay of Flamengo (São Paulo, Brazil)	Liliana Formeris	146
Vertical Migration of <i>Lucifer faxoni</i> Borradaile, 1915 (Crustacea, Decapoda, Macrura)	Maria Paloma Jimenez Alvarez	147
Metabolismo Carboidrático em Equinodermes	Marilene S. Camponez Bianconcini	147
Protozoários Psamófilos do Litoral Brasileiro	Monir Ragel Kattar	148
Some Observations on the Biology of <i>Artemesia longinaris</i> Bate, 1888 (Crustacea, Decapoda, Natantia)	P. Nascimento	148
Populations and Diurnal Migrations of Inhabitants of the Seaweed <i>Sargassum cymosum</i> C. Agardh, 1921, at Ubatuba, SP, Brazil	Pierre Ch. Montouchet	149
Histochemical Study of Neurosecreted Substance of <i>Perna perna</i> (Mollusca, Lamellibranchiata)	Rosa Maria Veiga Leonel	150
On the Biology of Thalassinidea (Crustacea, Decapoda)	Sergio de Almeida Rodrigues	150
Teor de Lípidos Totais em Mexilhões ( <i>Perna perna</i> L. 1758), em Função do Ciclo Sexual	Tania Mara Simões do Carmo	150
The phytal of <i>Halimeda opuntia</i> (Linnaeus) Lamouroux	Yara Moema R. Leite	150

## RELAÇÃO DOS SEMINÁRIOS APRESENTADOS

Sob os auspícios da Academia Brasileira de Ciências, realizou-se no período de 09 a 15 de dezembro de 1975, no Instituto de Biologia Marinha, a SEMANA DE SEMINÁRIOS DE BIOLOGIA MARINHA.

Participaram dos seminários em Biologia Marinha, 53 cientistas que expuseram o tema de suas pesquisas, destacando-se a participação de 4 professores estrangeiros, quais sejam:

Reitor Prof. Dr. JEAN ROCHE  
Membro do Collège de France – Paris – França

Prof. Dr. ARTHUR C. GIESE  
Professor Emérito  
Department of Biological Sciences and  
Hopkins Marine Station  
Stanford University – Stanford – USA

Prof. Dr. JOHN VERNBERG  
Diretor do Belle Baruch Institute for Coastal  
Research  
University of Columbia  
Columbia – South Carolina – USA

Prof. Dr. BUENAVENTURA ANDREU  
Diretor do Instituto de Investigaciones Pesqueras  
Patronato Juan de la Sierra  
Barcelona – Espanha

Os temas tratados e os respectivos conferencistas foram os seguintes:

PAULO SAWAYA  
– A Biologia Marinha no Brasil  
– Biologia de Enteropneustos (Hemichordata)

TAGEA K. S. BJÖRNBERG  
– The study of the distribution of plankton in Brazilian waters.

VERA L. FONSECA  
– Sobre duas *Oithona* (Copepoda, Crustacea) da região de Cananéia e diagnose de *O. oligohalina* sp.n.

B. ANDREU  
– El cultivo del mejillón en Europa: métodos y técnicas utilizados. Projeção de Filme.  
– Aspectos biológicos e ecológicos, parásitos y enemigos naturales del mejillón.

– Factores relativos a la producción: condiciones óptimas ambientales, aspectos relativos a la explotación, depuración y mercados.

F. JOHN VERNBERG  
– Pollution effects on marine animals.  
– Ecosystem Studies on Estuaries with Special Emphasis on the North Inlet Estuary, South Carolina.  
– Ecological similarities between Brazil and South-eastern United States.

PAULO S.A.M. NASCIMENTO  
– Biologia de *Artemisia longinaria* Bate, 1888 (Crustacea, Decapoda, Natantia).

MARIA G.B.S. MOREIRA  
– Estudos relativos a *Euterpina acutifrons* (Dana), Copépodo planctônico, em laboratório.

METRY BACILA  
– Bioquímica comparativa da via glicolítica.

HILDA S. MESQUITA  
– Avaliação diária da razão de consumo de O<sub>2</sub> do plâncton da região de Cananéia (25°S, 48°W).

CARLOS E. F. ROCHA  
– Migração vertical de cladóceros e ostrácodos marinhos.

JEAN VALENTIN  
– A ressurgência do plâncton em Cabo Frio.

PAULO R. B. RAFAEL  
– A cultura de mexilhões no Projeto Cabo Frio.

ARTHUR C. GIESE  
– Stratospheric pollution, ultraviolet radiation and life.  
– Reproduction in marine invertebrates.

G. CILENTO  
– Estados eletrônicos excitados em processos biológicos escuros.

JEAN ROCHE  
– Compostos iodados em invertebrados marinhos.

ROSA V. LEONEL  
– Histoquímica do material neurosecretado em *Perna perna* (Mollusca, Lamellibranchiata).

DIVA D. CORRÊA  
– A situação do estudo taxonômico de anêmonas do mar do Brasil.

ERASMO G. MENDES  
– Mediação química em celenterados.

MARIA P. J. ALVAREZ  
– Migração vertical de *Lucifer* (Decapoda Macrura).

- ANTONIA C. Z. AMARAL  
- Ecologia e contribuição dos anelídeos poliquetos para a biomassa bentônica da zona das marés do Litoral Norte do Estado de São Paulo.
- GODOFREDO C. GENOFRE NETTO  
- Efeito da glândula do seio sobre o metabolismo da caroteno proteína azul em *Palaemon serratus* (Crustacea, Decapoda).
- JOÃO EDMUNDO LUNETTA  
- Estudo do ciclo sexual do *Pecten*  
- O problema da infestação dos mexilhões *Perna perna* por trematóides digenéticos da família Bucephalidae.
- ANA M.M.B. ALMEIDA  
- Effects of salinity and temperature on the development and survival of the echinoids *Arbacia* and *Lytechinus*.
- HÉDIO R. T. VILLALBA  
- Effects on salinity and temperature on the development and survival of the solitary Tunicate *Ascidia nigra*.
- WALTER NARCHI  
- A importância do conhecimento dos ciclos gametogênicos de bivalves comestíveis.
- WALTER NARCHI e NILTON HEBLING  
- Ciclo da vida de hidromedusa comensal.
- SERGIO A. RODRIGUES  
- Sobre a biologia de Thalassinidea.
- MONIR R. KATTAR  
- Protozoários psamófilos do Litoral Brasileiro.
- IRACEMA A. NASCIMENTO  
- Aspectos da ostreicultura e ciclo sexual da ostra (Mollusca).
- YARA M. R. LEITE  
- Algumas observações sobre a fauna de *Halimeda opuntia* (Linnaeus).
- PLINIO S. MOREIRA  
- História da pesquisa sobre isópodes marinhos no Brasil.
- SATI UMIJI  
- Estudo farmacológico do princípio tóxico do soro de *Gymnothorax* sp. (Pisces, Teleostei, Muraenidae).
- TANIA M. S. DO CARMO  
- Teor de lípidos totais em mexilhões (*Perna perna*) em função do ciclo sexual.
- JETTER J. BERTOLETTI  
- Aspectos do Projeto Tramandaí.
- PIERRE MONTOUCHET  
- Dinâmica de populações de invertebrados em *Sargassum cymosum*.
- FREDERICO CAMPANER  
- Distribuição de copépodes sobre o fundo da plataforma continental.
- EURICO C. OLIVEIRA FILHO  
- Alguns aspectos da ecologia das algas marinhas.
- WINSTON M. LEAHY  
- Influência de fortes concentrações de 5-HT sobre o coração de *Aplysia brasiliana* (Gastropoda).
- MARILENE S. CAMPONEZ  
- Metabolismo carboidrático nos equinodermes.
- KAORU HIROKI  
- Ecophysiological studies on marine molluscs.
- ANA M. CASTRUCCI  
- Mudança de cor em *Anomura*.
- JAYME L. SILVA  
- Biometria e grau de maturação do *Penaeus schmitti*.
- JAVIER COLL  
- A flora bentônica do Uruguai.
- ALBERTO S. FRANCO  
- Fundamento da teoria das marés.
- LILIANA FORNERIS  
- Seasonal variation of benthic infaunal standing crop at the bay of Flamengo (SP - Brazil).
- GIORGIO SCHREIBER  
- Contribuição dos Animais Marinhos às Pesquisas da Citologia e Citogenética.

Visita às Praias de Ubatuba e Paratí, pelos Profs. B. Andréu, J. Vernberg, João E. Lunetta e Mário Gempel, para escolha de enseadas propícias à cultura de mexilhões e praias propícias aos Estudos de Ecologia.



## PREFÁCIO

### SEMINÁRIOS DE BIOLOGIA MARINHA

Em boa hora a Academia Brasileira de Ciências propôs patrocinar a realização dos Seminários de Biologia Marinha, efetuados no Instituto de Biologia Marinha da Universidade de São Paulo, nos laboratórios localizados em São Sebastião, litoral norte do Estado de São Paulo.

É da índole da Academia procurar desenvolver estas iniciativas de modo a possibilitar o encontro de diversos especialistas, para apresentação e discussão dos resultados de suas investigações.

Todos os tópicos abordados, é claro, versaram sobre diferentes aspectos da Biologia Marinha, com especial referência à região tropical.

Sob os auspícios da Academia Brasileira de Ciências foi possível contar-se com a presença de cientistas como Jean Roche, da Sorbona, B. Andreu, da Universidade de Barcelona, Arthur C. Giese, da Universidade de Stanford, F. John Vernberg, do Baruch Institute, que trouxeram notável contribuição para os Seminários, fruto de sua reconhecida experiência neste campo de estudos.

A referida reunião propiciou a abordagem de aspectos modernos da Biologia dos organismos marinhos, tais como as referentes aos compostos iodados em invertebrados marinhos, da toxicologia de animais marinhos, distribuição de animais marinhos, etc.

Foi uma oportunidade também para se poder avaliar a apreciável contribuição de pesquisadores brasileiros neste importante setor das Ciências Biológicas.

Outro aspecto, não menos importante, foi o de se conseguir a reunião de pesquisadores brasileiros de diferentes partes do nosso país. Em S. Sebastião estiveram reunidos vários estudiosos da fauna e da flora marinhas das mais diversas Instituições do Estado de São Paulo, do Rio Grande do Sul, do Paraná, de Minas Gerais, do Rio de Janeiro,

da Bahia, etc. Pela soma de trabalhos apresentados pode-se ter uma idéia da contribuição de vários centros para o estudo e desenvolvimento desta ciência que somente agora começa a ser explorada entre nós. Pelos trabalhos podemos avaliar o quanto já se fez neste campo tão promissor e que poderá vir a produzir excelentes frutos no futuro. Dadas as distâncias que separam os referidos centros de pesquisas espalhados ao longo do litoral brasileiro, somente com iniciativas como estas é que se poderão concentrar esforços para o trabalho em comum, tão produtivo.

Abriram-se os Seminários com a indicação dos vários laboratórios, situados ao longo do litoral brasileiro, que podem propiciar estudos de Biologia Marinha sob os mais modernos aspectos. Embora instalados estes laboratórios, apenas há cerca de 20 anos, já apresentam importantes contribuições no campo da biologia dos organismos marinhos. Os temas versaram sobre a distribuição e a ecologia de Anelídeos poliquetos dos ecossistemas estuarinos, a dinâmica das populações de invertebrados em *Sargassum cymosum*, a variação sazonal da infauna benthica. J. Vernberg chamou a atenção sobre o interessante tópico referente às similaridades ecológicas entre o Brasil e a região litorânea do sul dos Estados Unidos.

Os estudos do plâncton e do bentos, polarizaram a atenção de vários pesquisadores. Tratou-se da distribuição do plâncton nas águas tropicais brasileiras, do estudo de Copépodes novos da região do mangal, da distribuição de copépodes sobre o fundo da plataforma continental, da fauna bentônica do Uruguai. Em conexão com este tópico houve apresentações de aspectos interessantes da fauna psamófila do litoral brasileiro e dos isópodes marinhos.

A biologia dos mexilhões constituiu um dos

pontos de maior interesse. Desde o cultivo desse bivalvo, na Europa, com indicação dos métodos e das técnicas utilizadas, frutos da longa experiência de B. Andreu, à histoquímica do material neurosecretado, ao estudo do ciclo sexual de *Pecten*, aos ciclos gametogênicos de bivalvos comestíveis, à cultura de ostras, ao teor de lípidos, aos fatores relativos à produção, principalmente sobre as condições ótimas ambientais e às condições de cultivo dos mexilhões na Europa.

Abordou-se também o problema atualíssimo da poluição e seus efeitos sobre os animais marinhos. Do mesmo modo a bioquímica comparativa da via glicolítica, aos compostos iodados em invertebrados marinhos, à mediação química em celenterados, ao estudo do metabolismo dos carotenóides em Crustáceos macruros, aos efeitos de salinidade e da temperatura sobre o desenvolvimento de *Arbacia* e *Lytechinus*, à farmacologia da toxina das moréias, à fisiocologia de moluscos marinhos em relação com a poluição, à biometria e grau de maturação de crustáceos, à influência de fortes concentrações de 5-HT sobre o coração de *Aplysia brasiliana*, ao metabolismo de carboidratos nos Equinodermes.

A parasitologia de animais marinhos também foi objeto de pesquisa com os estudos sobre aspectos biológicos e ecológicos, parasitos e inimigos na-

turais do mexilhão, a infestação de mexilhões por trematóides dígenos.

Outros temas, de não menor importância, chamaram a atenção dos vários participantes como a biologia de *Artemesia longinaris*, a biologia de *Balanoglossus gigas*, a taxonomia das anêmonas do mar do Brasil, a reprodução de animais marinhos invertebrados, o ciclo de vida de Hidromedusa comensal, a biologia de Thalassinidea e a contribuição dos animais marinhos para as pesquisas citológicas e citogenéticas. Aspectos relativos a bioluminescência de animais marinhos também foram interessantemente abordados.

A louvável iniciativa da Academia Brasileira de Ciências foi acolhida de modo excepcional pelos participantes deste seminário. Como um de seus membros titulares agradeço o interesse de quantos acorreram aos laboratórios do Instituto de Biologia Marinha, Instituição que incluo nestes agradecimentos na pessoa de seu dedicado Diretor, Prof. Dr. João Edmundo Lunetta, e seus jovens colaboradores.

Como fundador do Instituto de Biologia Marinha, sinto-me plenamente satisfeito por ver coroadada de êxito a iniciativa da Academia Brasileira de Ciências, na tão desejada colaboração de instituições dedicadas inteiramente à Ciência como o Instituto de Biologia Marinha.

PAULO SAWAYA

Professor Emérito do Instituto de  
Bióciências da Universidade de São Paulo

## AGRADECIMENTOS

No momento da realização deste fascículo, que engloba a maior parte dos Seminários apresentados no Instituto de Biologia Marinha da Universidade de São Paulo, não poderíamos deixar de agradecer vivamente aos senhores pesquisadores e professores das diversas instituições nacionais que colaboraram conosco, possibilitando a realização deste conclave. Os Seminários de Biologia Marinha apresentados por pesquisadores brasileiros cobriram os mais diversos temas, tendo despertado amplo interesse e debate dos mesmos.

Não poderíamos deixar de agradecer, em particular, aos queridos professores estrangeiros que gentilmente atenderam ao nosso apelo, deslocando-se de seus países de origem para virem nos prestigiar, participando com temas atualíssimos da semana de Seminários em Biologia Marinha. Desta forma é que consignamos, neste momento, nossos vivos agradecimentos aos Professores: Arthur C. Giese, professor emérito da Stanford University, U.S.A.; B. Andreu, do Instituto de Investigaciones Pesqueras de Barcelona, Espanha; F. John Vernberg, do Baruch Institute for Coastal Research, U.S.A. e Jean Roche, membro do Collège

de France, França. Às Srtas. Elza Farah e Maria Florência Tonani Peixoto e ao Biologista Mario Gempel nosso obrigado pelo apoio na organização e atendimento aos participantes dos Seminários de Biologia Marinha.

Evidentemente, esta realização tornou-se possível, graças ao alto descortino do Sr. Presidente da Academia Brasileira de Ciências, Dr. Aristides Pacheco Leão e respectivos assessores, que têm por iniciativa incentivarem encontros de especialistas nas diversas ciências. Assim, expressamos nosso profundo reconhecimento à Academia Brasileira de Ciências, que permitiu o preenchimento de uma lacuna, há muito já sentida, qual seja, a de um entrosamento mais estreito entre aqueles cientistas que se dedicam à pesquisa da biologia dos organismos marinhos, quer sob o ponto de vista da ciência pura, bem como da aplicada.

Oxalá a Academia Brasileira de Ciências tenha possibilidade de prestigiar novos empreendimentos desta natureza, num futuro muito próximo, tal como foi expresso por aqueles que participaram desta primeira Semana de Seminários em Biologia Marinha.

JOÃO EDMUNDO LUNETTA

Diretor do Instituto de Biologia Marinha

## A BIOLOGIA MARINHA NO BRASIL

Paulo Sawaya

Houve no Brasil preocupação constante com a biologia dos organismos marinhos. Compreende-se este interesse dada a enorme extensão do litoral brasileiro e por ele é que se fez o primeiro contato com a Europa, desde a descoberta. Se entendermos a biologia marinha no sentido mais amplo, isto é, a biologia dos organismos que vivem no mar, encontramos desde logo, um pouco mais de um século após a descoberta, a famosa "Historia Naturalis Brasiliae" de George Marcgrave, em que inúmeras são as informações relativas à biologia dos representantes dos principais filos, alguns como os Equinodermes, restritos ao ambiente marinho. As notas descritivas de Marcgrave, prevalecem até hoje, como por exemplo a referente aos carangueijos do gênero *Uca*; ainda agora estes interessantes crustáceos podem ser vistos na cidade do Recife, nas margens dos rios que a atravessam, tais como ao tempo do naturalista holandês. Pode-se imaginar a impressão de Marcgrave quando aqui aportou com Maurício de Nassau, ao deparar com enorme quantidade destes crustáceos, em plena cidade pernambucana.

Por incrível que pareça, após Marcgrave, muitos poucos foram os estudos sobre a fauna e flora marinhas. Os exploradores do século 18 e 19, preocuparam-se principalmente com a dos organismos terrestres. Foi necessário aguardar o século 19, na sua segunda metade, para a realização dos estudos importantes de Fritz Müller, em Santa Catarina, assim mesmo relativamente reduzidos, em comparação com suas excelentes observações sobre a fauna de água doce e a terrestre, que este célebre naturalista efetuou em quase meio século de permanência no sul.

Como naturalista de primeira classe, Fritz Müller aproveitou a temporada em que foi professor de história natural no Colégio dos RR.PP. Jesuítas em Florianópolis, na época, ainda denomina-

da Nossa Senhora do Desterro, para coletar e observar a vida dos seres marinhos. Em suas aulas no referido colégio, deviam ocupar lugar de relevo os organismos marinhos. Quando regressou a Blumenau, depois de um desentendimento com a direção do Colégio referido, foi que Fritz Müller fez a famosa excursão à praia da Armação da Piedade e ali descobriu o famoso enteropneusto, o *Balanoglossus gigas* Fritz Müller, o qual 66 anos depois foi redescoberto nas praias do Araçá ao lado do porto de São Sebastião, no litoral paulista.

Tentativas de instalação de estações de biologia marinha foram feitas entre nós, sendo de citar-se a de Miranda Ribeiro que em 1912 foi nomeado chefe do laboratório de Biologia de Pesca, tendo mesmo conseguido um barco com o nome de "José Bonifácio" que operava na baía da Guanabara. Lamentavelmente, essa iniciativa tão promissora, fracassou.

O advento do Instituto Oswaldo Cruz trouxe importante contribuição para os estudos dos organismos do mar, pois o Museu Nacional, na época, quase se restringia aos estudos taxonômicos salientando-se neste particular os estudos de Carlos Moreira sobre os crustáceos. Em 1914 apareceram os trabalhos fundamentais de Cunha, de Gomes de Faria e de Olympio da Fonseca e outros, principalmente os Protozoários marinhos da baía da Guanabara. Coube a Henrique de Beaurepaire Aragão instalar na ilha dos Macacos o laboratório ainda hoje existente de pesquisas no mar, agora dirigido por Lejeune de Oliveira com apreciável soma de estudos sobre os crustáceos e outros animais. Infelizmente, a época ainda não propiciava desenvolvimento desses estudos, de modo que foi necessário o advento da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras com seu corpo selecionado de professores principalmente biólogos dedicados à fauna e à fl

ra marinhas, Profs. Ernst Bresslau e Felix Rawitscher para promover notável surto de estudos dos organismos marinhos. Bresslau era autoridade em Turbelários, incluídos os marinhos, e Rawitscher o era no campo das algas. Os estudos ficológicos desenvolveram-se entre nós no novo campo de investigações iniciadas pelos mestres da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras. Seu discípulo Aylthon Brandão Joly, tão cedo desaparecido de nosso convívio, teve apreciável produção científica neste setor da botânica. É já apreciável o número de ficológicos formados nessa escola, das quais, em São Paulo conta-se Eurico Cabral de Oliveira, e vários outros que militam em outros Estados tanto do Norte como do Sul.

Bresslau já aqui estivera duas vezes e nos poucos meses que residiu no Brasil na sua terceira viagem tentou instalar em Santos um laboratório de Biologia Marinha. Chegou mesmo a iniciar negociações para este empreendimento tendo escolhido a Ilha das Palmas como base principal. Sua morte prematura interrompeu essa iniciativa que se mostrava tão auspiciosa. Enquanto estivemos na direção do Departamento de Zoologia, após a morte de Bresslau, prosseguimos nos referidos entendimentos, mas a situação existente não permitiu uma solução satisfatória. Não obstante, após a chegada de Ernst Marcus, novo titular da cadeira de Zoologia, que se transferira de Berlim para São Paulo, a quem passamos a direção do Departamento de Zoologia, prosseguiram os estudos sobre a biologia dos animais marinhos. Na falta de um laboratório à beira mar, organizaram-se excursões que possibilitassem o estudo dos animais vivos no litoral. Passou-se a explorar, é claro, a fauna das zonas entre-marés. Acentuaram-se, assim, os estudos de Biologia Marinha nos moldes dos que se efetuam nos grandes laboratórios da Europa e dos Estados Unidos. Fundou-se, em consequência, o Instituto de Biologia Marinha que funcionou em consonância com o Departamento de Fisiologia da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade de São Paulo, que lhe deu origem. No intuito de contornar as dificuldades burocráticas, a diretoria do Instituto deliberou instituí-lo como Fundação, a qual se manteve até 1961. Nesse ano e no seguinte sua vida foi precária até que, por iniciativa do então Reitor da Universidade de São Paulo, Prof. Dr. Antonio Barros Ulhoa Cintra, passou a constituir em 1962 o atual Instituto de Biologia Marinha da Universidade de São Paulo, transferindo a Fundação todo seu acervo para o patrimônio da Universidade de São Paulo, patrimônio esse avaliado então em mais de Cr\$ 500.000,00. De então para cá o Instituto passou a constituir uma das unidades da Universidade de São Paulo, apresentando grandes pos-

sibilidades para os estudos da Biologia Marinha, com o indispensável equipamento obtido por doação e por compra. Passou a ser o local à beira mar com as condições necessárias para o trabalho científico sobre a fauna e a flora marinhas. Acolheu inúmeros investigadores interessados nesta ciência. Além disso, vem realizando com muita regularidade, cursos fundamentais e avançados de biologia marinha, frequentados por estudantes dos vários cursos de história natural e de ciências biológicas das Faculdades de Filosofia, Ciências e Letras do País e do estrangeiro.

Com o progresso acentuado dos estudos de biologia marinha propiciados principalmente pelo Instituto de Biologia Marinha da Universidade de São Paulo, fundaram-se outros laboratórios situados à beira mar, os quais constituem hoje centros de estudos que oferecem possibilidade para pesquisas variadas neste importante setor da biologia.

Em ordem de distribuição geográfica, mencionam-se os seguintes Institutos que se dedicam aos estudos da fauna e da flora marinhas:

— O Laboratório de Ciências do Mar, situado em Fortaleza fundado por iniciativa de Melquiades Pinto Paiva, seu atual diretor, teve, recentemente, suas instalações ampliadas em prédio de arquitetura moderna, muito apropriado, graças ao arquiteto Helio Duarte, da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo de São Paulo. O LACIMAR, como é conhecido, mantém cursos de Engenharia de Pesca, e várias seções que se dedicam ao estudo de aspectos físicos e químicos do mar e da fauna e da flora marinhas, com acentuação sobre os animais de importância econômica: crustáceos, moluscos e principalmente peixes. Publica com regularidade os Arquivos da Estação de Biologia Marinha da Universidade do Ceará, iniciado em 1965. Ao mesmo tempo edita o Boletim da Estação de Biologia Marinha da Universidade Federal do Ceará.

— No Rio Grande do Norte, em Natal, existe o Instituto de Biologia Marinha da Universidade do Rio Grande do Norte com uma bela localização quanto à praia.

Dispõe de um prédio amplo, confortável, porém ressentido de uma deficiência de pessoal. É local excelente para estudos de biologia marinha. Seu diretor é o Prof. Sebastião Monte. Publica o Boletim de Biologia Marinha da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, iniciado em 1965.

— Em Pernambuco funciona o LABOMAR (Laboratório de Biologia Marinha) pertencente à Universidade Federal de Pernambuco. Iniciou-se em 1952 com a denominação de Instituto de Biologia Marinha e Oceanografia. Intensificou o estudo da taxonomia dos Crustáceos, devendo-se a Petronio Coelho importantes investigações carcinológicas.

Entregue em 1958 a direção ao geólogo François Ottmann, desenvolveu pesquisas sobre a química e a geologia marinhas. É também uma das instituições em que será possível o desenvolvimento dos estudos de biologia marinha. Acha-se atualmente sob a direção de Lourinaldo B. Cavalcante.

— Em Maceió inicia-se agora o Instituto de Biologia Marinha na Universidade Federal de Alagoas. A situação do pequeno prédio de que dispõe é muito apropriada, pois se encontra de um lado a Lagoa do Mundaú e de outro o oceano aberto. A Lagoa constitui excelente reserva de animais e plantas de regiões estuarinas. Apresenta grandes possibilidades de pesquisas no campo da biologia marinha. Além da Lagoa do Mundaú há inúmeras outras até hoje ainda não exploradas. Bento Pereira de Barros está na direção do Instituto.

— Na Bahia, fundou-se a Estação de Biologia Marinha que faz parte integrante da Universidade Federal da Bahia, achando-se incluída no Instituto de Biologia. Em ligação com a Estação de Biologia Marinha de São Paulo, estão sendo investigados vários aspectos da biologia de Crustáceos e de Equinodermes e a bioquímica de Crustáceos. Em conexão com o Departamento de Bioquímica da Universidade Federal da Bahia, fazem-se estudos sobre a bioquímica de Ostras dos mangais. De data recente o projeto para a instalação de tanques para a ostreicultura, decorrente de convênio entre a Universidade Federal da Bahia e o Governo da Grã-Bretanha. É coordenadora do convênio na parte brasileira, Iracema do Nascimento Andrade e da parte inglesa, I. Shelbourne.

— No Estado do Espírito Santo, na praia de Vera Cruz, o Museu Nacional do Rio de Janeiro mantém a estação de biologia marinha sob a orientação de Augusto Ruschi. Dispõe de acomodações e laboratórios que podem ser utilizados pelos interessados nos estudos da fauna e da flora marinhas. Dedicar-se à realização de cursos de biologia marinha para os estudantes universitários.

— No Rio de Janeiro, além de já mencionado laboratório de hidrobiologia do Instituto Oswaldo Cruz, conta-se o Instituto de Pesquisas da Marinha, no qual se desenvolveram acentuadamente pesquisas sobre a física e a química do mar, ao lado de estudos sobre a fauna e a flora marinhas. Ressalta notar os estudos relativos à biologia dos Cirripédios, crustáceos de importância econômica fundamental. Mais recentemente, o referido Instituto estendeu sua atividade instalando laboratórios em Cabo Frio, onde atualmente se desenvolvem estudos principalmente sobre a mitilicultura e ostreicultura e os referentes à biologia de peixes marinhos. Dirige o Instituto o Almirante Paulo Moreira da Silva.

— Ainda no Rio de Janeiro, com a transferência do Instituto de Biologia para a Ilha do Fundão, houve mais oportunidade de se abordarem temas referentes à Biologia Marinha. Vários pesquisadores dedicam-se aos estudos da biologia dos Crustáceos, dos Peixes, das Esponjas, etc. É dirigido pelo Prof. A. Mello Leitão que incentiva estes promissores estudos.

— São Paulo possui o maior número de laboratórios situados à beira mar, com capacidade de abrigar estudiosos da fauna e da flora marinhas. Assim, vindo do norte para o sul contamos com a base norte do Instituto Oceanográfico, em Ubatuba, com a capacidade para receber investigadores sobre assuntos do mar e realizar cursos de biologia marinha. Em São Sebastião situam-se os laboratórios e as demais instalações do Instituto de Biologia Marinha da Universidade de São Paulo, este em que agora se realiza o presente simpósio, e que inicia os trabalhos com o novo refeitório. Em Cananéia, está a base sul do Instituto Oceanográfico. Por ser a mais extensa região de mangal, existente no litoral brasileiro e ser ainda o limite sul deste tipo de praia, bastante especializado e característico, oferece inúmeras oportunidades para investigações do mais alto interesse para o melhor conhecimento dos animais e das plantas de uma região bastante especializada.

— O Estado de Santa Catarina oferece regiões litorâneas para pesquisas sobre a biologia marinha. Estas regiões veem sendo exploradas por estudantes da nova Universidade de Blumenau e os das Universidades do Rio Grande do Sul. Embora não possua um laboratório à beira mar, é possível conseguir abrigo para os estágios breves e não somente fazer coleta de material, como estudar o comportamento dos animais, principalmente os da zona entremarés.

Como se vê, as possibilidades de estudos da biologia marinha no Brasil já são apreciáveis. Todavia, tendo-se em conta a enorme extensão do litoral brasileiro, ainda relativamente reduzido é o número de laboratórios situados à beira mar que oferecem condições para pesquisas, principalmente as que demandam material vivo.

Deve-se notar que as iniciativas para fundação de laboratórios no litoral, com exceção de São Paulo e do Rio de Janeiro, em geral visaram os estudos sobre a pesca. Com o avanço da tecnologia moderna, relegaram-se para segundo plano as pesquisas sem aplicação prática imediata. Daí os laboratórios, principalmente do Nordeste, preocuparam-se em primeiro lugar com o problema da pesca. As agências governamentais que subsidiam os projetos de pesquisas restringem os recursos disponíveis à exploração do material de importância

econômica. Trata-se, na realidade, de uma biologia marinha aplicada. Não se nega a importância destes estudos, mas o que é verdadeiramente lamentável é relegar-se para segundo plano os estudos de biologia dos organismos marinhos, *sensu lato*, tais como a bioquímica, a fisiologia, a embriologia, etc. Sem esta investigação básica, não haverá progresso real da tecnologia. Esta grande lacuna que caracteriza os tempos atuais entre nós, poderá ter consequências desastrosas no futuro do desenvolvimento ci-

entífico de nosso País. Esperemos que esta fase de depressão da pesquisa básica seja passageira e que os responsáveis pelo movimento científico tenham presente sua responsabilidade na incentivação do preparo devido aos pesquisadores científicos do país.

A biologia marinha é ainda e será por muito tempo, um dos campos mais promissores para a formação de pesquisadores científicos entre nós como em todo o mundo.

# EL CULTIVO DEL MEJILLON EN EUROPA. I METODOS Y TECNICAS UTILIZADAS

Dr. B. Andréu

Director del Instituto de Investigaciones Pesqueras,  
Barcelona, España

## INTRODUCCION

La producción total de materia orgánica de las plantas verdes en el mar, la mayor parte en forma de fitoplancton, viene a ser del mismo orden que la correspondiente a las tierras emergidas; WEBBER (1968) la estima al menos tan elevada, mientras que MARGALEF (1974) la considera más bien inferior. Por unidad de superficie-añade este último-la producción media de los continentes es tres veces mayor que la de los océanos, aunque la relación animales/biomasa de las plantas es mucho más elevada en el mar.

Sin embargo sólo el 12% de las proteínas mundialmente consumidas por el hombre proceden de los océanos (RICHARDSON, 1967; NASH, 1968), aumentando este porcentaje a razón del 6% anual, debido al mejoramiento de las técnicas de pesca.

Aunque los océanos ocupan aproximadamente las tre cuartas partes de la superficie del globo, sólo algunas áreas bien definidas, en las orillas, en los estuarios y en las zonas de afloramiento, poseen una productividad primaria realmente elevada. Frente a lo que podemos llamar "desiertos oceánicos", en las zonas litorales y en los estuarios dicha productividad viene a ser entre 10 y 100 veces superior que en las aguas oceánicas (RYTHER, 1969), aunque gran cantidad de esta materia orgánica es consumida por animales de escasa o nula importancia comercial. En este sentido, el cultivo del mejillón constituye un excelente camino para la utilización óptima de la producción primaria del mar, ya que su capacidad de conversión es realmente una de las más elevadas, como oportunamente tendremos ocasión de comprobar.

Los 65 millones de Tm de productos marinos que actualmente se extraen de los océanos podrán ser aumentados hasta 100 o quizás 150 millones de Tm por año, pero a condición de que se aprovechen íntegramente especies que actualmente los mercados rechazan para consumo fresco. La obtención de harinas en mayor escala permitiría pensar en la utilización de concentrados de proteína para consumo humano y muy particularmente para la fabricación de piensos con destino a la cría de aves y ganado, así como para su utilización en Acuicultura.

Son las especies más suculentas, las más solicitadas por el mercado de consumo, las que se ven especialmente amenazadas por la pesca intensiva. Por su elevado precio, son a la vez, las que merecen especial atención por parte de la acuicultura moderna, ciencia interdisciplinaria que exige métodos muy sofisticados y elevados gastos de mantenimiento.

Según estimaciones de la FAO, hacia el año 2.000, el cultivo de especies marinas podría proporcionar entre 25 y 50 millones de Tm de alimento para consumo humano. Mientras tanto, las cifras de producción son del orden de los 5 millones de Tm, especialmente carpas, mejillones, ostras, etc, obtenidos mediante *cultivo extensivo*, que no exige, como el *intensivo*, factorías de incubación ni los especiales cuidados de alimentación de larvas y juveniles: las crías, obtenidas en la propia naturaleza, mediante la colocación de soportes de fijación, como en el caso de los mejillones y de las ostras, son trasladadas más tarde a los parques de engorde o simplemente, los alevines penetran espontáneamente en las lagunas o lugares cerrados, en los que son tratados convenientemente hasta que alcanzan la talla comercial.



## MODALIDADES DE CULTIVO

En Francia el mejillón es el molusco popular por excelencia, llamado con razón la ostra del pobre. Su valor nutritivo es similar o superior al de la ostra a un precio mucho más económico. El consumo, en dicho país, es extraordinario ya que, además de su propia producción, los franceses importan buena parte de la producción holandesa y grandes partidas de la producción española. Con frase afortunada HURLBURT (1974) le ha bautizado con el nombre de *el oro azul*.

El mejillón constituye una fuente proteica de excelente calidad nutritiva. El valor biológico supera al de la merluza, langosta, pulpo y calamar, ocupando un puesto preponderante frente a los demás mariscos, desde el punto de mira de la calidad nutritiva, tanto por su elevado índice de retención útil de nitrógeno como por su contribución como fuente proteica, al crecimiento corporal (LARRALDE, RODRIGUEZ y BELLO, 1965).

Los mejillones cultivados son, sin lugar a dudas, de mejor calidad e índice de condición (relación del peso o volumen del cuerpo expresado en tanto por ciento del volumen interior de la concha) que los procedentes de los bancos naturales aunque existen poblaciones silvestres, en lugares abrigados, permanentemente sumergidos, que pueden suministrar mejillones de excelente calidad comercial. Sin embargo, de ordinario, los mejillones espontáneos se ven afectados por la acción del oleaje, y por los agentes meteorológicos durante los períodos de exposición, en bajamar, por cuyas razones el ritmo de crecimiento se ve atenuado y el contenido y calidad de las partes blandas deja mucho que desear.

La mitilicultura se remonta al siglo XIII. Fué un descubrimiento fortuito debido al naufrago irlandés Patricio WALTON, el primero en utilizar postes de madera clavados en la playa de Aunis (Francia), para la obtención de semilla y engorde de los mejillones. Este sistema, debidamente perfeccionado, sigue siendo el más utilizado actualmente en las costas occidentales de Francia, especialmente en San Malo, Vannes y La Rochelle, habiéndose extendido más tarde a las costas bretonas.

El cultivo del mejillón ha alcanzado una importancia considerable en Europa, especialmente en Holanda, Francia e Italia. En España, a lo largo de treinta años, la mitilicultura se ha desarrollado a tal ritmo que, en la actualidad, es una de las industrias alimentarias marinas más importantes del país, con una producción que, como veremos, representa más del 40% de la mundial. Francia, estimulada por el éxito alcanzado por la mitilicultura

española, está realizando esfuerzos inauditos para aumentar y mejorar su producción, mientras que otros países europeos (Inglaterra, Alemania, Noruega, Yugoslavia, etc) tratan de mejorar sus técnicas en uso o de implantar instalaciones industriales de cultivo en parques flotantes.

Los métodos de cultivo más generalizados pueden clasificarse de la manera siguiente:

- Cultivo sobre empalizadas
- Cultivo sobre el fondo
- Cultivo sobre cuerdas colgantes

La última modalidad puede practicarse, a su vez, sobre parques fijos o sobre parques flotantes.

Cada uno de estos métodos ha de ser aplicado, en cada caso, teniendo en cuenta las características geográficas del litoral (aguas más o menos protegidas), profundidad, perfil y naturaleza del fondo, amplitud de las corrientes de marea, etc. Así, por ejemplo, en playas fangosas, poco profundas, de declive suave y con grandes oscilaciones de marea, dará mejor resultado el cultivo sobre empalizadas clavadas sobre el fondo, por debajo del nivel de bajamar equinoccial. En playas más o menos abiertas, de poco fondo, constituídas por materiales estables y firmes (en los que los mejillones no se entierran), permanentemente sumergidos o poco tiempo emergentes, dará mejor resultado el cultivo sobre el fondo. En el caso de bahías o estuarios bien protegidos, de perfil suave y escasa profundidad, y coeficientes de marea poco apreciables, puede ser aplicado con éxito el cultivo sobre cuerdas colgantes en parques fijos. Y, por último, en aguas suficientemente abrigadas, cuando el perfil de la costa es recortado y abrupto, con notables oscilaciones de marea, el cultivo sobre cuerda, en parques flotantes, podrá ser el más apropiado en aquellas áreas cuya profundidad, referida a las bajamares vivas equinociales, sea de tres o más metros.

A continuación analizaremos las principales características de cada uno de estos métodos, poniendo especial énfasis en el relativo al de parques flotantes.

### Cultivo en empalizadas

El cultivo en empalizadas de postes (*bouchots*), solamente se practica en las costas occidentales francesas en las que, en los últimos años, ha adquirido un gran desarrollo, extendiéndose desde la zona de Aiguillon a las costas de Bretaña y Normandía, suministrando al mercado alrededor de las dos terceras partes de los mejillones cultivados en Francia (AUDOUIN, 1954; DARDIGNAC-CORBEIL, 1975).

Se han llevado a cabo experiencias, a peque-

ña escala, en otros países: en el siglo XIX en cinco lugares de Escocia, pero sin éxito, a causa del mal tiempo y al elevado coste del material y de la mano de obra, más alto en comparación con el oeste de Francia (CALDERWOOD, 1895). También fue ensayado en Morecambe (Inglaterra), a comienzos del siglo XX (COLE, 1956) y posteriormente en la bahía de Santander (N de España), en la que, en 1933, fueron instalados 1.500 postes de pino de 3 m. de longitud en torno a la isla de Marnay, aunque la guerra vino a interrumpir estas experiencias.

En la actualidad, la longitud de *bouchots* instalados en las costas francesas del Atlántico excede los 1.600 Km. de los que un tercio (560 Km. en 1974) se encuentran en la región de La Rochelle. Generalmente están instalados en fondos comprendidos entre - 0'70 y + 1m respecto al nivel de las máximas bajamares equinocciales (DARDIGNAC-CORBEIL, 1975).

Las condiciones ambientales de la bahía de Aiguillon son muy favorables para esta clase de cultivo a causa del abrigo que le proporciona la isla de Re y a los aportes de nutrientes que recibe de las aguas fluviales, lo que da como resultado una elevada producción de plancton (LAMBERT, 1939; YONGE, 1969).

Los *bouchots* o empalizadas, están constituidos por hileras de postes, situados en línea recta, clavados sobre el fondo. Son de pino o de encina sin descortezar, de 12 a 25 cm de diámetro, con una longitud que varía entre 4 y 6 m. Su mitad inferior, más delgada, queda enterrada en el fondo. Cada poste tiene una duración media de 6 a 8 años.

Hasta hace un centenar de años el método de cultivo había variado poco con respecto al siglo XIII; los postes eran clavados formando una V y servían, además, para la captura de peces, que quedaban atrapados en las redes situadas en los extremos de dichos postes. Hasta muy recientemente se seguían utilizando los entramados de ramas o varas de sauce o castaño, sobre cuyos resquicios se colocaban los racimos o bolsas de mejillones. Pero ambas modalidades fueron prohibidas, la primera en 1850 (LAMBERT, 1939; AUDOUIN, 1954) porque favorecía el enfangamiento y la segunda en 1971 (DARDIGNAC-CORBEIL, 1975), suponemos que a causa de que los entramados reducían considerablemente la circulación del agua entre los *bouchots*.

Los cultivadores establecen dos tipos de *bouchot*: los de cría y los de mantenimiento (crecimiento y engorde). Los primeros son instalados en el área más distante de la costa, en fondos que emergen sólo en las grandes mareas equinocciales, de los que es transportada la cría de mejillón, a

medida que va creciendo, a los *bouchots* situados más cerca de la costa. La fijación de las larvas está asociada con la presencia previa del hidroide *Tubularia mytiliflora* teniendo lugar, según LAMBERT (1939), en primavera, siendo especialmente intensa en los meses de abril y mayo, y en los meses de marzo a junio según DARDIGNAC-CORBEIL (1975). Los jóvenes mejillones permanecen sobre los postes de fijación al menos hasta el mes de julio. Desde alrededor del año de 1960, la semilla es también obtenida mediante la instalación de cuerdas colectoras de fibra de coco, que son montadas, entre el 15 de febrero y el 15 de abril, sobre soportes transversales. Tienen una longitud máxima de 3 m y pueden ser repartidas en dos niveles. Los *bouchots* de cuerdas no deben exceder de 50 m ni comprender más de 34 postes dispuestos en dos hileras. La longitud total de las cuerdas de cada *bouchot* no debe exceder los 1.200 m (DARDIGNAC-CORBEIL, 1975). Las cuerdas colectoras son utilizadas en aquellas regiones en las cuales la fijación de semilla sobre los *bouchots* es escasa o nula, como sucede en el norte de Bretaña y en Normandía, aunque reuniendo buenas condiciones para el crecimiento y engorde. Por esta razón han de proveerse de otras fuentes, principalmente en la proximidad de los bancos naturales de mejillones de La Rochelle, en donde las cuerdas colectoras quedan cubiertas de semilla a finales de primavera o verano, siendo luego transportadas a Bretaña y colocadas, en forma de espiral, en torno a los postes de mantenimiento, sobre cuya superficie, los jóvenes mejillones no tardan en extenderse (MASON, 1972; DARDIGNAC-CORBEIL, 1975). El desarrollo de esta industria, en Bretaña, ha sido rápido a partir de la segunda guerra mundial (RYTHER, 1968).

Las empalizadas, constituidas como hemos dicho, por las hileras de postes, paralelos entre sí, se encuentran instaladas en sentido perpendicular a la costa u orientadas en el sentido de las corrientes. Han sido fijados por la ley los espacios que han de quedar libres, así como el número de postes por metro, normas que varían, en cada región, de acuerdo con las condiciones del medio, naturaleza del substrato, régimen de las corrientes, productividad de las aguas y otros factores (DARDIGNAC-CORBEIL, 1975). En la costa norte de Bretaña los *bouchots* tienen una longitud de 100 m y comprenden de 130 a 180 postes, mientras que en el Pertuis Bretón, según los sectores, son de 50 ó 60 m y cuentan con 120 ó 129 postes, repartidos en una o dos hileras si se trata de *bouchots* de cría y de 80 a 90 postes, en una sola hilera, en el caso de los *bouchots* de cultivo. La separación de los *bouchots* entre si es también variable, aunque no

debe ser inferior a 25 m (DARDIGNAC-CORBEIL 1975).

Cuando los mejillones aumentan de tamaño y tienden a formar racimos han de ser aclarados a fin de reducir la competencia alimentaria y evitar que se desprendan de los postes y caigan sobre el fondo, siendo trasplantados a los *bouchots* de engorde más próximos a la costa, tarea que se lleva a cabo en los meses de julio a diciembre.

La semilla es rascada de los postes colectores mediante unos cestos de red de malla metálica, con armadura de hierro y provistos de un largo mango. Hasta hace pocos años los jóvenes mejillones eran trasplantados a los *bouchots* de mantenimiento en unas pequeñas bolsas de red fina de algodón (FIELD, 1922; ANDREU, 1968), pero en la actualidad, con la desaparición de los clásicos entramados, la cría es colocada en el interior de redes tubulares, de unos 12 cm de diámetro, que luego son arrolladas en torno a los postes de mantenimiento (DARDIGNAC-CORBEIL, 1975), lo que facilita enormemente las tareas de cultivo. Los mejillones se fijan rápidamente en los trasplantes que se llevan a cabo hasta finales de agosto, por lo que la red utilizada es de algodón, de 22 mm. de malla, que se destruye rápidamente, mientras que en los trasplantes posteriores se utilizan redes de fibras de nylon, más caras pero imputrescibles, impidiendo que los mejillones, que se fijan muy mal, se desprendan y caigan sobre el fondo. Los 30 a 50 cm. de la parte inferior de los postes no es utilizada, por lo que la longitud útil de cada poste se limita a 1'5 - 2'5 m.

Cada poste es cosechado en varias etapas. Cuando han sido separados los últimos mejillones se procede a la limpieza, rascando la superficie, con lo cual queda listo para la próxima fijación de semilla o para la colocación de una nueva red tubular con cría.

A medida que los mejillones son trasplantados a niveles de marea más altos se van habituando gradualmente a permanecer cerrados durante los períodos de exposición al aire durante las bajamares, lo que facilita luego el transporte al mercado, permaneciendo en buen estado durante más tiempo (CALDERWOOD, 1895).

El ritmo de crecimiento varía mucho de unos años a otros, dependiendo también de la calidad de las zonas de cultivo. En el Pertús Bretón, los mejillones nacidos en el año, tienen en junio una talla inferior a un centímetro, alcanzando, un año más tarde, entre 35 y 50 mm, a veces más (FIELD, 1922; LAMBERT, 1939; ANDREU, 1968; MASON, 1972; DARDIGNAC-CORBEIL, 1975). Son cosechados y destinados a la venta a partir del primero de mayo del año siguiente a su

fijación, si han permanecido en los postes colectores, o a partir de julio si lo han sido en los *bouchots* de mantenimiento (DARDIGNAC-CORBEIL 1975).

La mayoría de los cultivadores de la bahía de Aiguillon utilizan, durante los períodos de bajamar, pequeñas embarcaciones de fondo plano, que se deslizan con facilidad sobre el fondo impulsados con el pie por uno de los costados cuando están en seco, o con ayuda de remos si están a flote. En otras regiones se utilizan pequeñas embarcaciones con motor fuera borda y aún de mayor porte, cuando los cultivadores han de realizar largos desplazamientos.

Después de la recolección los mejillones son seleccionados y lavados, tarea que puede hacerse en tierra o a bordo de una embarcación, utilizando separadores mecánicos o parrillas manuales, siendo almacenados cerca de la costa en grandes recipientes de madera o de cemento, accesibles durante los períodos de bajamares muertas, haciendo posible el suministro regular del mercado, cuando los *bouchots* permanecen todo el tiempo cubiertos por el agua (LAMBERT, 1939; AUDOUIN, 1954; DARDIGNAC-CORBEIL, 1975).

La expedición al mercado se lleva a cabo en los meses de mayo-junio a febrero, en sacos de 25 Kgr. Es cuando, fuera del período de reproducción, los mejillones, con una longitud de 40 a 60 mm y 12 a 20 meses de edad, están más llenos.

Los rendimientos son extraordinariamente variables, dependiendo de las características del área de cultivo, densidad de los *bouchots*, productividad de las aguas, incidencias climáticas, etc, algunas de las cuales son distintas de unos años a otros, aumentando o disminuyendo la producción. Según DARDIGNAC-CORBEIL (1975) un poste puede producir entre 15 y 40 Kg de mejillones comerciales, aunque en el Pertús Bretón lo normal son 25 Kg. El rendimiento medio anual por metro de *bouchot* lo estima, la autora antes mencionada, en 40 Kg, considerando que una familia de 4 personas necesita para vivir entre 2 y 3 Km de *bouchots*.

La mayoría de los cultivos en empalizada franceses están organizados en plan familiar. Una familia típica dispone de 10.000 a 25.000 postes, en terrenos que pertenecen al estado y que son concedidos a los cultivadores por períodos renovables de 25 años (MASON, 1972).

La ventaja principal del cultivo en empalizada, según MASON (1972), es que los mejillones están menos expuestos a los depredadores que habitan sobre el fondo, y el mayor inconveniente, que los moluscos quedan expuestos al aire en bajamar, especialmente en las grandes mareas, reduciendo el

tiempo hábil para la alimentación, por lo que el crecimiento y engorde no es tan satisfactorio como en los casos en que los mejillones permanecen sumergidos todo el tiempo.

En opinión de RYTHER (1968) parecen existir pocas perspectivas para que la producción por este método experimente un gran incremento en Francia, a causa de que la mayoría de las áreas apropiadas se encuentran ya en explotación, especialmente en la bahía de Aiguillon. La demanda del mercado francés es tan elevada que tendrán que continuar siendo importadas, como hasta ahora, grandes cantidades de mejillones, especialmente de España y Holanda (MASON, 1972).

### Cultivo sobre el fondo

Aunque es practicado en gran número de países europeos, el cultivo sobre el fondo donde ha alcanzado mayor desarrollo ha sido en Holanda, en el cual se utiliza en gran escala (LAMBERT, 1951; HAVINGA, 1956, 1964; KORRINGA, 1970).

A mediados del siglo XIX, la industria holandesa advirtió que la cría de mejillón se fijaba frecuentemente en áreas en las cuales la supervivencia, crecimiento y engorde, eran pobres, lo que movió a los mariscadores a la realización de trasplantes experimentales de esta semilla a zonas más apropiadas (KORRINGA, 1970). Hasta 1930 los parques holandeses cubrían una superficie de unas 12.000 Ha (HINNARD, 1930). Debido a las limitaciones impuestas por el plan Delta, se pensó en intensificar la producción en el norte del país. En los años anteriores a 1950 toda la producción comercial de mejillones para consumo humano, que oscilaba entre 80.000 y 90.000 Tm, procedía de aguas de Zeeland. A consecuencia de la rápida propagación del parásito intestinal *Mytilicola intestinalis* en dicha área, la producción fue reducida a un 70 % al objeto de limitar su difusión (KORRINGA, 1970). Se pensó en intensificar el cultivo en los fondos de Waddensee en los cuales, según estimaciones de HAVINGA (1956), la producción podía alcanzar alrededor de 100.000 Tm anuales. Hasta entonces, venía siendo entre 500 y 1.000 Tm de mejillones por año. La industria volvió a crecer de nuevo, de tal manera, que la producción ha alcanzado las 113.000 Tm anuales (FAO, 1973) de las cuales el 70% procede de Waddensee. Las pérdidas derivadas de la inutilización de los parques de cultivo de Zeeland, que se producirán con motivo del cierre del Oosterchelde (Escalda Oriental), podrían ser compensadas con creces en Waddensee, pero se tropieza con la sistemática oposición de los pescadores del camarón, que vienen operando tradicionalmente en dicha zona

(KORRINGA, 1974).

El fundamento de esta modalidad de cultivo consiste en trasplantar los mejillones jóvenes desde las áreas de gran abundancia, de crecimiento pobre a causa del hacinamiento, a otras que aseguren el crecimiento adecuado (LAMBERT, 1951; HAVINGA, 1956, 1964; KORRINGA, 1970). El material más apropiado para el trasplante son los mejillones jóvenes con los bordes de la concha afilados, a fin de no correr el riesgo de incluir mejillones viejos, que han crecido con lentitud. Estos poseen la concha más rugosa y el borde más o menos curvado. El trasplante ha de hacerse tan rápidamente como sea posible, en aguas protegidas, tranquilas, a fin de evitar que los mejillones sean arrastrados por la corriente, antes de que se hayan podido fijar sobre los fondos.

Waddensee se encuentra protegido de los temporales del mar del Norte por una hilera de islas. La parte oeste, de fondos poco profundos, con un substrato constituido por fango y arena, queda en seco durante las bajamares, disponiendo de anchos y profundos canales por los cuales circulan las corrientes de marea. La oscilación media de marea es sólo de 1,5 m. Se trata de una zona altamente productiva, con bentos rico, reuniendo condiciones favorables para el crecimiento y engorde de los mejillones. El agua, muy turbia, tiene un contenido de 25 mg de peso seco por litro, de los cuales el 12 % es materia orgánica (VERWEY, 1952). Los materiales nutritivos proceden del mar del Norte. El agua procedente del lago Yssel reduce la salinidad, que alcanza valores hasta del 5 por mil por debajo de la del mar del Norte. Durante el verano, la temperatura del agua de Waddensee suele ser de unos 3° C más elevada que la del adyacente mar del Norte, lo que favorece el crecimiento de los mejillones. Durante el invierno puede descender unos 4° C por debajo de la observada en el mar abierto (HAVINGA, 1956) lo que viene a ejercer un efecto adverso en el crecimiento, que puede verse retardado o detenido.

Al contrario de lo que sucede con el cultivo de la ostra, el del mejillón depende en gran parte de la producción natural de cría, la cual ha mostrado a veces, inquietantes oscilaciones, llegando a ser poco satisfactoria (KORRINGA, 1950). En ocasiones, los cultivadores holandeses han tenido que recurrir a la importación de mejillones de pequeño tamaño procedente de las escolleras de Bélgica (KORRINGA, 1957). Se fija tanto en los niveles que no descubren con las mareas como en los sujetos a emersión. Los procedentes de niveles altos poseen conchas más gruesas y resistentes, motivo por el cual son preferidos por los cultivadores a causa de que no son presa fácil para los cangrejos;

la abundancia de hidrozoos (*Sertularia*, etc) sobre las conchas colectoras y otros objetos de satisfacción para los mitilicultores, porque saben que allí puede desarrollarse una piña de semilla de mejillón (KORRINGA, 1974).

En el mar holandés de Waden la cría de mejillón se fija principalmente en primavera. Algunos años se forman densos bancos de mejillones que cubren el fondo en varias hectáreas. Menos intensamente se fija también, por debajo del nivel de mareas, a lo largo de las laderas de los canales. En los lugares más profundos, en los que las corrientes proporcionan abundante alimento, los mejillones pueden crecer y engordar bien y son, cuando han alcanzado el tamaño comercial, cosechados mediante dragas desprovistas de dientes. Por el contrario, las demás poblaciones de mejillones, que ocupan fondos que permanecen en seco en la bajamar, ven restringido su tiempo para la alimentación, crecen pobremente y aún después de varios años, no rebasan los 3 a 4 cm de longitud (HAVINGA, 1956).

Cada cultivador dispone de uno o más parques de 5 a 10 Ha, por las que paga las correspondientes tasas al Estado. Se encuentran formando hileras, con sus ejes mayores en ángulo recto respecto a los canales.

La cría de mejillones que, como dijimos, se ha fijado en primavera, es recogida mediante dragados, en los fondos de dominio público, en el otoño o primavera siguientes, cuando los moluscos miden entre 13 y 25 mm, siendo sembrados en los parques de cultivo, cuidando que la cría quede regularmente repartida y con la densidad apropiada.

Hacia finales de su tercer verano, cuando cuentan con dos años y medio de vida, alcanzan alrededor de 65 mm de longitud, lo que permite su comercialización (HAVINGA, 1964). Sin embargo en los fondos más profundos, alcanzan 55 mm en sólo dos estaciones de crecimiento, estando dispuestos para la venta en el siguiente invierno (HAVINGA, 1956). A medida que los mejillones aumentan de tamaño tienen que ser esclarecidos, reduciendo su densidad en los parques, al objeto de facilitar el crecimiento.

La cría puede ser sembrada inicialmente en fondos someros, en los que comenzará a crecer, realizando un trasplante posterior, a fondos más profundos, para su engorda (HAVINGA, 1956). Cuando aparece una acusada inhibición del crecimiento, el cultivador puede ocasionalmente prescindir del trasplante, manteniendo una densidad elevada, con el fin de asegurarse una reserva de mejillones de media cría. Cuando los necesita, bien los aclaran, reduciendo su densidad, o los trasplantan a otros parques (HAVINGA, 1964; IVERSEN,

1968).

Cuando han alcanzado la talla comercial y están listos para el mercado, son cosechados mediante dragas y almacenados, formando gruesas capas, en áreas de débil movimiento de marea, libre de arrastres de arena, en donde permanecen 48 horas, de manera que se liberen del fango por sí solos (LAMBERT, 1951; HAVINGA, 1964), pudiendo permanecer almacenados hasta el momento requerido. De aquí, dragados de nuevo, son expedidos a factorías altamente mecanizadas para la separación, ya que los mejillones se encuentran formando grupos compactos, adheridos unos a otros por medio del órgano de fijación o biso, clasificados por tamaños y envasados. Más del 90% de los mejillones holandeses se destinan a la exportación, bien sea en fresco o en conserva, principalmente a Bélgica y Francia (HAVINGA, 1964; IVERSEN, 1968).

Este método de cultivo sobre el fondo ha alcanzado en Holanda un alto grado de mecanización, con lo cual se ha incrementado la producción con la consiguiente reducción de los precios. Para las operaciones de cultivo son utilizados barcos de 15 ó 20 m y aún mayores, con un diseño adecuado para navegar en aguas someras. La capacidad de arrastre y alado mecánico de cuatro dragas de 1,8 m es de 40 Tm o más de mejillones por hora (WALNE, 1963). Entre otras adaptaciones, el casco de los barcos posee una cavidad, de costados móviles, con objeto de facilitar el trasplante de los mejillones a medida que navegan sobre los parques de cultivo y un falso fondo, que se puede levantar, cuando los mejillones han sido descargados (HAVINGA, 1968). Según HAVINGA (1968) 200 o más de estas embargaciones son utilizadas por la industria mejillonera holandesa.

Esta modalidad es la única que practica a escala industrial en Gran Bretaña (MASON, 1972), habiendo sido aplicada también, en pequeña escala, en Irlanda (MEANEY, 1970). En España, que tenía éxito en fondos abrigados del límite inferior de las mareas equinocciales, en algunas rías gallegas, ha sido prácticamente abandonado debido a la creciente competencia del mejillón cultivado en parques flotantes, aunque nunca pasó de ser una industria artesanal, en la que las operaciones eran manuales.

La principal ventaja del cultivo sobre el fondo, según MASON (1972) es que los mejillones permanecen sumergidos la mayor parte o todo el tiempo, por lo que pueden alimentarse mejor que aquellos que quedan expuestos al aire durante las bajamares, como sucede en el cultivo en empalizada, ventaja que se alcanza plenamente en los parques flotantes, en los cuales los moluscos están

permanentemente sumergidos. Además es posible aplicar un alto grado de mecanización, lo que representa una ventaja sobre los otros dos métodos citados. El principal inconveniente es que los mejillones están más expuestos a los predadores que viven en el fondo, son más vulnerables al parásito *Mytilicola* y quedan cubiertos de lodo, siendo frecuente que el intestino de los moluscos contenga partículas minerales, aspecto que resta calidad comercial.

### Cultivo sobre cuerdas colgantes

El cultivo sobre cuerdas colgantes, como ya indicamos, ofrece dos modalidades que, en cada caso, vienen condicionadas por el perfil del fondo, la magnitud del coeficiente de marea y la profundidad, a parte del mayor o menor grado de protección que exista frente a los temporales. En orden a estas exigencias los parques pueden ser *fijos* o *flotantes*. Los primeros suelen ser instalados en aguas poco profundas, de lecho suave y escaso coeficiente de marea. Los segundos, además de aguas abrigadas, independientemente de la naturaleza del fondo, requieren mayor profundidad.

El cultivo sobre cuerdas tiene las ventajas del máximo aprovechamiento del espacio, utilización óptima del agua que baña los mejillones y por lo tanto de las disponibilidades alimentarias (plankton y detritos) y, muy particularmente, imposibilidad de acceso de buena parte de los depredadores. Entre los inconvenientes hay que señalar que ambos métodos, además de instalaciones especiales, requieren más mano de obra que los anteriores.

### Parques fijos

Como ya hemos indicado, el cultivo del mejillón sobre cuerdas, en instalaciones fijas, es utilizado por lo general en aguas someras, con escasa oscilación de mareas y suave declive del fondo.

Se viene practicando, desde hace muchos años, en las costas europeas del Mediterráneo: sur de Francia, Italia, España y Yugoslavia, constituyendo prósperas industrias en algunos de estos países.

En general se utiliza cría procedente de los bancos naturales fija en las rocas del litoral, que es colocada sobre las cuerdas con ayuda de redes viejas, bolsas de malla u otros materiales, hasta que los mejillones se adhieren por sus propios medios. A veces la semilla se obtiene en cuerdas colectoras, situadas horizontalmente.

Como ejemplo de esta modalidad de cultivo nos referiremos a la seguida en el estanque de Thau (sur de Francia), pequeño mar interior de 7.000

hectáreas y 11 Km de longitud, conectado con el Mediterráneo por un estrecho canal y que posee una elevada producción primaria. Entre Bouziques y Mèze se dedican al cultivo unas 150 hectáreas, repartidas entre 380 concesionarios, con una producción de 12.000 Tm/ anuales de mejillón de gran tamaño y excelente calidad, muy apreciado en Francia (LAVABRE-BERTRAND, 1954). Los emparrillados de madera, de los que se suspenden las cuerdas, están armados sobre los extremos de la parte emergente de sucesivas parejas de carriles viejos clavados sobre el fondo. Los parques, de forma alargada, dejan entre si vías navegables para el traslado del material y las operaciones de cultivo, que se hace desde pequeñas embarcaciones. La semilla es colocada en pequeñas bolsas de malla, fabricadas con este fin, que se sitúan entre las cuerdas, formadas por tres guías unidas a intervalos entre si. Los jóvenes mejillones no tardan en fijarse, destruyéndose la red en poco tiempo.

Constituye una floreciente industria en los fértiles lagos próximos a Nápoles (Italia), conectados con el mar mediante pequeños canales, en los que el sustrato, muy lodoso, impide el cultivo sobre el fondo. En el lago Fúsarò, con una profundidad de 3 a 4 m, los mejillones crecen mucho más deprisa que en el mar abierto, debido a la mayor abundancia de plancton, bajo contenido de lodo y moderada acción del oleaje (SACCHI y RENZONI, 1962). Los pequeños mejillones de las rocas del litoral, en mar abierto, que miden de 2 a 3 cm de longitud, procedentes de la puesta de primavera, son sembrados en septiembre en las cuerdas de cultivo que son suspendidas a continuación en los emparrillados de madera instalados en el lago (RENZONI y SACCHI, 1961; SACCHI y RENZONI, 1962). En los meses invernales el crecimiento es lento, activándose en marzo, hasta junio, en que los mejillones son cosechados con una longitud de 70 mm. De julio a septiembre la salinidad se eleva a 36-38 por mil y la temperatura a más de 30° C. con lo que se produce gran destrucción del plankton y del bentos y una drástica reducción del contenido en oxígeno, condiciones que los mejillones no podrían superar, por lo que han de ser cosechados a finales de junio (SACCHI y RENZONI, 1962).

El crecimiento es también muy bueno en el estanque de Thau. En Tolon (Francia) alcanzan 60-70 mm en 15 meses a dos años (LAMBERT, 1939) y en la bahía de Pula (Yugoslavia), 70-80 mm en 15 a 18 meses (LUBET, 1961).

### Parques flotantes

Los parques flotantes se distinguen de los

fijos en que el emparrillado, del que van suspendidas las cuerdas, queda unido a uno o varios *elementos de flotación*. Cada parque, batea o mejillonera, queda fondeada mediante una o dos gruesas cadenas de hierro que van de la proa de la batea en el primer caso y de ambos extremos de la misma en el segundo, a uno o dos pesados "muertos" de hormigón, de varias toneladas.

En España, el cultivo del mejillón sobre cuerdas colgantes se inició en Tarragona en el año 1901, extendiéndose a Barcelona en 1909, habiendo sido inspirado en los métodos que, desde antiguo, se venían practicando en Italia y Francia en instalaciones fijas. En Galicia, las primeras experiencias tuvieron lugar en el año 1946. Diez años más tarde existían en las rías gallegas 400 parques flotantes, rebasando en la actualidad los tres millares. Dos tercios de estas bateas (2.056) se encuentran fondeadas en la ría de Arosa, la más productiva, siguiéndole en importancia las de Vigo (507), Pontevedra (360) Betanzos (107) y Muros (55); las demás rías tienen instaladas menos de 11 bateas.

Más del 95% del mejillón cultivado en España procede de las rías gallegas que, como veremos, reúnen condiciones excepcionales para el cultivo de este molusco, que se está llevando a cabo con un éxito sin precedentes en la historia de la Acuicultura, lo que ha contribuido a que, en los últimos años, carca de un centenar de investigadores de todas las partes del mundo, hayan visitado el Instituto de Investigaciones Pesqueras, en Vigo y en Barcelona, interesados en este método.

En lo que respecta a Europa se han llevado a cabo experiencias de cultivo a flote en las costas Atlánticas de Francia (BRIENNE, 1960; MARTEIL, 1961), en el fiordo noruego de Oslo (BOHLE y WIBORG, 1967; BOHLE, 1970), en las costas occidentales de Escocia (MASON, 1968, 1969, 1971, 1972) y en Irlanda (EDWARDS, 1968). Los resultados han sido realmente esperanzadores, especialmente en el oeste de Escocia y en el fiordo de Oslo, aunque no tan favorables como en las rías gallegas españolas, estando pendientes de la realización de instalaciones industriales, aunque el elevado costo de la mano de obra en estos países, junto a la agresividad de las condiciones ambientales durante el invierno (2 a 5°C. en las aguas de Escocia y de 0 a 5°C. en las del fiordo de Oslo), pueden constituir un poderoso freno a la iniciativa privada.

Las rías gallegas son valles sumergidos, invadidos por el mar, con una longitud de hasta 25 Km, 3 a 12 Km de anchura y una profundidad máxima de 60 m. Existen abundantes y amplias playas, que alternan con rocas acantiladas, ordinariamente graníticas, que sirven de soporte a las poblaciones naturales de mejillón. Las aguas de las rías

son prácticamente oceánicas, con una salinidad de alrededor del 35 por mil, aunque durante las estaciones lluviosas se producen marcados descensos, que afectan especialmente a las capas superficiales, hasta 2-3m de profundidad. La temperatura del agua varía, a lo largo del año, entre 9° y 21°C. Según FRAGA (1967) el agua permanece estratificada la mayor parte del año; durante los períodos de homotermia (de noviembre a marzo) tiene lugar una intensa mezcla vertical. La oscilación máxima de mareas es de 4 m. Las corrientes de marea alcanzan un máximo de 50 cm por segundo, pero las debidas al viento pueden ser de hasta 91 cm por segundo; entre 10 y 30 m de profundidad, de 8 a 57 cm por segundo (CADÉE, 1968). La producción primaria (FRAGA, com. pers.) varía entre 0'07 y 7'6 g de carbono por metro cuadrado y día o expresado con referencia al volumen de agua, entre 1'1 y 61'6  $\mu\text{g}/\text{C}/1/\text{h}$ , siendo la media anual de 10'5  $\mu\text{g}/\text{C}/1/\text{h}$ . La producción primaria, en términos generales, es 3-4 veces mayor en las aguas del interior que en las de la boca, en comunicación directa con el mar (VIVES y FRAGA, 1961), manteniéndose alta la mayor parte del año, a través de sucesivas cosechas de fitoplancton, lo que permite que los mejillones estén perfectamente alimentados durante todo el tiempo, a excepción de los primeros meses invernales.

La superficie total de la ría de Arosa — la mayor de todas — es de 230Km<sup>2</sup> (CADÉE, 1968) y la de Vigo — que le sigue en magnitud — 183 Km<sup>2</sup> (SAIZ et al., 1957). Sin embargo, sólo una pequeña parte de estas superficies — las más abrigadas y relativamente menos profundas — son utilizadas para el cultivo del mejillón.

Los mejillones cultivados procedentes de la puesta de otoño adquieren la mayoría de ellos el tamaño comercial (80 a 90 mm) al año de haber sido sembrados (longitud inicial de la semilla, 8-9 mm), mientras que los de la puesta de primavera tardan año y medio en alcanzar un tamaño similar (ANDREU, 1958, 1970). El ritmo de crecimiento no se interrumpe durante el invierno, siendo especialmente intenso en los meses de abril a octubre. El mayor peso medio de los mejillones desconchados se alcanza en los meses de agosto a diciembre (ANDREU, 1963).

*Las características de los parques flotantes* son muy diversas, desde la adaptación de embarcaciones viejas, en desuso, hasta los más modernos, ligeros, duraderos y estancos. Constan de un sistema de flotación, el emparrillado, la cadena de fondeo, el lastre o bloque de amarre. Algunos de ellos van provistos de un cobertizo para las operaciones de cultivo, aunque éstas, a veces, se realizan en

en tierra firme.

El sistema de flotación está constituido por uno a seis flotadores, que pueden ser de varios modelos y contruídos com materiales diversos. Si es único, ordinariamente tiene forma paralelepédica, de 10-20m de largo, por 4-6 de ancho y 2 de altura. Cuando son cuatro miden 2'5 x 2'5 x 1'90 m, aunque los hay de todos los tamaños. Estas medidas se refieren a flotadores de madera, que son los más comunmente utilizados. Los esquinales, roda y cuadernas son de roble; la quilla, sobrequilla, baos, puntales, palos y pivotes, de eucalipto y los forros, de madera de pino (CANEL, 1968). La parte externa, sumergida, del flotador, va protegida por una delgada capa de cemento; para facilitar la adherencia del cemento se colocan, longitudinalmente, una serie de listoncillos — separados entre si — y sobre ellos y el casco se clava tela metálica galvanizada. En el caso de flotadores múltiples, se han estado utilizando como recubrimiento, fibras de vidrio trabadas con productos sintéticos. Con este sistema se logra mayor estanqueidad, pero en ambos casos se obtiene la adecuada protección frente a los organismos perforadores de la madera (*Teredo* y *Limnoria* fundamentalmente). Los flotadores de madera revestidos de cemento tienen una duración de 10-20 años, aunque algunos llevan fondeados más de 20.

Señalábamos en 1968 que el sistema de flotación ideal sería aquel que ofreciera menos resistencia al oleaje y a las corrientes de marea y de poco puntal, para reducir al mínimo la influencia del viento, haciendo uso de los modernos materiales ligeros (plásticos expandidos) con los que se podrían construir una serie de elementos de flotación estrechos y altos, tan largos como la parrilla, con lo cual se evitarían los espacios muertos, ocupados actualmente por los flotadores clásicos.

La compañía española POLIGASA acaba de patentar un diseño que elimina el compartimento estanco central, con lo cual, toda la parrilla es útil para suspender cuerdas de cultivo (GILES, 1975). La nueva batea comprende una parrilla montada sobre flotadores en forma de vigas cilíndricas, de poliéster reforzado, rellenas de poliuretano expandido, sobre el que va instalado el entramado de la parrilla, de 15 x 25 m (375 m<sup>2</sup>), contruído con vigas huecas del mismo material. Tiene capacidad para 800 cuerdas de cultivo de 8 a 10 m.

Por otro lado, la firma RODMAN, S.A., también de Vigo, ha patentado otro modelo de batea que consta de cuatro o más flotadores esféricos, contruídos por moldeo de contacto, a base de poliéster y tejidos especiales y fibra de vidrio. Ofrecen menor superficie a las incrustaciones y la limpieza puede hacerse desde la misma batea, evi-

tando las varadas en tierra firme. Su resistencia a la circulación del agua es pequeña. La parrilla está formada por vigas y perfiles de acero naval, protegida contra la oxidación, con una superficie útil del 87% y capaz de soportar el peso de 80 a 100 Tm de mejillones sumergidos. El anclaje puede hacerse, en forma de estrella, en varios puntos de la parrilla.

El emparrillado de las bateas clásicas, suele ser de 18 x 18 m y está contruído por listones de eucalipto, separados entre si alrededor de 50 cm, que se apoyan sobre robustas vigas, también de eucalipto, sólidamente sujetas, con pernos, al flotador o flotadores. El emparrillado debe quedar a suficiente altura, con objeto de que, en los días de temporal, con el balanceo de la batea, los bordes de aquel no se introduzcan en el agua. Para dar mayor robustez al emparrillado y evitar que se curve bajo el peso de las cuerdas, se utilizan tirantes de acero que van desde los extremos de las vigas transversales hasta las cabezas de los palos o puntales verticales que salen de la línea media o de los costados del flotador.

Con varios flotadores se obtiene un mejor reparto de la carga, no hacen falta los tirantes de acero y se consigue mejor flotabilidad pero, en contrapartida, los temporales suelen producir más averías a causa de la menor solidez del sistema de unión de las vigas con los flotadores.

El fondeo de las bateas se consigue mediante una gruesa cadena de desguace de unos 30 mm de grosor con una longitud de seis a siete veces superior a la profundidad, con objeto de que amortigüe los tirones bruscos debidos al viento y a los temporales. Va unida a un pesado muerto de hormigón, de forma prismática, de 6 o más toneladas. En el caso de doble fondeo, se utilizan dos cadenas y dos muertos, uno por la proa y otro por la popa.

Las cuerdas de cultivo, hasta hace pocos años, eran de esparto o de nylon, de longitud variable, de acuerdo con la profundidad, oscilando de ordinario entre 3 y 12 m. Las de esparto, de 3 cm de diámetro, para aumentar su resistencia y duración, se impregnaban en caliente, con brea de hulla, tratamiento que si se repetía periódicamente prolongaba su uso hasta 10 años. Las de nylon eran de diámetro variable, desde 1'5 cm (ANDREU, 1968). Las que se utilizan en la actualidad, están fabricadas con restos de fibras sintéticas, con lo que se consiguen características filamentosas muy similares a las de las cuerdas tradicionales, con la ventaja de su mayor duración (FIGUERAS, 1976). Las cuerdas terminan en sendas asas que facilitan las tareas de cultivo, siendo suspendidas de una de ellas, por debajo de la superficie del agua, mediante un cabo o rabiza, más delgado, que suele



ser de nylon y otros materiales. Cada 30 cm las cuerdas llevan atravesados listones de madera, llamados *palillos*, de 30-40 cm de longitud y 2 cm de lado, con los que se impide que los mejillones puedan deslizarse y caer sobre el fondo con los tirones que se producen en los períodos de mal tiempo.

Cada batea venía a tener un promedio de 600 cuerdas de cultivo, y eran frecuentes las de 400 y las de 1.000, llegando, las de mayor porte, hasta las 1.500 (ANDREU, 1968). En la actualidad, el número medio es de 750 (FIGUERAS, 1976). La densidad de las cuerdas y la cantidad de mejillones por cuerda, ha de guardar relación con la producción primaria de las aguas, el flujo de las corrientes y el grado de concentración y disposición de las mejilloneras. Si los parques de cultivo, en vez de estar instalados escalonadamente frente a las corrientes dominantes, lo están en fila, la competencia alimentaria será mucho mayor, lo que redundará en perjuicio del rendimiento.

Si la siembra y el trasplante (*desdoble*) se hacen con una cantidad moderada de mejillones, se consiguen moluscos comerciales de mejor calidad y se ahorra mano de obra, evitando un segundo trasplante.

Las rías gallegas ofrecen condiciones óptimas para la fijación de semilla ya que, además del semi-confinamiento de sus aguas, la naturaleza rocosa de buena parte de sus márgenes hace que su superficie actúe como amplísimos colectores naturales. Esto permitió, en los comienzos, la rápida propagación de los parques de cultivo, puesto que los mitilicultores disponían de cría natural más que suficiente para atender las necesidades de las primeras instalaciones. Cuando el número de bateas fue creciendo, los cultivadores empezaron a alarmarse pensando que no habría semilla suficiente para todos, muy particularmente los mitilicultores catalanes, que se abastecían de cría de mejillón de las rías gallegas. Fue cuando realizamos ensayos con cuerdas colectoras (ANDREU, 1954), con un resultado tan extraordinario, que su uso se generalizó rápidamente. Suspendingo cuerdas vacías a mediados de abril, dos meses más tarde aparecen cubiertas de cría de mejillón de 5 a 10 mm de longitud, dispuesta a ser trasplantada, en los desdobles, a las cuerdas de crecimiento y engorde, cuando aquéllos miden de 35 a 40 mm (ANDREU, 1957).

Nos estamos refiriendo a la puesta masiva, la más importante del año, que tiene lugar en primavera, porque puestas parciales, de menor cuantía, se producen a lo largo de casi todo el año, especialmente acusadas, con tiempo favorable, en otoño. Es curioso que mientras la puesta de otoño da lugar a la fijación abundante de semilla en las rocas

del litoral, ésta no se produce en las cuerdas colectoras, sino que, a lo más, lo hace en la parte superior de las cuerdas de cultivo que queda inmediatamente por debajo de la superficie del agua.

Esta abundancia extraordinaria de cría obliga frecuentemente a los cultivadores gallegos a laboriosos trabajos de limpieza, e incluso al desdoble prematuro de las cuerdas, lo que contrasta con la ansiedad que sufren los cultivadores de otros países europeos con el problema de la obtención de semilla.

Las primitivas cuerdas de esparto que se venían utilizando para la fijación de semilla, han sido reemplazadas por *cuerdas blancas*, redes viejas estiradas, preferiblemente de hilo grueso, provistas también de palillos (FIGUERAS, 1976).

Es muy solicitada, sin embargo, la semilla de puesta de otoño que se recoge, en grandes cantidades durante los meses de enero y febrero en los cantiles y escolleras de la costa, especialmente en las islas situadas en las proximidades de las bocas de las rías, constituyendo una fuente extraordinaria de cría de excelente calidad.

*Las operaciones de siembra y de trasplante* se realizan habitualmente en los propios parques, dotados de cobertizo; con menos frecuencia en tierra. Las cuerdas son tensadas sobre cubierta, a 1'20-1'30 m del suelo, entre dos ganchos situados convenientemente, uno de ellos provisto de polipasto. La cría, o las piñas de mejillones de media cría, se colocan en el interior de cajones provistos de patas con ruedas, de manera que pueden ser desplazados con el pie del operario, por debajo de la cuerda, de un extremo a otro de la misma. Con una mano se mantiene un puñado de mejillones junto a la cuerda, mientras con la otra se los envuelve, en forma de espiral, con ayuda de una red especial. Acabada esta operación se repasan las cuerdas con una nueva capa de red, a fin de evitar que los mejillones se desprendan durante el trasiego y colocación de las cuerdas.

Al principio las siembras y trasplantes se realizaban con ayuda de tiras de redes viejas de algodón, de las utilizadas en la pesca de la sardina pero, desde hace años, la casa GIRO Hnos. de Badalona, fabrica unas redes especiales, de rayón y de algodón, de 20 cm de anchura y 100 ó 200 m de longitud, que dan excelente resultado. De esta forma los mejillones se mantienen recubriendo la cuerda, durante el período de tiempo necesario para que se fijen por sus propios medios. Cuando los mejillones forman piñas compactas, la *redcilla* puede ser reemplazada por un simple cordel.

Con miras a sustituir las cuerdas clásicas de cultivo y la banda de red envolvente, se ha patentado en España un procedimiento consistente en

una red tubular de material sintético, que se mantiene más o menos laxa según la cantidad y tamaño de los mejillones que se introducen en la misma (FIGUERAS, 1976). Es diferente de la patente noruega, ensayada con éxito por BOHLE (1970) y seguramente distinta también de la utilizada por los franceses en el cultivo en empalizada, pero en Galicia su uso todavía no se ha generalizado.

La recolección es muy sencilla: las cuerdas de mejillón comercial son retiradas del agua a mano, con ayuda de una pluma o mediante un cesto basculante de plástico, reforzado; dicho cesto, accionado por una maquinilla, recoge la cuerda de abajo a arriba, situándola sobre cubierta. Bastan unas fuertes sacudidas, practicadas desde uno de los extremos, para que la totalidad de los mejillones se desprendan. Los de tamaño comercial, de más de 8 cm de longitud, se separan a mano, o mecánicamente, se lavan con agua de mar y se disponen en sacos apropiados para la expedición, en el caso de que se dediquen a la fabricación de conservas. Si son para consumo fresco, habrán de pasar varios días sobre la playa, en la zona intermareal, para que adquieran al hábito de permanecer cerrados, condición indispensable para que, una vez depurados, puedan llegar al mercado con el agua intervalvar o, al menos, sin experimentar pérdidas por deshidratación.

Con las máquinas clasificadoras, si no están adecuadamente concebidas para este fin, se corre el riesgo de que, al separar los mejillones, sean arrancados desde la base los órganos de fijación, lo que representa un serio trastorno para el animal, que quizás no pueda superar en las nuevas condiciones que les esperan en la playa, en las estaciones de depuración y durante el transporte al mercado.

La producción anual por batea puede estimarse en 60 Tm, cifra que coincide con la producción por Ha, ya que es la superficie media que puede barrer cada mejillonera. (ANDREU, 1973; FIGUERAS, 1976).

#### BIBLIOGRAFIA

- AMENGUAL, J. - 1954. Algunos problemas de la miticultura española. *Ind. Pesq.* 654: 6-7.
- ANDREU, B. - 1954. Cultivos de moluscos. *Reun. sobre Product. y Pesquerías Inst. Inv. Pesq.*, 1: 39-42.
- ANDREU, B. - 1957. Sobre el cultivo del mejillón en Galicia. *Reun. sobre Product. y Pesquerías, Inst. Inv. Pesq.*, 3: 102-107.
- ANDREU, B. - 1958. Sobre el cultivo del mejillón en Galicia: Biología, crecimiento y producción. *Ind. Pesq. Vigo*, 745-746: 44-47.
- ANDREU, B. - 1963. El mejillón como primera materia para la conserva. *Inf. Conservera*, Valencia, 119-120: 404-410 (Trad. al inglés por *Fish. Res. Bd. Canada, Transl. Ser.*, 741: The mussel as raw material for canning, 1966: 15pp.).
- ANDREU, B. - 1968. The importance and possibilities of mussel culture. *Seminar on Possibilities and Problems of Fisheries Develop. in Southeast Asia*. German Found. Develop. Countr/FAO. Berlin: 364-377.
- ANDREU, B. - 1969. Methods in cultivation. En *Marine Biology*, ed by J. D. Costlow, Jr. Proceed. Fifth Interdisciplinary conf. N. Y. Gordon and Breach, Sc. Publish: 388-398.
- ANDREU, B. - 1973. Perspectivas de la acuicultura marina en España. *Inf. Téc. del Inst. Inv. Pesq.*, 9: 47 pp.
- AUDOUIN, J. - 1954. La mytiliculture en baie de l'Aiguillon. *Sc. et Pêche. Bull. Inst. Pêches marit.*, 16: 7-10.
- BOHLE, B. - 1970. Forsok med dyrking av blaskjell (*Mytilus edulis* L) ved overføring av yngel til nettingstromper (Experiments with cultivation of mussels by transplantation spat to net bags). *Fiskets Gang*, 56 (13-14): 267-271.
- BOHLE, B. y K. F. WIBORG. - 1967. Forsok med dyrking av blaskjell. *Fiskets Gang*, 53 (24): 391-395.
- BRIENNE, H. - 1960. Essai de culture de moules sur cordes dans le Pertuis Breton. *Sc. et Pêche. Bull. Inst. Pêches Marit.*, 83-84: 4 pp.
- CADEE, G. C. - 1968. Molluscan bioceonoses and thenatocoenoses in the ria de Arosa, Galician, Spain. *Zoologische Verhandelingen*, Leiden, 95: 121 pp.
- CANEL, C. - 1968. Mejilloneras. *Rev. Ingeniería Naval*, Madrid, marzo: 1-7.
- CALDERWOOD, W. L. - 1895. *Mussel culture and Bait Supply*. Macmillan and Co. Londres. 121 pp.
- COLE, H. A. - 1956. *En Sea Fisheries, their Investigation in the United Kingdom* ed. by M. Graham, Edward Arnold (Publ.) Ltd, Londres: 139-206.
- DARDIGNAC-CORBELL, M<sup>a</sup> J. - 1975. La culture des moules sur bouchots. *Sc. et Pêche. Bull. Inst. Pêches marit.*, 244: 10 pp.
- EDWARDS, E. - 1968. *A review of mussel production by raft culture. Irish Sea Fish. Bd., Resource Record Paper*: 7 pp.
- FIELD, I. A. - 1922. Biology and economic importance of the sea mussel, *Mytilus edulis*. *Bull. U. S. Bur. Fish.*, 38: 127-260.
- FIGUERAS, A. - 1973. El cultivo del mejillón en España, su repercusión en la acuicultura mundial. *Ind. Pesq.*, Vigo, 1103-1104: 181-185.
- FIGUERAS, A. - 1976. Desarrollo actual del cultivo del mejillón (*Mytilus edulis* L) y posibilidades de expansión. *Conferencia Técnica de la FAO sobre Acuicultura*, Kyoto, Japón, 26 mayo-2 junio 1976 (mimeografiado).
- FRAGA, F. - 1967. Hidrografía de la ría de Vigo 1962, con especial referencia a los compuestos de nitrógeno. *Inv. Pesq.*, 31(1): 145-159.
- GILES, J. - 1975. Mussels, the Spanish success story, *World Fishing*, 24 (9): 31-33.
- HAVINGA, B. H. - 1956a. Mussel culture in the Dutch Waddensea. *Rapp. et Procverb. Reun. Cons. perm. intern. Expl. Mer*, 140 (3): 49-52.
- HAVINGA, B. H. - 1956. Preface Special Scientific Meeting oysters and Mussel Culture. *Rapp. et procverb. Reun. Cons. perm. int. Expl. Mer*, 140 (3): 5-6.
- HAVINGA, B. H. - 1964. Mussel culture. *Sea Frontiers*, 10 (3): 155-161.
- HINNARD, G. - 1930. Ostreiculture el Mytiliculture en

- Hollande et en Angleterre (Notes de mission). *Rev. des Trav. Off. Sc. et Tech. Pêches Mar.*, 3 (2): 187-208.
- HURLBURT, C. G. - 1974. Blue Gold. Mariculture of the edible blue mussel (*Mytilus edulis*) *Society for the advancement of Good Service Research*: 1-20.
- IVERSEN, E. S. - 1968. *Farming the Edge of the Sea*. Fishing News (Books) Ltd, Londres: 301 pp.
- KORRINGA, P. - 1950. De aanval van de parasiet *Mytilicola intestinalis* op de Zeeuwse Mosselcultuur. *Suppl. de Visserij-Nieuws*, 7: 7 pp.
- KORRINGA, P. - 1970. The basic principles of shell fish farming on the continental coast of Europe. *Proc. Symp. on Mollusca. Mar. Biol. Ass. India*: 818-823
- KORRINGA, P. - 1974. Implicaciones biotécnicas de los cultivos marinos a escala industrial. *Inf. Técn. Inst. Pesq.*, 14: 125-141.
- LAMBERT, L. - 1939. *La moule et la mytiliculture*. Ed. A. Guillot, Versailles: 55 pp.
- LAMBERT, L. - 1951. L'ostreiculture et la mytiliculture en Zélande (Pays-Bas) *Rev. Trav. Off. Sc. Tech. Pêches Mar.*, 16: 111-128.
- LARRALDE, J; C. RODRIGUEZ y J. BELLO. - 1965. Acerca de los coeficientes de transformación e índice de utilización proteica del *Mytilus edulis*. *Anales de Bromatología*, 17 (2): 239-247.
- LAVABRE-BERTRAND, J. - 1954. Les élevages de coquillages du bassin de Thau. *Bull. trim. du Centre Régional de la Productivité et des Etudes Economiques de Montpellier*, 4<sup>o</sup> trim: 15 pp.
- LUBET, P. E. - 1961. *Rapport au Gouvernement de la Yougoslavie sur l'ostreiculture et la Mytiliculture*. Programme élargi d'Assistance Technique, FAO, *Rapp.*, 1334: 55 pp.
- MARGALEF, R. - 1974. En Seminario Interdisciplinar de Acuicultura Marina. *Vigo. Inf. Técn. Inst. Inv. Pesq.*, 14:143.
- MARTELL, L. - 1961. Un essai de culture de moules sur cordes en Loire-Atlantique de 1959 a 1961.
- MASON, J. - 1968. Cultivation of mussels, *Mytilus edulis* L., in Scotland. *I.C.E.S. Fisheries Improvement Comm. Doc. E4*, (mimeografiado): 5pp.
- MASON, J. - 1969. Mussel raft trials succeed in Scotland. *World Fishing*, 18 (4): 22-24.
- MASON, J. - 1971. Mussel cultivation. *Underwater Journal*, 3 (2): 52-59.
- MASON, J. - 1972. The cultivation of the European Mussel, *Mytilus edulis*, Linnaeus. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.* 10: 437-460.
- MEANEY, R. A. - 1970. *Mussels in Ireland*. Irish Sea Fisheries Bd, Resource Development, Note, 12 pp.
- RENZONI, A y C. F. SACCHI. - 1961. Notes sur l'écologie de la moule (*Mytilus galloprovincialis* (Lam)) dans le lac Fusaro (Naples). *Rap. Proc-Verb. Reun. Com. Intern. Expl. Sc. Mer Médit.*, 16 (3): 811-814.
- RICHARDSON, I. D. - 1967. Which fish to farm?. *Hydrospace*, 1 (1): 72-76.
- RYTHER, J. H. - 1968. *The status and potential of aquaculture, particularly Invertebrate and algae culture*. Part. II. U. S. Dept. of Commerce. Nat. Bur. of Standards, 261 pp.
- RYTHER, J. H. - 1969. The potential of the estuary for shellfish production. *Proceed. Nat. Shellfisheries Ass.* 59: 18-22.
- SACCHI, C. F. y C. RENZONI. - 1962. L'écologie de *Mytilus galloprovincialis* (Lam) dans l'étang littoral du Fusaro et les rythmes annuels et nyctéméraux des facteurs environnants. *Publ. staz. zool. Napoli*, 32 suppl: 255-293.
- SAIZ, F; M. LOPEZ-BENITO y E. ANADON. - 1957. Estudio hidrográfico de la ría de Vigo. *Inv. Pesq.*, 8: 29-87.
- VERWEY, J. - 1952. On the ecology of distribution of cockle and mussel in the Dutch Wadden sea. Their role in sedimentation and the source of their food supply. With a short review of the feeding behaviour of bivalve mollusks. *Arch. néerl. Zool.*, 10 (2): 171-239.
- WALNE, P. R. - 1963. *En the better use of the world's fauna for Food. Symp. Int. Biol.*, 11: 147-154.
- WEBBER, H. - 1968. Mariculture. *Bioscience*, 18 (10): 940-945.
- YONGE, C. M. - 1969. En *Marine Biology*, ed J. D. Costlow, Jr. Gordon and Breach N. Y., 5: 517-569.

# EL CULTIVO DEL MEJILLON EN EUROPA. II ASPECTOS BIOLOGICOS Y ECOLOGICOS; ENEMIGOS Y PARASITOS

Dr. B. Andréu

Director del Instituto de Investigaciones Pesqueras,  
Barcelona, España

## DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA

El mejillón (*Mytilus edulis*) es una especie que abarca una amplísima distribución en las costas del Atlántico, tanto orientales como occidentales: desde el Océano Artico hasta las costas norte africanas y Sur de Carolina. Desde Rio Grande (Brasil) hasta el estrecho de Magallanes (PA-DILLA, 1964). En el Pacífico, desde Alaska hasta California y Costas de Chile.

Las necesidades biológicas del mejillón se acomodan a las más diversas condiciones ecológicas. Vive, ordinariamente, entre el nivel medio de mareas y unos pocos metros de profundidad, formando grupos más o menos numerosos, tapizando las rocas de la costa o constituyendo bancos temporal o permanentemente sumergidos.

Entre las principales especies comerciales entendidas por el mundo, algunas muy cotizadas y otras sólo inicialmente explotadas, podemos citar las siguientes:

- Mytilus edulis*, Atlántico y Pácifico
- Mytilus galloprovincialis*, Mediterráneo y costas septentrionales europeas
- Perna perna*, Sudamérica, Venezuela
- Choromytilus choro*, Chile
- Mytilus coruscus*, Corea
- Mytilus crasitesta*, Corea
- Mytilus grayanus*, India
- Mytilus viridis*, India
- Mytilus smaradignus*, SE de Asia, Filipinas
- Mytilus edulis aoteanus*, Nueva Zelanda
- Perna canaliculus*, Nueva Zelanda
- Mytilus planatus*, Australia

En Europa son objeto de cultivo *M. edulis* y *M. galloprovincialis*, este último en el Mediterráneo.

Se ha discutido mucho sobre la autenticidad de *M. galloprovincialis*, que muchos autores, especialmente de los países del N. del Atlántico se resistían a aceptar, hasta que HEPPEL (1957) identificó esta especie, en el SW de Inglaterra, como mejillón de Pdstow, confirmada luego por otros autores. Ambas especies presentan gran variabilidad, por lo que, ateniéndonos exclusivamente a la forma de la concha, gran número de individuos no podrían ser identificados. En *M. galloprovincialis* los ápices (umbos) son, en general, más puntiagudos e incurvados y sus conchas no presentan bandas violáceas; la parte posterior del manto es de color púrpura violáceo, más acusado que en *M. edulis* (SEED, 1972). *M. edulis* es muy raro en el Mediterráneo, en el que vive *M. galloprovincialis*. Las poblaciones de *M. edulis* y *M. galloprovincialis* que coexisten en el SW de Inglaterra son bastante diferentes, aunque es posible obtener híbridos en el laboratorio (SEED, 1971). Cada una de estas especies se comporta de manera distinta frente a la infestación por *Pinnotheres pisum* (30,3% en *M. edulis* y sólo 1,4% en *M. galloprovincialis*). El ritmo de crecimiento es cuatro veces mayor en *M. edulis* que en *M. galloprovincialis*. Sin embargo, SEED (1971) no ha podido establecer ninguna evidencia bioquímica: la electroforesis reveló, como hecho más destacable, débiles diferencias en las proteínas del musculo adductor posterior, por lo que el esclarecimiento del problema requerirá nuevas investigaciones.

## RÉGIMEN ALIMENTARIO

El mejillón es una especie de régimen alimentario exclusivamente filtrador. Las branquias, dotadas de numerosos cilios vibrátiles, cumplen, además de la función respiratoria, la de retener y

aglutinar el alimento, constituido principalmente por detritos orgánicos, pequeños flagelados del plancton de hasta 1,5  $\mu$  y bacterias (TAMMES y DRAL, 1955). No posee apenas fermentos libres en el tubo digestivo, por lo que la digestión y asimilación es principalmente intracelular y fagocitaria (COE, 1945). Muchos de los organismos de su dieta, especialmente los que poseen una robusta envoltura celulósica, como las peridíneas, son expulsados a menudo, tal como fueron ingeridos.

El pie además del importante papel que desempeña en la fijación, está morfológicamente adaptado para los procesos de limpieza de la parte exterior de la concha. Las partículas orgánicas, extraídas mediante frotación, son introducidas en la cavidad del manto y tratadas de la misma forma que las obtenidas por filtración, siendo ingeridas o expulsadas como pseudoheces, según los casos (THEISEN, 1972).

FRAGA y VIVES (1960) pudieron comprobar en la ría de Vigo que los detritos tienen una importancia tres veces superior que la del fitoplancton en la alimentación y que los mejillones de las cuerdas colgantes situadas en el extremo posterior del emparrillado reciben sólo el 61% del alimento existente en el agua, antes de atravesar el conjunto de cuerdas de cultivo del parque, fenómeno de extraordinaria aplicación práctica con miras al fondeo de las mejilloneras para aprovechar al máximo la producción primaria, evitando, en la medida de lo posible, la competencia alimentaria.

#### CAPACIDAD DE FILTRACIÓN: EFICIENCIA

Los mejillones constituyen el ejemplo de cadenas más cortas, comportándose como auténticos purificadores del agua. Como señala MARGALEF (1967) la cadena de tres eslabones, materia orgánica-mejillón-hombre, es casi tan eficiente como la cadena remolacha-cerdo-hombre, anticipándonos a la era espacial cuando el ciclo se convierte en ciudad-mejillón-ciudad, lo que sucede con las bateas que reciben efluentes urbanos, siendo por lo tanto, una de las especies capaces de mejor utilización de la producción primaria de los mares.

Estos moluscos poseen un elevado ritmo de bombeo, que podemos estimar entre 0,5 y 4 litros por hora, dependiendo del tamaño y de las condiciones ambientales, aunque según RAO (1954), es independiente de la temperatura, entre 9 y 20 ° C, tanto si recibe luz como en la oscuridad.

La acción filtradora es continua en presencia de alimento, aunque, a partir del umbral de concentración, la eficiencia asimiladora desciende cuando aumenta dicha concentración, de manera

que la porción no digerida es mayor (THOMSON y BAYNE, 1972). Cuando esta disponibilidad alimentaria es pequeña o nula, se interrumpe la filtración. El ritmo alimentario es más alto que el de la ostra y el de la almeja, pero la producción neta por alimento ingeridos es mayor en estas especies que en el mejillón (TENORE, GOLDMAN y CLARNER, 1973).

En un trabajo anterior (ANDREU, 1973) estimábamos que los mejillones de una batea pueden filtrar alrededor de 160.000 m<sup>3</sup> de agua por día, siendo ingerida, por los 1.600.000 mejillones presentes, alrededor de media tonelada de materia orgánica por día, lo que representa una ingestión de 180 Tm al año. La tasa de reconversión de los mejillones gallegos la hemos estimado en el 26% (ANDREU, 1973), muy próximo a los pollos de granja y tan elevada como la del cerdo. Según estos cálculos las mejilloneras de la ría de Vigo vienen a filtrar, en 24 horas, un tercio del agua circulante hasta los 10 metros de profundidad. En contrapartida, caen al fondo, cada año, alrededor de 100 Tm de detritos en forma de heces, modificando substancialmente la naturaleza del mismo.

#### RITMO DE CRECIMIENTO

Para el buen éxito del cultivo, tanto respecto al volumen de producción como con miras al rendimiento económico, es condición fundamental que el ritmo de crecimiento sea elevado.

El crecimiento se ve influenciado o, es más bien la consecuencia, de una serie de parámetros ambientales, entre los que la disponibilidad alimentaria (WHITE, 1937; BOJE, 1965) y la temperatura, pueden considerarse como principales factores reguladores. En opinión de BAIRD (1966) las áreas de gran crecimiento no son necesariamente buenas para el engorde, aunque las razones las considera inciertas. Además de los factores anotados, hemos de señalar la salinidad, tiempo de exposición, intensidad del oleaje, grado de protección, velocidad de las corrientes de marea, intensidad luminosa, etc, algunos de los cuales consideraremos más tarde.

Me referiré, en primer lugar, al crecimiento en longitud, para ocuparme a continuación del crecimiento en peso.

#### CRECIMIENTO EN LONGITUD

En 1958 señalábamos que el mejillón gallego podía alcanzar 8 cm de longitud en un año, mientras que en el resto de Europa precisaba un tiempo de dos a seis veces mayor para alcanzar la talla comercial, inferior a la indicada (ANDREU, 1958).

En general, los mejillones procedentes de los bancos explotados en el oeste europeo, alcanzan una longitud de 50 mm en un período de dos a cuatro años (THEISEN, 1968), lo que en Galicia se consigue en 5 ó 6 meses y en la bahía de Hudson, en nueve años (LUBINSKY, 1958).

En las experiencias de crecimiento llevadas a cabo por LANDE (1973) en el fiordo de Trondheim, en cajas de red de nylon, colgantes, pudo comprobar, como era lógico que, cuanto mayor es el tamaño inicial de los mejillones menor su crecimiento. Tomando los resultados que obtiene a partir del grupo de 10 mm vemos que el mayor incremento correspondió a los meses de mayo a agosto: 6 mm en junio, 5 en agosto y 1,5 en octubre. En el segundo año, 1,5 mm en mayo, 2,7 en junio, 4 en julio, 1,8 en agosto y 1,1 mm en septiembre. Al año habían adquirido una talla de 27 mm, y 40 mm al final del segundo año (LANDE, 1973).

En una experiencia realizada por nosotros en 1960-1961 (ANDREU, 1970) en cajas experimentales, con menos circulación que en las utilizadas por LANDE, obtuvimos crecimientos muy similares a los conseguidos en las cuerdas de cultivo, con diferencias del orden de 5 mm, a partir del quinto mes, a favor de los cultivados, en moluscos de 50 mm, lo que representa alrededor del 10% de ventaja sobre los de las cajas experimentales.

Estas diferencias se muestran mucho más acusadas en las experiencias de cultivo llevadas a cabo por BOHLE (1970) en el fiordo de Oslo, ya que la cría colocada en las "cuerdas" de red en agosto, alcanzó una longitud de 50-75 mm a los 16-18 meses y la cría del verano precedente, a los 10 meses de edad, alcanzó en octubre de 50 a 70 mm. Los meses de julio a noviembre fueron fructíferos, con incrementos de alrededor de 7,5, 8,5, 7 y 5,5 mm, que hemos deducido reuniendo gráficamente, en una sola, las diferentes curvas que recoge su trabajo, excluyendo la anormalmente baja.

Diferencias de este orden encuentra MASON (1972) en el mejillón cultivado a flote en Escocia respecto a los datos experimentales que se habían conseguido en poblaciones naturales, o cultivadas sobre el fondo, en el Reino Unido, el cual alcanza alrededor de 42 mm en el primer año; y 65 y 70 en el segundo y tercero respectivamente, según se deduce de la figura debida al autor citado.

Nuestras observaciones en Galicia fueron llevadas a cabo en dos lugares distintos de la ría de Vigo: las del período 1957-1958, en la dársena de Bouzas y en una ensenada próxima al estrecho de Rande, sobre cuerdas colgantes, y en el período 1960-1961, en la dársena de Bouzas, sobre cajas colgantes. Los mejillones fueron medidos mensual-

mente, sobre muestras tomadas de las cuerdas en el primer caso, e *in situ* en el segundo (ANDREU, 1958, 1970).

La primera siembra, con mejillones de 9 mm, se hizo en el mes de marzo con cría procedente de la puesta de otoño, habiendo alcanzado, al año de permanencia en la cuerda, de 7,5 a 8 cm de promedio, con individuos de hasta 9,5 cm, siendo especialmente ostensibles los incrementos de longitud experimentados en los meses de junio, julio y agosto, con 9,3, 12 y 9 mm respectivamente, no deteniéndose el incremento durante el invierno.

En la segunda experiencia, llevada a cabo en Domayo (cerca del estrecho de Rande), partimos de una cuerda colectora en la cual, el 15 de mayo, apareció gran cantidad de mejilloncitos, todavía sin pigmentar, de alrededor de 1 mm. El día 18 de junio, éstos tenían un promedio de 8,4 mm. A los seis meses medían 6 cm de promedio y en abril de 1958 la media fue de 7 cm, con ejemplares de hasta 8,5.

Como se ve, a pesar de las mejores condiciones de productividad y circulación de la zona de Rande, el mejillón de puesta de otoño adquiere el tamaño comercial al año o poco más de haber sido sembrado, mientras que los de puesta de primavera tardan año y medio.

### CRECIMIENTO EN PESO

El mayor incremento del peso bruto mensual de los mejillones cultivados en la ría de Vigo, de puesta de primavera, corresponde a abril-mayo y octubre-noviembre, con más de 2,5 gramos de promedio, oscilando entre 1 y 2 gramos en los meses restantes, siendo importantes los incrementos correspondientes a los meses invernales. En los procedentes de puestas de otoño, el aumento de peso experimentado fue mucho mayor, con 4-5 gramos en julio-agosto, superando los 4,5 gramos en abril del año siguiente, cumplido ya el año de edad. Los mínimos correspondieron a enero y febrero, con 1,2-1,7 gramos, oscilando en los demás meses entre 3 y 4 gramos (ANDREU, 1970). Se comprende que los cultivadores aprovechen al máximo la cría procedente de puestas tardías.

### VARIACIONES ESTACIONALES DEL PESO MEDIO

Con el fin de soslayar los incrementos en peso debidos al crecimiento individual, que acabamos de considerar, estudiamos a lo largo de un ciclo anual, las variaciones mensuales del peso medio del cuerpo en mejillones desconchados procedentes de las dos áreas antes indicadas, a partir de tres grupos

de talla tomadas un tanto arbitrariamente: mejillones grandes, entre 80 y 85 mm; mejillones medianos, de 55-60 mm. Las dos áreas mostraron tendencias similares, aunque con ligeras discrepancias mensuales. Sin embargo, las variaciones mensuales de peso experimentadas fueron muy distintas según el grupo de talla en cuestión: los mejillones pequeños (55-60 mm) se mantuvieron alrededor de los 6 gramos, con pequeñas oscilaciones, lo que se comprende habida cuenta de que la mayor parte del alimento viene a cubrir las necesidades del crecimiento. Las oscilaciones fueron mayores en el grupo de 70-75 mm y, muy particularmente, en los grandes mejillones de 80-85 mm, en los que el peso medio varió a lo largo del año entre 14 y 22 gramos, adquiriendo los valores más altos en los meses de septiembre a diciembre. Como se ve, los mejillones de gran tamaño mantienen más elevado, durante mayor número de meses, el peso medio que los medianos y pequeños, que se muestran más sensibles a las exigencias del crecimiento y a los factores ambientales (ANDREU, 1963 a). Según FRAGA (1956) el mejillón gallego inicia su período de engorde en el mes de febrero, extendiéndose hasta el mes de octubre (ocho meses), mientras que el mejillón holandés no lo inicia hasta mayo, manteniéndolo hasta agosto, es decir, cuatro meses, aspecto muy importante con miras al suministro del mercado.

En Escocia alcanzan el mayor índice de condición (volumen del cuerpo expresado en tantos por ciento del volumen interno de la concha) en otoño e invierno (MASON, 1972), índice que oscila entre 33 y 63 en el curso del año. Más información en este sentido puede encontrarse en el trabajo publicado por BAIRD (1966). Sería mucho más útil y menos expuesto a errores, que se multiplican por cien, que los autores refirieran la variación del peso medio del cuerpo en individuos pertenecientes a una o a varias tallas. También ha de tenerse en cuenta que el peso del cuerpo aumenta, con la longitud, en mayor proporción que lo hace el peso de la concha, lo que explica que los mejillones de gran tamaño sean más rentables para la industria conservera.

En líneas generales, durante el período en que están en mejores condiciones para el mercado, por cada 100 kg. de peso bruto, 50 corresponden al cuerpo, 25 a la concha y otros 25 al agua intervalvar. No obstante, se consideran de buena calidad cuando los rendimientos de pulpa fresca son del 35 al 40%; durante la cocción previa al desconchado que ordinariamente se realiza en las fabricas de conserva como fase previa al procesamiento, o en los "cocederos", que lo suministran ya desconchado, se producen pérdidas considerables, princi-

palmente, proteínas y azúcares solubles y agua de constitución. Estas pérdidas pueden llegar a ser del orden del 40 al 50% respecto al mejillón fresco desconchado. En general, cuando se obtienen resultados finales con un rendimiento del 20 a 25%, se puede decir que ha sido utilizada una excelente materia prima (ANDREU, 1963 a).

El peso medio anual de los mejillones comerciales desconchados, según FIGUERAS (1976), es del 38,5 por ciento, en fresco, y del 21,0 por ciento después de cocidos, en relación con el peso vivo. Son cifras realmente altas si se tiene en cuenta que se trata de promedios anuales, que incluyen los meses en los cuales los moluscos están más bajos de peso y su comercialización es mínima.

## REPRODUCCIÓN

El mejillón es unisexual, es decir, los sexos están separados. Las glándulas sexuales se extienden desde el mesosoma al interior del manto, órgano que tapiza interiormente las valvas y que aparece más o menos engrosado según el grado de madurez sexual, siendo casi transparente en los períodos de reposo. Ordinariamente, el cuerpo de los machos ofrece un calor blanquecino o crema, mientras que el de las hembras es rojo ladrillo, salmón, rojo-pardo o anaranjado, dependiendo, en cada caso, del grado de madurez.

En las costas europeas, el período de mayor actividad reproductora tiene lugar en primavera, con ocasión del aumento de temperatura del agua (JORGENSEN, 1946; CHIPPERFIELD, 1953; ANDREU, 1958; BAYNE, 1964; BØHLE y WILBORG, 1967; SEED, 1967; 1969). En algunas áreas geográficas se produce un segundo período de puesta, como sucede en las rías gallegas españolas (ANDREU, 1958), Noruega (BØHLE, 1965), Yugoslavia (LUBET, 1961) e Italia (RENZONI, 1963). En Galicia, aunque pueden encontrarse individuos en condiciones de freza durante casi todo el año, la reproducción tiene - como se indicó anteriormente - dos períodos de especial actividad: en primavera (abril-mayo) y en otoño (octubre-noviembre), siendo mucho más intensa y eficaz la puesta de primavera.

El mejillón europeo alcanza la maduración sexual al año de edad (FIELD, 1922; White, 1937; SEED, 1969), mientras que en la ría de Vigo lo hace a los 6 ó 7 meses de vida (FIGUERAS, 1976).

En un área determinada, la mayoría de los mejillones desovan casi o al mismo tiempo, siendo completada la puesta en pocas semanas (CHIPPERFIELD, 1953); los productos sexuales son expulsados al exterior, en donde tiene lugar la fecundación, frecuentemente, en la misma cavidad

paleal de la hembra. La puesta puede verificarse en el período de una hora o menos, tiñéndose, a menudo, de calor rojizo las aguas que rodean los parques; según HOWELL (1973), a 14-15° C se realiza en 12 horas.

### FASE LARVARIA: FIJACIÓN

Las larvas llevan vida planctónica durante un período de 2 a 4 semanas y aún de 1 a 3 meses en la estación fría (THORSON, 1950), siendo arrastradas a merced de las corrientes, a áreas frecuentemente muy distantes del lugar de origen. A las 24-48 horas de la fertilización, a 14-15° C, las trocóforas están ya desarrolladas (HOWELL, 1973). La fase *veliger* termina su metamorfosis cuando mide de 250 a 300 $\mu$  (BAYNE, 1964). La larva madura o *pediveliger*, según BAYNE (1965) posee fototropismo negativo y geotropismo positivo. La fijación a los soportes que encuentra a su alcance (rocas del litoral, cascos de las embarcaciones u objetos flotantes, conchas de la misma especie o de otros moluscos, cuerdas colectoras, etc.) tiene lugar mediante el órgano filamentosos o biso. Muchos autores condicionan la fijación a la existencia previa en el sustrato, de algas o hidroides, aunque en las rías gallegas dicha fijación se produce directa y masivamente sobre las cuerdas colectoras y sobre los mejillones, sin ningún requisito previo, en donde las hemos encontrado midiendo entre 0,5-1,00 mm. de longitud, con las pequeñas conchas todavía sin pigmentar (ANDREU, 1965).

Según CARRIKER (1961), después de la primera fijación, que se efectúa lejos de los bancos naturales, los jóvenes mejillones experimentan una fase migratoria durante la cual vuelven a ser arrastrados por las corrientes, pudiendo fijarse y desprenderse varias veces. En opinión de BAYNE (1964), cuando alcanzan un tamaño de 0,9 a 1,5 mm. los mejilloncitos se fijan a los mejillones adultos de los bancos naturales, considerando la existencia de estas dos fijaciones, la primaria y la secundaria, como una forma de reducir la competencia entre los individuos muy jóvenes y los adultos. La máxima fijación de semilla, en las costas occidentales inglesas, se produce sobre los bancos naturales de mejillones adultos, aunque, a lo largo del año, existe alguna migración, desde los reservorios de fijación temporal a los bancos naturales (MASON, 1972). En el caso del mejillón gallego, dichas migraciones han de verse necesariamente, simplificadas, si tenemos en cuenta la magnitud de la cría fijada en las cuerdas colectoras en relación con las poblaciones naturales existentes sobre las rocas del litoral, la relativa estanqueidad de las aguas de dichas rías y que no existen poblaciones

naturales sobre el fondo.

Por otro lado, ya dijimos que las larvas procedentes de las puestas de primavera se comportan de modo distinto a como lo hacen las de las puestas de otoño, ya que las primeras se fijan uniformemente a lo largo de los 8 metros de la cuerda colectora, mientras que las segundas, sólo lo hacen sobre las rocas del litoral, lo que plantea un problema ecológico, quizás de fototropismo de las larvas, que todavía no ha sido estudiado. En el fiordo de Oslo, en donde los mejillones desovan en mayo y junio, a pesar de que las larvas de mejillones registradas por BOHLE (1965) fueron abundantes en los meses de junio y julio, la fijación de cría no fue observada por el referido autor hasta el 15 de octubre, estimando que procedía, probablemente, de la puesta de septiembre.

El órgano de fijación o biso, arranca de la base del pie, quedando robustamente adherido a las caras internas de las valvas a través de tres pares de músculos: un par que se dirige hacia el ápice y los otros dos cuyos extremos se asientan en la parte media dorsal y ligeramente posterior de la concha. Un cuarto par de músculos, paralelos a los anteriores, sujetan la base del pie.

La robustez del biso depende de las características dinámicas del biotopo, como sucede con el espesor de la concha. La locomoción, aunque torpe, se ve facilitada por la extensibilidad del pie, digitiforme, adherente en su extremidad y por la posibilidad que tiene el animal de producir nuevos filamentos en el sentido de la marcha, con rotura simultánea de los que se la impiden en la parte posterior. Hemos podido comprobar, experimentalmente, en pequeños mejillones de 1 cm. de longitud, que eran capaces de fijarse en 4 ó 5 minutos en el fondo de una cápsula de petri conteniendo agua de mar, al que quedaban fuertemente adheridos, al cabo de este tiempo, al invertir la cápsula; el pie, al extenderse, alcanzaba una longitud similar a la de la concha (ANDREU, 1965). La capacidad de regeneración del biso se va perdiendo con la edad, a medida que los moluscos alcanzan gran tamaño, lo que hay que tener en cuenta, en las operaciones de trasplante, en el cultivo a flote.

### INFLUENCIA DE LOS FACTORES AMBIENTALES

Aunque ya he citado, sobre la marcha, algunos de los principales parámetros ambientales que afectan a la vida y desarrollo del mejillón europeo, me referiré ahora, con más detalle, a los principales.

La temperatura es, quizás, el más importante de los parámetros ambientales, tanto por su acción



directa sobre el ritmo de crecimiento, el ciclo sexual, ritmo de bombeo, etc., como por ser una consecuencia de la energía radiante, decisoria de la producción primaria, cuando las sales nutritivas (fosfatos y nitratos) no son factores limitantes. También influye sobre la cantidad de oxígeno disuelto en el agua.

Los mejillones pueden superar amplias oscilaciones de temperatura, pero soportan mejor las bajas temperaturas que las altas (RENZONI, 1961, 1963). WHITE (1937) señala que la tolerancia está comprendida entre los 0°C y los 26°C. LOOSANOF (1942) ha observado que los cilios branquiales se muestran activos a -1°C y KANWISHER (1955) que los mejillones pueden sobrevivir a -15°C cuando el 60 por ciento del agua del cuerpo puede estar congelada. Según BOETIUS (1962), sin embargo, el rango de tolerancia, compatible con el crecimiento, oscila entre 1° y 22°C, interrumpiéndose éste cuando los moluscos permanecen en temperaturas próximas a 0°C. Dicho autor encuentra una función lineal entre la longitud y la edad de los mejillones, expresada en grados/día (temperatura media diaria multiplicada por la edad en días). Para COULTHARD (1929) la temperatura óptima oscilaría entre los 10° y los 20°C, produciéndose la muerte entre los 27 y 30°C.

Las variaciones del ritmo de crecimiento de los mejillones de Waddensee, en opinión de THEISEN (1968), se deben a los cambios de temperatura; es muy pequeño o nulo, durante el invierno, en aguas del norte de Europa (BOETIUS, 1962; BOHLE, 1965; MASON, 1968, 1972; SEED, 1969; LANDE, 1973) mientras que adquiere su mayor intensidad en los meses estivales. En los fiordos noruegos se inicia cuando la temperatura del agua rebasa los 12°C (BOETIUS, 1962; LANDE, 1973). Según COULTHARD (1929) entre los 10 y los 13°C. En opinión de LANDE (1973) el ritmo de crecimiento es de alrededor de tres veces mayor a 18°C que a 10°C y dos veces mayor a 10°C que a 5°C. En aguas más meridionales, como las de las rías gallegas españolas, en las que la temperatura oscila entre 10° y 20°C, el retraso del crecimiento invernal es menos acusado, pero existe, a pesar de que el rango de temperaturas está dentro del límite considerado como óptimo por los autores antes citados; el crecimiento se hace realmente ostensible cuando la temperatura rebasa los 13°C, particularmente por encima de los 15°C.

La salinidad es, a su vez, otro de los factores realmente importantes en la vida del mejillón. Aunque, como animal eurohalino, puede encontrarse en la proximidad de aguas dulces, su tamaño se ve considerablemente reducido en las poblaciones del Golfo de Finlandia, con salinidades del

orden del 4 al 5 por mil (SEGERSTRALE, 1957). En el extremo opuesto, tolera salinidades de hasta el 40 por mil, aunque el ritmo de filtración se ve muy afectado (RENZONI, 1963).

La influencia de la salinidad en el ritmo de crecimiento es muy acusada. SEGERSTRALE (1942) atribuye el bajo ritmo de crecimiento de los mejillones de Finnish a la baja salinidad. Por otro lado, en el canal del Kaiser Wilmen, BRANDT (Ref. MASON, 1972) pudo comprobar que la talla decrece cuando lo hace la salinidad.

Según BOHLE (1972) la actividad filtradora y el ritmo de crecimiento de los mejillones que viven en el mar, sometidos a grandes variaciones de salinidad, quedan así mismo reducidos. Este último autor ha comprobado que los mejillones jóvenes requieren un período de 8 a 9 semanas para alcanzar el nivel de actividad normal cuando son trasladados a un medio conteniendo agua de mar diluida al 50 por ciento, mientras que dicha actividad la alcanzan en 4 semanas cuando la proporción de agua de mar constituye el 75 por ciento de la dilución. Sin embargo — añade — sólo los mejillones adaptados al agua de mar al 100 por ciento mostraron un aumento significativo del crecimiento.

En las rías gallegas la salinidad se mantiene alta durante la mayor parte del año, a veces, en las capas superficiales, experimenta oscilaciones notables a causa de las lluvias. En la ría de Vigo, FRAGA (1967) en 1962, encontró una salinidad media en superficie del 35,05 por mil, con un máximo del 35,73 por mil en febrero y un mínimo del 26,83 por mil en enero, lo que contrasta con las variaciones del fiordo Trondheim (LANDE, 1973), que oscilan entre 8,01 por mil (mayo-junio) y 25,4 por mil (octubre), o las del de Oslo, en el que puede variar entre 20 y 29 por mil y aún por debajo, en períodos lluviosos, aunque en invierno puede aumentar hasta el 32 por mil (BRAARUD y RUUD, 1937). En las costas occidentales de Escocia es bastante alta (30-32 por mil), nunca inferior al 25 por mil (MASON, 1968). Como podemos ver, la salinidad en las rías gallegas, es otro de los factores muy ventajosos para el cultivo del mejillón, a pesar de que, tras períodos de intensas lluvias y con vientos favorables, puede formarse, en algunas zonas, una gruesa capa de agua de baja salinidad que, cuando es persistente, llega a ocasionar considerables pérdidas, especialmente en los mejillones que ocupan la parte superior de las cuerdas. En condiciones muy extremas, a veces ha llegado a producir la muerte de todos los moluscos que ocupaban el primer metro de profundidad, bajo la superficie del agua.

La producción primaria, es decir, las disponibilidades alimentarias, juegan, con la temperatura

y la salinidad, los papeles más importantes con miras a la producción de mejillones, cualquiera que sea el método de cultivo utilizado.

Ya señalamos que los detritos orgánicos constituyen la fracción más importante de la dieta de los mejillones en las rías gallegas, detritos que son consecuencia, fundamentalmente, de la producción primaria. Además de una producción de fitoplancton alta, son más apropiadas aquellas áreas geográficas en las cuales las floraciones de fitoplancton se sucedan a lo largo de casi todo el año.

Como cifras indicativas podemos señalar que la producción primaria, expresada en carbono asimilado por el fitoplancton, por hectárea y año, es de 3 Tm en la ría de Vigo, 1-1,5 en el Atlántico Norte y 0,250 Tm en el Mediterráneo (LARRAÑETA, cit. FIGUERAS, 1976). En el fiordo de Oslo, el alimento es abundante a causa de las descargas de residuos urbanos, lo que da lugar a una elevada producción de fitoplancton (BOHLE, 1965), mientras que en las rías gallegas se debe a la entrada, por el fondo, de aguas costeras, ricas en nutrientes, que afloran a la superficie mediante el mecanismo propio que rige la dinámica de los estuarios. Este enriquecimiento se ve favorecido por el afloramiento costero, que tiene lugar durante el verano, abarcando toda la costa oeste de Galicia, con la máxima intensidad frente a las rías bajas gallegas, las más productivas (FRAGA, 1975). Durante el invierno la fotosíntesis decrece por insuficiente intensidad de luz y baja temperatura, mientras que en verano el factor limitante son las sales nutrientes.

Por lo que se refiere al *oxígeno*, podemos decir que sólo llega a plantear problemas en los meses más calurosos del año, cuando se acumula gran número de cuerdas de cultivo en los parques. Y quizás también si los fondos son anóxicos y existe gran turbulencia, con la llegada de aguas ricas en materia orgánica y pobres en *oxígeno*.

#### EFFECTO DEL NIVEL DE MAREAS: EXPOSICIÓN

Los mejillones que viven en la zona intermareal quedan expuestos al aire por algún tiempo, durante las bajamares, razón por la que se ven privados de la alimentación; el ritmo de crecimiento dependerá en buen grado, del tiempo que permanezcan fuera del agua (MOSSOP, 1921; NEWCOMBE, 1935; WARREN, 1936; BAIRD, 1966; REYNOLDS, 1969). A ello hay que añadir los factores meteorológicos, especialmente la temperatura, que inciden directamente sobre los moluscos y la acción abrasiva que lleva consigo el oleaje, especial-

mente durante los períodos de mal tiempo. BAIRD (1966) ha podido comprobar que los mejillones mantenidos en un alto nivel de marea, poseen, en general, un bajo índice de condición, añadiendo que el ritmo de crecimiento y el índice citado pueden ser substancialmente mejorados mediante el trasplante de estos mejillones a zonas situadas por debajo del nivel de las máximas bajamares equinociales.

BAIRD (1966) situó cajas experimentales con mejillones en cuatro niveles de marea distintos, reuniendo todos ellos condiciones similares respecto a las corrientes de marea. La más alta, a 2,75 m sobre el cero del puerto, ocupó, aproximadamente, el nivel de marea media, siguiendo las demás a intervalos verticales de 0,90 m, de manera que la última estaba situada a nivel de la bajamar equinoccial. Los tiempos de exposición, fuera del agua, fueron del 52, 38, 20 y 1%, respectivamente. Al final del año pudo comprobar que el crecimiento en longitud, en los niveles inferiores, había sido de 2,5, 3 y 4 veces mayor, respectivamente, que el de los mejillones que permanecían en el nivel más alto, con el 52% de exposición.

Las conchas de los mejillones de la zona intermareal son mucho más gruesas, con el periortracum desgastado y los bordes redondeados, en agudo contraste con las de los que viven en la zona sublitoral o proceden de cultivo. En éstos la concha es fina, limpia y los bordes afilados, lo que representa un mayor atractivo para el mercado (MASON, 1972).

#### INFLUENCIA DE LA LUZ

Aunque HUNTSMAN (1921) y COULTHARD (1929) consideraron que la luz era siempre un factor inhibitor del crecimiento, hemos podido comprobar que esto es cierto únicamente cuando la insolación es muy intensa y prolongada, mientras que con insolaciones bajas, la luz parece actuar como estimulante moderado del crecimiento o, en todo caso, se muestra indiferente (ANDREU, 1960a). Las divergencias más acusadas pudimos observarlas en el período de experiencias comprendido entre el 29 de julio y el 7 de agosto, con 11,5 horas de insolación media por día, mientras que a partir del 18 de septiembre se pudo apreciar una moderada inversión en los ritmos de crecimiento de los mejillones que permanecieron en la oscuridad o a plena luz.

A los 65 días de ser iniciada la experiencia las diferencias del peso medio de los mejillones fueron considerables: los que permanecieron durante este tiempo en la oscuridad dieron un peso medio de un 26,5% superior a los que se mantu-

vieron en penumbra y un 69% superior respecto a los que recibieron la luz solar. A excepción de la luz, los demás factores fueron iguales para los mejillones mantenidos en los diferentes compartimentos. Como se ve, la producción del mejillón cultivado, podría mejorarse colocando pantallas sobre el emparrillado de cultivo en los meses de mayor insolación.

En las experiencias preliminares pudimos comprobar que una buena parte de los pequeños mejillones que situábamos en cada uno de los compartimentos sobre una cuerda en V, envueltos con la red utilizada habitualmente en el cultivo, habían desaparecido, lo que nos obligó a colocar una malla metálica en las bocas del laberinto por las que circulaba el agua de mar. Los mejillones no aceptaban de buen grado las nuevas condiciones de iluminación en las cuales se les quería obligar a vivir. Durante el primer mes del 50 al 75% de los individuos del compartimento oscuro habían abandonado la cuerda-soporte y se habían fijado en distintos puntos del interior, incluso en la tapa de la caja. Los que vivían en penumbra se desplazaron en un porcentaje muy inferior. Pasado el primer mes, los mejillones habían logrado adaptarse a las nuevas condiciones.

Se deduce de cuanto acabo de decir que no es aconsejable trasplantes de mejillón temprano, ni desdobles del de media cría, en los meses de verano, ya que las pérdidas por desprendimiento han de ser elevadas. Al llevar los mejillones, en las cuerdas de cultivo, a un nivel de iluminación distinto al que estaban acostumbrados, puede conducir a exaltar la motilidad de aquéllos, en su afán de volver a ocupar el lugar correspondiente a la intensidad luminosa a la que se habían acomodado.

Pudimos comprobar así mismo, que el grado de pigmentación de la concha depende de la intensidad luminosa recibida por los mejillones, comportándose los bordes de la concha, a medida que se va formando, de manera similar a como lo hace una placa fotográfica. Los mejillones mantenidos en la oscuridad tenían la concha sin pigmentar: únicamente aparecían las líneas oscuras que se formaron durante las pocas horas en que los moluscos se sacaron de la caja para la medición. En los que permanecieron en penumbra, además de estas líneas más oscuras, provocadas por la acción directa del sol, durante las mediciones, aparecen otras bandas intercaladas, más suaves, que alternan con bandas claras: posiblemente son la respuesta a las variaciones de los tiempos e intensidades de la insolación habidas en el intervalo entre dos controles consecutivos. Las conchas aparecen mucho más pigmentadas en los mejillones de la caja que permaneció expuesta directamente a la luz solar. En

los mejillones cultivados sobre cuerdas colgantes, la parte de la concha que está en contacto con la cuerda aparece mucho menos pigmentada que el resto.

## ENEMIGOS DEL MEJILLÓN

Después de haber pasado revista a los principales aspectos biológicos del mejillón, y de haber considerado, siquiera sucintamente, la influencia de los parámetros ambientales más importantes, voy a ocuparme de los enemigos, agrupándolos en orden a la forma en que se produce la agresión: competidores, comensales, depredadores y parásitos. La importancia y transcendencia de cada uno de estos grupos dependerá, en buena parte, del sistema de cultivo utilizado.

## COMPETIDORES

Entre los competidores podemos señalar las ascidias, los balanos, los gusanos tubícolas, las esponjas e incluso las algas, ya que también pueden restar espacio útil sobre determinados substratos.

Las ascidias, por su gran capacidad filtradora y desarrollo exuberante, compiten con los mejillones reteniendo gran cantidad del alimento disponible, lo que puede contribuir a retardar el engorde de los moluscos. Cuando se trata de animales sólidamente adheridos a las conchas, como en el caso de los balanos y de los gusanos tubícolas, restan, además, atractivo comercial al producto y dificultan su manipulación (FAVRETTO, 1968; DARDIGNAC-CORBEIL, 1975). En algunas áreas de las rías gallegas y en determinados años, se han producido auténticas invasiones del gusano tubícola *Pomatoceros triquetus*, creando serios problemas a los cultivadores afectados, ya que la limpieza a mano grava considerablemente los gastos de producción y el mercado de consumo suele rechazarlos, por lo que, cuando las incrustaciones son muy abundantes los mejillones sólo pueden ser utilizados por las fábricas de conservas (ANDREU, 1957). Es muy abundante también, en Galicia, el pequeño decápodo *Pisidia longicornis*, de 5 a 7 mm de longitud, que invade materialmente los mejillones de las cuerdas, sin que sepamos hasta qué punto puede ser un depredador de estados postlarvarios o de cría recién fijada, con pocos días de vida.

En el Golfo de Trieste, las cuerdas de los parques de cultivo se sacan del agua y se mantienen no más de un día, a la sombra, con lo cual todos los organismos adherentes son destruídos, a excepción de los balanos, sin que este tratamiento afecte seriamente a los mejillones (FAVRETTO, 1968). Luego son trasladadas de nuevo a los parques. Un

procedimiento similar siguen los cultivadores de los lagos napolitanos (KORRINGA y POSTMA, 1957), y los de las costas de Mediterráneo francés (LAMBERT, 1939). Este procedimiento fue también aplicado, durante muchos años, en los parques flotantes instalados en el puerto de Barcelona, hasta la cancelación de las licencias, que obligaron al traslado de los parques a otras áreas. En las rías gallegas el método resultaría mucho más gravoso, dado el elevado número de cuerdas a tratar, la falta de espacio en los parques flotantes y la dificultad que representaría tener que trasladar las cuerdas a tierra. La limpieza de competidores y depredadores se hace durante los trasplantes de mejillones de media cría, y cuando se separan para el mercado los mejillones comerciales de las cuerdas de cultivo.

### COMENSALES

Entre los comensales citaré únicamente al pequeño crustáceo *Pinothères pisum*, aunque no parece que haya llegado a plantear problemas a los cultivadores. En Galicia no lo hemos podido encontrar ni una sola vez en la cavidad del manto de los mejillones. Sin embargo, HOUGHTOM (1963) y SEED (1972) lo dan como frecuente en aguas de Gran Bretaña y en Roscoff. Según el autor primeramente citado es más frecuente en mejillones de gran tamaño, variando la incidencia de una localidad a otra, oscilando entre 0 y 43,3% en Conway y de 0,4 a 15,9 en Roscoff, aumentando desde la zona mediolitoral a la sublitoral. Ya dijimos que en el SW de Inglaterra SEED (1972) lo encuentra en el 30,3% de *M. edulis* y sólo en el 1,4% de *M. galloprovincialis*.

### DEPREDADORES

Los principales depredadores de los mejillones en aguas europeas son probablemente las estrellas de mar, de manera particular *Asterias rubens* (WHITE, 1937; LAMBERT, 1951) y los cangrejos, especialmente el cangrejo común, *Carcinus maenas* (KITCHING, SLOANE y EBLING, 1959; EBLING, MUNIZ y TAYLOR, 1964; PERKINS, 1967; REYNOLDS, 1969; DARDIGNAC-CORBEIL, 1975), que se alimentan de pequeños mejillones. Influyen en la distribución sublitoral de los mejillones, señalando su límite inferior (MOSSOP, 1921; WARREN, 1936; SEED, 1969). También las nécoras (*Portunus puber*), los cangrejos ermitaños, otras estrellas de mar, como *Marthasterias glacialis*, gasterópodos perforantes (*Thais lapillus*), peces

(*S-parus aurata*) y las aves marinas, producen a veces daños considerables. *Carcinus* ataca a los mejillones pequeños pero no causa serias molestias a los grandes, mientras *Portunus* destruye mejillones grandes y pequeños. *Thais* muestra clara predilección por los mejillones, en presencia de ostras, tardando entre unas horas y cinco días en perforar la concha (ARTE, 1955).

Como ya hemos indicado el cultivo a flote es el que menos expuesto está a la acción de los depredadores, a excepción de algunos peces, como las doradas, armados de poderosos dientes, que a veces llegan a causar daños considerables. Las estrellas (*Asterias rubens*) y los erizos de mar (*Paracentrotus lividus*) así como el molusco perforante (*Thais lapillus*) son frecuentes entre los mejillones de las cuerdas, a donde llegan en estado larvario, quedando retenidos entre los intersticios y desarrollándose luego a expensas de los moluscos. Sólo en el caso de que los extremos inferiores de las cuerdas toquen el fondo, durante las bajamareas, se llegan a producir pérdidas considerables por acción de las estrellas de mar.

Los principales enemigos del cultivo en empalizada son los cangrejos ermitaños y los crustáceos conocidos como arañas de mar, así como ciertas aves acuáticas, que destruyen la cría; las estrellas de mar (*Asterias rubens*) y los moluscos perforantes ya citados, son también considerados como depredadores peligrosos (DARDIGNAC-CORBEIL, 1975). Otros moluscos perforantes, los teredos, forman galerías en los postes reduciendo la duración de los mismos. Para evitar el acceso de los depredadores marchadores, los cultivadores rodean la base de los pilotes con filme de plástico hasta una altura de unos 50 cm (DARDIGNAC-CORBEIL, 1975).

En donde los depredadores plantean problemas realmente serios es en el cultivo sobre el fondo, especialmente las estrellas de mar. Cuando se presentan en gran número en las aguas más profundas de los parques, pueden llegar a reducir substancialmente la densidad de los mejillones, llegando incluso a exterminar los bancos naturales (HAVINGA, 1956, 1964). Como lucha preventiva, antes de sembrar los mejillones, los parques son preparados convenientemente, extrayendo tantos depredadores como sea posible (IVERSEN, 1968). Con este objeto se llevan a cabo dragados especiales para capturar las estrellas de mar, con una draga especial, distinta a la utilizada por los mejillones (LAMBERT, 1951). Cuando son dragadas junto con los mejillones, éstos sobreviven bien fuera del agua, mientras que las estrellas mueren pronto, especialmente si se espolvorean con sal común (HAVINGA, 1964).

## PARÁSITOS

Aunque han sido identificadas varias especies parásitas del mejillón, especialmente haplosporidios y larvas de trematodos, el copépodo *Mytilicola intestinalis*, que vive en el tubo digestivo de estos moluscos, es la única que ha causado efectos realmente catastróficos, advertidos por primera vez en Holanda, por KORRINGA (1950), en septiembre de 1949, y más tarde BOLSTER (1954) en Gran Bretaña. Como ha señalado SINDERMANN (1970) el cultivo mono-específico en grandes concentraciones, aumenta la vulnerabilidad de la infestación por parásitos. Lo que sorprende es que, hasta ahora, no se hayan planteado problemas, en este sentido en las rías gallegas, a parte de la presencia de *Mytilicola* (ANDREU, 1960b, 1963b, 1965) y de algunas larvas de trematodos (CANZONIER, 1972).

Las larvas del trematodo *Cercaria tenuans* fueron encontradas por primera vez por COLE (1935) en el 2% de los mejillones de Gales; más tarde ATKINS (1939) en los del estuario Camel, en Cormalles. Recientemente ha sido identificado este parásito en el 4% en mejillones cultivados procedentes de la ría de Arosa (CANZONIER, 1972), en el NW de España, así como en poblaciones naturales de mejillones de la ría de Aveiro, en Portugal, en donde han aparecido infestaciones del 1 al 15,5% de *Cercaria tenuans* y de *Bucephalus mytili* (DIAS y SERRANO, 1972). La encapsulación de estos parásitos puede ser la causa de formación de perlas en el cuerpo de los moluscos, llegándolos a hacer inservibles para el mercado (MASON, 1972).

En cuanto a *Mytilicola*, KORRINGA (1968) ha hecho una amplia revisión de la considerable literatura existente. Este parásito es capaz de modificar la estructura celular del endotelio intestinal, produciendo a veces lesiones importantes; es capaz de reducir el metabolismo del hospedador, reduciendo su peso medio y la robustez del órgano de fijación.

*Mytilicola* presenta un acusado dimorfismo sexual, siendo los machos (3-4 mm) mucho más pequeños que las hembras (5-9 mm). Los parásitos adultos se encuentran casi siempre en el intestino medio, es decir, en el tramo que queda incluido en el hepatopáncreas, siendo frecuentes, las formas juveniles, en dicho órgano. La reproducción, en las rías gallegas, tiene lugar durante todo el año. La fecundación se produce en el intestino del hospedador. Los sacos ovíferos se desprenden de la hembra y salen al exterior. La eclosión se verifica en el agua, dando lugar al nacimiento de las larvas en estado de nauplius, que pasan luego a las fases de metanauplius y copepodito, todas ellas de vida

errante, a merced de las corrientes. Los nauplius tienen fototropismo positivo, lo que facilita la distribución, mientras que el primer copepodito posee geotropismo positivo, lo que conduce a que los mejillones que viven sobre el fondo se vean más seriamente afectados. A las 7 u 8 semanas estas larvas, recién ingeridas, ya estarán en condiciones de emprender la reproducción (KORRINGA, 1968). La vida media de los parásitos es de alrededor de tres meses, siendo de seis la de los más longevos (ANDREU, 1963b).

Se encuentra prácticamente en todas las regiones cultivadas, siendo mayor la infestación en las áreas contiguas a los estuarios y en zonas próximas al litoral, que en los parques instalados en lugares más alejados de la orilla, aunque en Galicia el promedio ha sido inferior a dos parásitos por huesped. En las cuerdas de cultivo la distribución es uniforme en áreas de fuerte corriente de marea, mientras que la infestación aumenta con la profundidad en las zonas más abrigadas. También lo hace con la talla de los moluscos, no habiendo sido encontrados parásitos en individuos de menos de 20 mm de longitud (ANDREU, 1960b). El peso medio de los moluscos desconchados es inversamente proporcional al número de *Mytilicola* existentes en el tubo digestivo, de manera que, en las rías gallegas, cada parásito viene a reducir el peso medio del cuerpo en un 1%. (ANDREU, 1965).

En áreas con menores disponibilidades alimentarias, cuando la infestación es grande, conduce al adelgazamiento de los moluscos e incluso a su muerte. Según RYTHER (1968) cuando el grado de infestación alcanzado se encuentra entre 10 y 20 parásitos, el ritmo de crecimiento y el peso del huesped se ven disminuidos, añadiendo que 20 parásitos pueden incluso producir la muerte.

Sin embargo, a pesar del pernicioso efecto de este parásito, si el nivel de infestación es bajo, el cultivo del mejillón se puede llevar a cabo con éxito en las áreas afectadas (ANDREU, 1963b; KORRINGA, 1968).

## BIBLIOGRAFIA

- ALEMANY, M. - 1973 - Algunos aspectos del metabolismo del glucógeno en el mejillón (*Mytilus edulis* L.). *Univ. de Barcelona. Secr. Publ. Inter. Cient. y Ext. Univ.*: 3-16.
- ANDREU, B. - 1957 - Sobre el cultivo del mejillón en Galicia. *Reun. sobre Prodct. y Pesquerías Inst. Inv. Pesq.*, 3: 102-107.
- ANDREU, B. - 1958 - Sobre el cultivo del mejillón en

- Galicia. *Reun. sobre Product. y Pesquerías Ins. Inv. Pesq.*, 3: 102-107.
- ANDREU, B. - 1958 - Sobre el cultivo del mejillón en Galicia: Biología, crecimiento y producción. *Ind. Pesq.* Vigo, 745-746: 44-47.
- ANDREU, B. - 1960a - Ensayos sobre el efecto de la luz en el ritmo de crecimiento del mejillón (*Mytilus edulis*) en la ría de Vigo. *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat. Ser. Biol.* 58 (2): 217-236.
- ANDREU, B. - 1960b - Un parásito del mejillón. Propagación del copépodo parásito *Mytilicola intestinalis* en el mejillón de las rías bajas. *Rev. Economía de Galicia*, 17-18: 12-18.
- ANDREU, B. - 1963a - El mejillón como primera materia para la conserva. *Inf. Conservera*, Valencia, 119-120: 404-410 (Trad. al inglés por *Fish. Res. Bd. Canada, Transl. Serv.*, 741: The mussel as raw material for canning, 1966: 15 pp.
- ANDREU, B. - 1963b - Propagación del copépodo parásito *Mytilicola intestinalis* en el mejillón cultivado de las rías gallegas (N.W. de España). *Inv. Pesq.*, 24: 3-20.
- ANDREU, B. - 1965 - Biología y parasitología del mejillón gallego. *Las Ciencias* 30 (2): 107-118.
- ANDREU, B. - 1968 - The importance and possibilities of mussel culture. *Seminar on Possibilities and Problems of Fisheries Develop in Southeast Asia*. German Found. Develop. Countr./FAO. Berlin, 364-377.
- ANDREU, B. - 1970 - Fishery and culture of Mussels and Oysters in Spain. *Proc. Symp. on Mollusca. Mar. Biol. Ass. India*: 835-846. (En español, en *Publ. Téc. Junta Est. Pesca*, Madrid, 1968, 7: 303-320, con el título "Pesquería y cultivo de mejillones y ostras en España").
- ANDREU, B. - 1973 - Perspectivas de la acuicultura marina en España. *Inf. Téc. del Inst. Inv. Pesq.*, 9: 47 pp.
- ANONIMO - 1973. A study on the artificial rearing of mussel spats. *Separata Inst. of Oceanology*, Sect. of Exp. Molluscan Ecology Acad. Sinica. Qingdao: 15 pp.
- ARTE, P. - 1955 - Acción de los moluscos perforadores sobre las ostras. *Reun. Proc. del Mar y Expl. Pesq. Inst. Inv. Pesq.* 2: 87-88.
- BAIRD, R. H. - 1966 - Factors affecting the growth and condition of mussels (*Mytilus edulis* L.). *Fish. Invest.* 26 (2): 33 pp.
- BAYNE, B. L. - 1964 - Primary and secondary settlement in *Mytilus edulis* L. (Mollusca). *J. Anim. Ecol.*, 33: 513-523.
- BAYNE, B. L. - 1964 - The responses of the larvae of *Mytilus edulis* to the light and to gravity. *Oikos*, 15: 162-174.
- BAYNE, B. L. - 1965 - Growth and delay of metamorphosis of the larvae of *Mytilus edulis* (L.). *Ophelia*, 2 (1): 1-47.
- BOETIUS, I. - 1962 - Temperature and growth in a population of *Mytilus edulis* (L) from the northern Harbour of Copenhagen (the Sound). *Meddelelser fra Danmarks. Fiskeri of Havundersogelser*, N. S. 3 (11): 339-346.
- BOHLE, B. - 1965 - Undersokelser av blaskjell (*Mytilus edulis* L) i Oslofjorden. *Fiskets Gang.*, 51: 388-394.
- BOHLE, B. - 1970 - Forsok med dyrking av blaskjell (*Mytilus edulis* L) ved overføring av yngel til nettingstromper (Experiments with cultivation of mussels by transplantation spat to net bags. *Fiskets Gang*, 56 (13-14): 267-271.
- BØHLE, B. - 1971 - Settlement of mussel larvae *M. edulis* on suspended collectors in Norwegian waters. *Fourth Europ. Mar. Biol. Symp.* Cambridge, Univ. Press: 63-69.
- BØHLE, B. - 1972 - Effects of adaptation to reduced salinities on filtration activity and growth of mussels (*Mytilus edulis* L) *J. exp. mar. Biol. Ecol.*, 10: 41-47.
- BØHLE, B. - 1974 - Settlement of mussels larvae, *Mytilus edulis*, on suspended collectors in Norwegian waters. *Fourth European Mar. Biol. Symp.* 63-69.
- BØHLE, B. y K. F. WIBORG - 1967 - Forsok med dyrking av blaskjell. *Fiskets Gang*, 53 (24): 391-395.
- BOJE, R. - 1965 - Die Bedeutung von Nahrungsfaktoren für das Wachstum von *Mytilus edulis* L. in der Kieler Förde und im Nord-Ostsee-Kanal. *Kieler Meeresforsch.* 21 (1): 81-100.
- BOLSTER, G. C. - 1954 - The biology and dispersal of *Mytilicola intestinalis* Steuer, a copepod parasite of mussels. *Fishery Invest.*, 18 (6): 30 pp.
- BRETON, G. - 1970 - Une epizootie à larves de *Bucephalus mytili* Coe, affectant les populations naturelles et cultivées de *Mytilus edulis* L de la région de Contances (Manche). *C.R. Hebd. Séances Acad. Sci. Ser. D. Sci. Nat.* 271 (12): 1049-1052.
- CANZONIER, W. J. - 1972 - *Cercaria tenuans*, larvae trematode parasite of *Mytilus* and its significance in mussel culture. *Aquaculture* 1: 267-278.
- CHENG, T. C. - 1967 - Marine molluscs as hosts for symbioses with a review of known parasites of commercial important species. *Adv. Mar. Biol.*, 5: 1-424.
- CHIPPERFIELD, P. N. J. - 1953 - Observations on the breeding and settlement of *Mytilus edulis* L. in British waters. *J. Mar. Biol. Ass. U. K.* 32 (2): 449-476.
- COE, W. R. - 1945 - Nutrition and growth of the California bay mussel (*Mytilus edulis diegensis*). *J. Exp. Zool.*, 99 (1): 1-14.
- COLE, H. A. - 1935 - On some larval trematode parasites of the mussel (*Mytilus edulis*) and the cockle (*Cardium edule*). *Parasitology*, 27: 276-280.
- COULTHARD, H. S. - 1929 - Growth of the sea mussel. *Contr. Can. Biol. Fish.*, N. S., 4 (10): 121-136.
- DARDIGNAC-CORBEIL, M<sup>a</sup> J. - 1975 - La culture des moules sur bouchots. *Sc. et Pêche, Bull. Inst. Pêches Marit.*, 244: 10 pp.
- DE BLOK, J. W. y H.J.F.M. GEELLEN - 1958 - The substratum required for the settling of mussels (*Mytilus edulis*). *Arch. Neer. Zool.* (Vol. Jubil), 13: 446-460.
- DELTRÉIL, J. P.; M. FEUILLET; P. GRAS; J. MARIN y L. MARTEIL - 1975 - La conchyliculture française. I. Le milieu naturel et ses variations. *Rev. Trav. Inst. Pêches Mar.* 38 (3): 227-282.
- DIAS, A. A. y M. D. SERRANO - 1972 - Alterações das brânquias e parasitismo nos mexilhões (*Mytilus edulis*) da Ria de Aveiro. *Bol. Inf. Inst. Biol. Marit.*, 3.
- EBLING, F. J.; J. A. KITCHING; L. MUNIZ y C. M. TAYLOR - 1964 - The ecology of Lough Ine. XIII. Experimental observations of the destruction of *Mytilus edulis* and *Nucella lapillus* by crabs. *J. Anim. Ecol.*, 33: 73-82.
- FAVRETTO, L. - 1968 - *Boll. Soc. adriat. Sci. nat.*, 56 (2): 243-261 (Cit. MASON, 1972).

- FIELD, I. A. - 1922. Biology and economic importance of the sea mussel, *Mytilus edulis*. *Bull. U. S. Bur. Fish.*, 38: 127-260.
- FOX, D. L.; H. U. SVERDRUP y J. P. CUNNINGHAM. - 1937 - The rate of water propulsion by California mussel. *Biol. Bull.*, 72: 417-438.
- FRAGA, F. - 1956 - Variación estacional de la composición química del mejillón (*Mytilus edulis*). *Inv. Pesq.*, 4: 109-125.
- FRAGA, F. - 1957 - Nitrógeno orgánico suspendido y disuelto en la ría de Vigo. *Reun. Prod. Mar. y Expl. Pesq. Inst. Inv. Pesq.*, 3: 26-28.
- FRAGA, F. - 1958 - Variación estacional de la composición química del mejillón (*Mytilus edulis*) II. Hidratos de carbono. *Inv. Pesq.*, 11: 33-37.
- FRAGA, F. - 1958 - Relación entre peso, talla y composición química en el mejillón (*Mytilus edulis*) de la ría de Vigo. *Inv. Pesq.*, 14: 25-32.
- FRAGA, F. - 1960 - Variación estacional de la materia orgánica suspendida y disuelta en la ría de Vigo. Influencia de la luz y de la temperatura. *Inv. Pesq.*, 17: 127-140.
- FRAGA, F. - 1967 - Hidrografía de la ría de Vigo 1962, con especial referencia a los compuestos de nitrógeno. *Inv. Pesq.*, 31 (1): 145-159.
- FRAGA, F. - 1975 - Importancia de las rías bajas: su productividad primaria. Conferencia Curso Univ. Vigo, (mimeografiado).
- FRAGA, F. y M<sup>a</sup> LOPEZ CAPONT. - 1958 - Oligosacáridos en el mejillón (*Mytilus edulis*). Factor proteínicos. *Inv. Pesq.*, 11: 39-52.
- FRAGA, F. y F. VIVES. - 1960 - Retención de partículas orgánicas por el mejillón en los viveros flotantes. *Reun. Prod. Mar. y Expl. Pesq. Inst. Inv. Pesq.*, 4: 71-73.
- HAVINGA, B. H. - 1936 - De Veranderingen in den hydrografischen toestand en in de macrofauna van Zuyderzee en IJsselmeer gedurende de jaren 1931-1935. Mededelingen van de Zuyderzee - Commissie van de Nederl. Dierk. Ver., par 4: 5-18.
- HAVINGA, B. H. - 1956 - Mussel culture in the Dutch Waddensea. *Rapp. et Procverb. Reun. Cons. perm. intern. Expl. Mer.*, 140 (3): 49-52.
- HAVINGA, B. H. - 1964 - Mussel culture. *Sea Frontiers*, 10 (3): 155-161.
- HEPPER, B. T. - 1957 - Notes on *Mytilus galloprovincialis* Lmk in Great Britain. *J. Mar. Biol. Ass. U. K.* 36 (1): 33-40.
- HOUGHTON, D. R. - 1963 - The relationship between tidal level and the occurrence of *Pinnotheres pisum* (pennant) in *Mytilus edulis* L. *J. Anim. Ecol.* 32: 253-257.
- HOWELL, B. R. - 1973 - Marine fish culture in Britain. VIII. A marine rotifer *Brachionus plicatilis*, and larvae of the mussel *Mytilus edulis*, as foods for larval flat fish. *J. Cons. Intern. Expl. Mar.* 35 (1): 1-6.
- HUNTSMAN, A. G. - 1921 - The effect of light on growth in the mussel. *Trans. R. Soc. Can.* 3rd Ser., 15: 23-28.
- IVERSEN, E. S. - 1968 - *Farming the Edge of the Sea*. Fishing News (Books) Ltd, Londres: 301 pp.
- IWATA, K. S. - 1952 - Spawning of *Mytilus edulis*. Discharge by KC1 injection. *Bull. Tokai reg. Fish. Res. Lab.* 3: 393-394.
- JØRGENSEN, C. B. - 1946 - En Meddr. Komm. Dann. Fisk-og Havumders. Ser. Plankton, ed. G. Thorson, 277-311.
- KANWISHER, J. W. - 1955 - Freezing in intertidal animals. *Biol. Bull. mar. biol. Lab., Woods Hole*, 109 (1): 56-63.
- KITCHING, J. A.; J. F. SLOANE y F. J. EBLING. - 1959 - The ecology of Lough Ine VIII. Mussels and their predators. *J. Anim. Ecol.*, 28: 331-341.
- KORRINGA, P. - 1950 - De aanval van de parasiet *Mytilicola intestinalis* op de Zeeuwse Mosselcultuur. *Supl. de Visserij-Nieuws*, 7: 7 pp.
- KORRINGA, P. - 1951 - Le *Mytilicola intestinalis* Steuer (Copepoda parasitica) menace l'industrie moulière en Zelande. *Rev. Trav. Off. Sc. et Tech. Pêches. Mar.*, 17 (2): 9-12.
- KORRINGA, P. - 1968 - On the ecology and distribution of the parasitic copepod *Mytilicola intestinalis* Steuer. *Bijdragen tot de Dierkunde*, 38: 47-57.
- KORRINGA, P. y H. POSTMA. - 1957 - Investigations in to the fertility of the Gulf of Naples and adjacent salt water lakes, with special reference to shellfish cultivation. *Publ. Staz. Zool. Napoli*, 29: 229-284.
- LAMBERT, L. - 1939 - *La moule et la mytiliculture*. Ed. A. Guillot, Versailles: 55 pp.
- LAMBERT, L. - 1951 - L'ostréiculture et la mytiliculture en Zélande (Pays-Bas). *Rev. Trav. Off. Sc. Tech. Pêches. Mar.*, 16: 111-128.
- LANDE, E. 1973 - Growth, spawning, and mortality of the mussel (*Mytilus edulis* L.) in Prestvaagen, Trondheimfjorden. *Contr. Biol. St. Trondheim*, 151: 26 pp.
- LEWIS, J. R. y R. SEED. - 1969 - Morphological variations in *Mytilus* from southwest England in relation to the occurrence of *M. galloprovincialis* Lamark. *Cahiers de Biologie Marine*, 10: 231-253.
- LOOSANOFF, V. L. - 1942 - Shell movements of the edible mussel, *Mytilus edulis* (L.) in relation to temperature. *Ecology* 23 (2): 231-234.
- LOOSANOFF, V. L. y H. C. DAVIS. - 1963 - Rearing of bivalve mollusks. *Advances in Marine Biology*, 1: 1-136.
- LØVERSEN, R. - 1957 - Forsøk med dyrking av blaskjell. (Experiments with mussels cultivation). *Fiske-ridirektoratets Smaskifter*, 4: 3-18.
- LUBET, P. E. - 1961 - *Rapport au Gouvernement de la Yougoslavie sur l'ostreiculture et la Mytiliculture*. Programme elargi d'Assistance Technique, FAO, Rapp. 1334: 55 pp.
- LUBET, P. E. y J. G. CHAPPUIS. - 1964 - Etude de la filtration de l'eau chez *Mytilus galloprovincialis* Lmk (Mollusque Lamellibranche): influence de la taille et de la salinité. *Compt. Rend. Seances. Soc. Biol.* 158 (11): 2125-2128.
- LUBINSKY, I. - 1958 - Studies on *Mytilus edulis* L. of the "Calanus" expeditions to Hudson Bay and Ungara Bay. *Can. J. Zool.*, 36: 869-881.
- MARGALEF, R. - 1967 - *La Ciencia del Mar*. C.S.I.C., Deleg. de Barcelona, 24 p.
- MASON, J. - 1968 - Cultivation of mussels, *Mytilus edulis* L., in Scotland. *ICES. Fisheries Improvement. Comm. Doc. E 4*, (mimeografiado): 5 pp.
- MASON, J. - 1972 - The cultivation of the European Mussel, *Mytilus edulis*, Linnaeus. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.* 10: 437-460.
- MOSSOP, B.K.E. - 1921 - A Study of the sea mussel (*Mytilus edulis* L.). *Contr. Can. Biol. Ottawa*, 2: 17-48.
- NEWCOMBE, C. L. - 1935 - A study of the community relationship of the sea mussel, *Mytilus edulis* L. *Ecology*, 16 (2): 234-243.

- PADILLA, J. A. - 1964 - La familia Mytilidae en el Uruguay. *Rev. Inst. Inv. Pesq.*, 1 (3): 227-241. Montevideo.
- POSTMA, H. - 1957 - Hydrography of the Dutch Waddensea. A study of the relations between water movement, the transport of suspended materials and the production of organic matter. *Arch. Néerl. Zool.*, 10: 405-511.
- PUJOL, J. P. - 1967 - Formation of the byssus in the common mussel (*Mytilus edulis* Nature, 214: 204-205).
- RAO, K. P. - 1954 - Tidal rhythmicity of rate of water propulsion in *Mytilus* and its modifiability by transplantation. *Biol. Bull.*, 106: 353-359.
- RENZONI, A. - 1961 - Comportamento di *Mytilus Galloprovincialis* Lank ed *Ostrea edulis* L (larve ed adulti) in differenti condizioni ambientali sperimentali. *Boll. Pesca, Piscic. Idrobiol.*, N. S., 16: 67-86.
- RENZONI, A. - 1963 - Ricerche ecologiche ed idrobiologiche su *Mytilus galloprovincialis* Lam. nel golfo di Napoli. *Boll. Pesca, Pisc. Idrobiol.*, N. S. 18: 187-238.
- REYNOLDS, N. - 1959 - Further experiments on mussel purification. *J. Cons. perm. Inter. Expl. mer.*, 24: 486-493.
- REYNOLDS, N. - 1969 - The settlement and survival of young mussels in the Conway fishery. *Fishery Invest. Ser. 2*, 26 (2): 25 pp.
- RICCI, E. - 1957 - Contribution a la biometrie a la biologie et la physico-chimie de la moule commune (*Mytilus galloprovincialis* Lmk). *Annales St. Oceanogr. de Salambo*, 11: 163.
- RYTHER, J. H. - 1968 - *The status and potential of aquaculture, particularly Invertebrate and algae culture. Part. II*. U. S. Dept of Commerce. Nat. Bur. of standards. 261 pp.
- SAVAGE, R. E. - 1956 - The great spatfall of mussels (*Mytilus edulis* L) in the River Conway estuary in spring 1940. *Fish. Invest. Lond.* 20 (7): 22 pp.
- SAVILOV, A. I. - 1953 - The growth and variation in growth of the White Sea in vertebrates *Mytilus edulis*, *Mya arenaria*, and *Balanus balanoides*. *Trudy Inst. Okeanol.*, 7: 198-258.
- SEED, R. - 1969 - The ecology of *Mytilus edulis* L. (Lamel libranchiata) on exposed rocky shores. *Oecologia*, 3: 277-350.
- SEED, R. - 1971 - A physiological and biochemical approach to the taxonomy of *Mytilus edulis* L and *M. galloprovincialis* Lmk from S. W. England. *Cahiers de Biologie Marine*, 12: 291-322.
- SEED, R. - 1972 - Morphological variations in *Mytilus* from the french coasts in relation to the occurrence and distribution of *M. galloprovincialis* Lamark. *Cahiers de Biologie Marine*, 13: 357-384.
- SEED, R. - 1975 - Reproduction in *Mytilus* (Mollusca: Bivalvia) in European waters. *Publ. Staz. Zool. Napol.* 39. Supl.: 317-334. VIII European Mar. Biol. Symp. 1973.
- SEGERSTRALE, S. G. - 1957 - En *Treatise on Marine Ecology and Palaeontology*, Vol I, ed. W. Hedgpeth. *Mem. Geol. Soc. Am.* 67: 751-800.
- SINDERMANN, C. J. - 1970 - *Principal diseases of marine fish and shellfish*. Acad. Press. N.Y. and London, 369 pp.
- TAMMES, P.M.L. y A.D.G. DRAL. - 1955 - Observations on the straining of suspension by mussels. *Arch. Néerl. Zool.*, 11: 87-112.
- TENDRE, K. R; J. C. GOLDMAN y J. P. CLARNER. - 1973 - The food chain dynamics of the oyster, clam and mussel in an aquaculture food chain. *J. exp. mar. Biol. Ecol.*, 12: 157-165.
- THEISEN, B. F. - 1968 - Growth and mortality of culture mussels in the Danis Wadden Sea. *Meddr. Danm. Fisk-og Havunders. N.S.*, 6: 47-78.
- THEISEN, B. F. - 1972 - Shell cleaning and deposit feeding in *Mytilus edulis* L. (Bivalvia). *Ophelia*, 10: 49-55.
- THOMPSON, R. J. y B. L. BAYNE. - 1972 - Active metabolism associated with feeding in the mussel *Mytilus edulis* L. *J. exp. mar. Biol. Ecol.*, 9: 111-124.
- THORSON, G. - 1950 - *Biol. Rev.*, 25 (1): 1-45. (Cit. MASON, 1972).
- VIVES, F. y M. LOPEZ-BENITO. - 1958 - El fitoplancton de la ría de Vigo y su relación con los factores térmicos y energéticos. *Inv. Pesq.*, 13: 87-125.
- WARREN, A. E. - 1936 - An ecological study of the seamussel (*Mytilus edulis* Linn). *J. Biol. Bd. Can.*, 2 (1): 89-94.
- WHITE, K. M. - 1937 - *Mytilus*. *L.M.B.C. Mem. typ. Br. mar. Pl. Anim.*, 31: 117 pp.
- WILLIAMS, C. S. - 1968 - The influence of *Polydora ciliata* (Johsst) on the degree of parasitism of *Mytilus edulis* L. by *Mytilicola intestinalis* Stener. *J. Anim. Ecol.* 37: 709-712.
- WILLEMSSEN, J. - 1952 - Quantifiers of water pumped by mussel (*Mytilus edulis*) and cockles (*Cardium edule*). *Arch. Néerl. de Zool.*, 10 (2): 153-160.
- WINTER, J. E. - 1973 - The filtration rate of *Mytilus edulis* and its dependence of algal concentration, measured by a continuous automatic recording apparatus. *Marine Biology*, 22: 317-328.



## EL CULTIVO DEL MEJILLON EN EUROPA. III FACTORES RELATIVOS A LA PRODUCCION

Dr. B. Andréu

Director del Instituto de Investigaciones Pesqueras,  
Barcelona, España

Después de haber considerado los diferentes métodos de cultivo del mejillón, así como los parámetros ambientales que inciden en el desarrollo de esta especie, voy a ocuparme de los factores relativos a la producción. Es evidente que el tema, por su naturaleza, podría ser desarrollado con mayor profundidad y conocimiento de causa por un economista que por un biólogo. Sin embargo los factores ecológicos juegan, en la producción, un papel quizás aún más importante que los de carácter jurídico, socioeconómico y de mercados, aunque de nada serviría una excelente producción sin haber asegurado antes la buena comercialización del producto.

Los datos estadísticos de que disponemos no ofrecen el grado de fiabilidad necesario, con lo que no descubro nada nuevo, ya que es un defecto que podemos considerar casi universal. En lo que respecta a la producción de mejillones en España, los datos oficiales que recogía el Anuario Estadístico de Pesca de la FAO (1956-1966) eran realmente bajos y un tanto incongruentes. Esta fue la causa de que, en 1957, nos decidiéramos a hacer un cálculo de la producción gallega de mejillones, a partir del número de parques flotantes instalados, tomando como base un promedio de 800 cuerdas por batea y una producción media por cuerda de 90 Kg de mejillón comercial (ANDREU, 1957). Más tarde (ANDREU, 1958), reconsiderando estas cifras, reajustamos la producción media por cuerda a 70 Kg, cifrando en 56 Tm el rendimiento medio por batea y año. Por último, en 1973, a efectos de producción de mejillones por Ha, redondeamos la cifra a 60 Tm (ANDREU, 1973), aunque conservando la de 56 a efectos de cálculos estadísticos de producción. Recientemente FIGUERAS (1976) ha venido a confirmar las 60 Tm antes anotadas. En el puerto de Barcelona, un parque de cultivo bien

cuidado, podía producir hasta 25 Tm por año (RODRIGUEZ SANTAMARIA, 1923).

En el año 1958 la producción de mejillones en las rías gallegas la cifrábamos en 35.000 Tm, con lo cual España pasaba a ocupar el tercer puesto, en orden de importancia, entre los países cultivadores de este molusco. Señalábamos, además, que la expansión de esta industria en España, no tenía otras limitaciones que las impuestas por el mercado de consumo, por lo que podríamos ocupar el primer puesto en la producción mundial tan pronto como la demanda interior lo permitiera y se fuera organizando el mercado exterior. Terminábamos diciendo que esta industria, todavía muy primitiva en cuanto a su organización comercial, había alcanzado su mayoría de edad a un ritmo acelerado y precisaba las atenciones necesarias y la protección y el cuidado que las circunstancias requerían (ANDREU, 1958).

La producción mundial de mejillones, según datos de la FAO, ascendió, en el año 1973 a 417.000 Tm, correspondiendo al mejillón europeo 352.800 Tm, lo que representa más del 84% de la cosecha mundial citada. Los países europeos de mayor producción, según dichas fuentes, son: España, con 138.200 Tm; Holanda 113.000 Tm; Francia 41.600 Tm; Dinamarca 27.000 Tm; Italia 13.000 Tm; Alemania Federal 10.000 Tm; Gran Bretaña 4.900 Tm e Irlanda 3.000 Tm. De esta producción europea, el 9,6% corresponde al Mediterráneo.

En lo que respecta a España, según nuestros cálculos basados, como he dicho en la producción por batea, sólo en Galicia se obtuvieron 175.000 Tm en 1975. Extrapolando, a 1973 correspondieron, en números redondos, 170.000 Tm, lo que vino a representar el 40% de la producción mundial, porcentaje que ha descendido discretamente

debido al incremento que está experimentando esta industria en otros países, tales como Korea y Perú.

Revisando la cifras oficiales recogidas en los anuarios de la FAO antes citados, podemos ver que en 1959 figura sólo la décima parte de la producción real española: 5.800 Tm, en vez de las 50.900 calculadas en orden al número de bateas; mientras que en 1960 aparecen 63.900 Tm, cantidad ligeramente superior a la calculada por nosotros (61.500 Tm). Pero lo curioso es que en 1961, según la fuente citada, la producción desciende a 36.700 Tm, cuando en la realidad, alcanzó 68.500 Tm. En el intervalo 1960-1961 fueron instaladas 124 nuevas bateas, por lo que resulta inverosímil pensar que la producción pudiera haber descendido en un año casi a la mitad.

En los últimos 20 años, dentro de la tónica de continuado incremento en el ritmo de instalación de nuevos parques flotantes en las rías gallegas, se pueden observar dos períodos de máxima expansión: 1956-1960 y 1965-1968, este último extraordinariamente acusado, alternando con otros dos en los que la tendencia al aumento se amortigua un poco: 1960-1965 y 1968-1975. No obstante la tónica es marcadamente ascendente, aún en el último tramo considerado (1968-1975), en el cual, el aumento medio estimado es de 50 bateas por año, incremento que viene a representar una producción equivalente a la anual de Irlanda y a más de la mitad de la Gran Bretaña.

Según RYTHER (1969) la producción de moluscos bivalvos, no cultivados, puede alcanzar a 150 Kg de carne por hectárea y año, mientras que, el mejillón cultivado, en Francia, produce alrededor de 5.000 Kg de carne por Ha y año (RYTHER, 1968) y el cultivado sobre el fondo, en Holanda, de 12.000 a 25.000 Kg por Ha y año (WAUGH, 1966). Estamos hablando de pesos de moluscos desconchados. En el cultivo a flote, tridimensional, sobre cuerdas suspendidas, RYTHER (1968), utilizando nuestros datos, estimó una producción de 300.000 Kg por Ha y año, equivalente a 60.000 Kg de peso vivo por batea y partiendo de la existencia de 10 parques flotantes por hectárea. Este mismo autor, en 1969, tomando como base la existencia de 8 bateas por Ha, calcula una producción anual de carne de 500.000 Kg por Ha lo que, sin duda, correspondería a peso bruto, si de veras existiera la densidad de bateas por él considerada. MASON (1972) arrastrando el error de cálculo de RYTHER, de 8 bateas por Ha, cifra la producción anual en 250.000 Kg por Ha.

En la realidad, la distancia que separa las bateas oscila entre 80 y 120 m, según sea menor o mayor la producción primaria estimada en cada

zona. Tomando un promedio de 100 m, cada parque flotante dispone de una superficie media real de 10.000 m<sup>2</sup>, en el centro de la cual se encuentra fondeado. El viento y las corrientes de marea contribuyen a que las bateas se desplacen constantemente en torno al punto de anclaje, especialmente las que están fondeadas con una sola cadena.

#### PRODUCCION DE MEJILLONES EN ESPAÑA

GALICIA: Estimación de producción anual en orden al número de bateas

Año	No.de bateas	Tm de mejillón*	Tm de mejillón según FAO
1956	401	22.460	4.900
1958	707	39.700	4.900
1959	909	50.900	5.800
1960	1.099	61.550	63.900
1961	1.223	68.490	36.700
1962	1.327	74.300	56.000
1963	1.424	79.750	63.400
1965	1.684	94.300	65.100
1966	2.050	114.800	63.300
1967	2.615	146.450	49.400
1968	2.786	156.000	67.600
1972	2.996	167.800	127.600
1975	3.134	175.500	

\* Teniendo en cuenta la producción media de 56 Tm/batea/año.

Con este criterio, la producción de mejillones desconchados por Ha (peso fresco) en Galicia sería, como máximo, de unos 30.000 Kg, la mitad del peso bruto (ANDREU, 1973), cifra que viene a ser del orden de unas diez veces inferior a la calculada por RYTHER en 1968. Más recientemente FIGUERAS (1976) estima la producción de carne en 23.100 Kg/Ha/año, partiendo de una producción en vivo de 60.000 Kg y del peso medio anual de los mejillones desconchados, incluyendo en este último el período en que los mejillones, por su bajo rendimiento en carne, apenas si son objeto de comercialización.

Nos parece más representativa, la cifra que dimos en 1973. Según estos cálculos, el rendimiento de los parques de cultivo flotantes de las rías gallegas vendría a ser unas 70 veces mayor que la de cualquier otra forma de explotación agrícola o ganadera, en la cual los animales no recibieran alimentación suplementaria.

En buena pradería inglesa, HICKLING (1968) considera satisfactoria la producción de 340 Kg (peso vivo) de ganado vacuno, por Ha y año. En una ganadería bien administrada la tasa de reconversión puede ser superior al 10% pero en la naturaleza, el rendimiento neto, de ordinario, es inferior a este porcentaje (KORRINGA, 1974).

Las máximas cosechas en las tierras de cultivo, en España, producen entre 40 y 50 Tm/Ha/año (FIGUERAS, 1976).

HURLBURT (1974), inspirado en las cifras publicadas por RYTHER (1969), estima que la producción por hectárea, en España, sería del orden de 20 veces mayor que la de Holanda y 75 veces superior a la de Francia, cuando en realidad viene a ser unas 12 veces superior a la del cultivo en empalizada seguido en Francia y de 2,3 a 5 veces más elevado que el de cultivo sobre el fondo practicado en Holanda, cifras que vienen a concordar con las estimaciones de FIGUERAS (1976).

Como término comparativo, podemos añadir que, frente a los 60.000 Kg de mejillones (peso bruto) por Ha (30.000 Kg una vez desconchados), que producen las rías gallegas, corresponden 200 Kg a la anchoveta en Perú; 80 Kg a la pesca de arrastre en Islandia; 60 Kg en las islas Faroe; 55 Kg en las costas de Marruecos; 40 Kg en las de Galicia; 22 Kg en Terranova; 17 Kg en el mar del Norte y 10 Kg en el Mediterráneo (LARRAÑETA, cit. en FIGUERAS, 1976). Creo que no hacen falta nuevos argumentos para demostrar que el mejillón cultivado, en cuerdas colgantes, tiene un rendimiento por unidad de superficie muchísimo más elevado que cualquier otro tipo de cultivo realizado en el medio natural, no sujeto a régimen de alimentación complementario.

Ya indicamos que el índice de reconversión del mejillón gallego era del 26%, muy superior al del langostino de granja: 1,6-9,6% en España (SAN FELIU et al., 1973); 2,8-7,8 en el Japón (CHOE, 1970) y sólo ligeramente inferior al de los peces de granja: peces de agua dulce 35%; Rodaballo 30% (BARDACH et al., 1972) y 33% en mugilidos (PERES, 1974). Tengamos en cuenta que de la producción primaria de los océanos se obtiene sólo el 1% o quizás aún menos.

#### ASPECTOS RELATIVOS A LA PRODUCCIÓN

Los aspectos relativos a la producción, como hemos tenido ocasión de exponer anteriormente, son muy diversos. A grandes rasgos podemos dividirlos en cuatro grandes grupos: los que se refieren al aspecto geográfico y a las condiciones ambientales, los de carácter biológico, los correspondientes a instalaciones y por último los de carácter jurídico-administrativo.

Pero por otro lado, hay que tener en cuenta que nos estamos refiriendo a una industria alimentaria con ramificaciones muy diversas, antes de que los mejillones lleguen al consumidor. En el caso de Galicia, para los moluscos con destino a consumo fresco, se dispone de numerosas estaciones depu-

radoras y de una red de transporte, de camiones frigoríficos o de vagones refrigerados isotérmicos, según se trate de carretera o de ferrocarril, que se encargará de la distribución. Existen, además, instalaciones frigoríficas que congelan y almacenan grandes stocks durante los períodos de mayor cosecha, cuando los mejillones están más gordos. Cocederos que se dedican a suministrar mejillones cocidos y desconchados a las fábricas de conserva para su ulterior procesamiento, sin contar los carpinteros de ribera que construyen las bateas y cuidan de su conservación, fábricas de cuerdas de fibras sintéticas, de redcilla, etc, etc, todo un variado y complejo sistema que se ha desarrollado al compás de la creciente expansión de la industria mejillonera gallega, lo que da ocupación a varios millares de personas.

#### ELECCIÓN DEL EMPLAZAMIENTO Y DEL MÉTODO DE CULTIVO

Hemos descrito los diferentes métodos de cultivo y las exigencias mínimas que requiere cada uno. Sin embargo, no estará de más reconsiderar ahora algunos de los aspectos principales en orden a la rentabilidad, partiendo de la base de que se ha hecho un estudio de mercados, con resultado positivo.

La primera condición necesaria es disponer de áreas suficientemente protegidas de los temporales, que garanticen el adecuado mantenimiento de las instalaciones: bahías, estuarios, ensenadas, etc.

La segunda, tan importante como la primera, que la zona en cuestión posea una elevada producción primaria, asegurada, a ser posible, por la surgencia de aguas ricas en nutrientes, y con la circulación mínima necesaria.

Por último que la salinidad y la temperatura se encuentren dentro de los rangos que hemos considerado indispensables para obtener un buen rendimiento.

Cuando la zona escogida cumpla estos requisitos habrá que pensar en el método de cultivo que mejor se ajuste a las características, tanto de orden geográfico como en cuanto al costo de las instalaciones y a la disponibilidad y costo de la mano de obra de la región: en el supuesto de que se trate de una zona en la que el perfil de la costa ofrezca un declive suave, con substrato suficientemente coherente y firme que impida que los mejillones se entierren, los niveles comprendidos entre la línea de marea media y unos metros por debajo de la bajamar equinoccial, podrán ser utilizados con éxito para el cultivo sobre el fondo, que es el que exige menos utillaje y mano de obra.

Cuando su cumplan las condiciones anteriores pero los fondos sean lodosos o constituídos por materiales poco trabados entre sí, habrá que pensar en el cultivo en empalizada. O en el de cuerdas colgantes, en instalaciones fijas, en el supuesto de que las oscilaciones de mareas sean inapreciables o poco importantes.

Por último, en el caso de que la zona en cuestión posea márgenes escarpados, con amplia oscilación de los niveles de marea, el método más apropiado a adoptar será el de cultivo sobre cuerdas en balsas flotantes, practicado en gran escala en Galicia y también en el Japón, aunque en este país se aplica al cultivo de la ostra, por carecer de playas adecuadas para el cultivo tradicional de esta especie, sobre el fondo.

Dado el éxito sin precedentes que ha alcanzado esta modalidad de cultivo en las rías gallegas, no estará de más que reconsideremos, siquiera sea brevemente, cuales son sus características principales:

1 — Su configuración, que además de proporcionar abrigo y profundidades adecuadas, favorece la concentración de larvas, ofreciendo amplias zonas acantiladas especialmente propicias para la fijación de la cría, cuando las larvas pasan de la fase pelágica a la sedentaria.

2 — Elevada producción primaria de las aguas, mantenida a lo largo de casi todo el año, através de sucesivas floraciones de fitoplancton, y gran cantidad de materia orgánica particulada (detritos), alimento primordial del mejillón.

3 — Régimen de temperaturas, que en líneas generales oscila entre 10 y 20°C, intervalo que hemos considerado como óptimo para el crecimiento.

4 — Variaciones estacionales de salinidad ordinariamente de escasa amplitud, manteniéndose las aguas con una concentración de sales ligeramente inferior a la del océano.

5 — Por último, moderado régimen de mareas, cuya oscilación alcanza hasta cuatro metros, lo que facilita la circulación y, por lo tanto, la adecuada alimentación de los moluscos, sin que las poblaciones naturales permanezcan demasiado tiempo en seco, quedando amplias zonas con profundidades superiores, en bajamar, a los seis metros (ANDREU, 1965).

Uno de los factores adversos a la rentabilidad del cultivo sobre cuerdas en los países septentrionales europeos, tales como Gran Bretaña y Noruega, es la baja temperatura de las aguas, lo que lleva consigo la reducción de las estaciones de alimentación y crecimiento (MASON, 1972). La lenta tasa de crecimiento se traduce en que se requiere un largo período de tiempo para que los mejillones

alcancen el tamaño comercial, lo que implica mayores costos de producción (WAUGH, 1966).

Mientras que los cultivos sobre el fondo llevados a cabo en Holanda y en Gran Bretaña proporcionan de manera rentable mejillones que tardan menos de dos años y medio en alcanzar el tamaño comercial, el cultivo a flote, debido a la mano de obra que requiere, no sería económicamente viable, con un ritmo de crecimiento similar, a menos que se lograra aumentar la producción mediante un mayor grado de mecanización, por otros medios, o reduciendo los costos (EDWARDS, 1968, MASON, 1971).

En las costas del oeste de Escocia MASON (1968, 1969) ha llevado a cabo experiencias de cultivo sobre cuerdas colgantes, en aguas cuya temperatura era similar a la del mar abierto adyacente, viniendo a demostrar que durante el invierno, con temperaturas de 2,5°C, el crecimiento de los mejillones, ordinariamente, no se detiene. Como en verano se alcanzan los 20°C, los mejillones — añade el autor citado — crecen rápidamente, dando un producto de alta calidad a partir de cría fijada a finales de primavera o comienzos de verano, obteniendo mejillones de tamaño comercial, de alrededor de 67 mm, a finales de verano, sólo 14 meses después de la fijación. A partir de esta talla el crecimiento es menor después del segundo otoño, lo que le hace pensar que los mejillones cultivados en la ensenada Mhuirich habrían de ser cosechados no más tarde del segundo invierno, mientras el índice de condición permanece alto, — antes que se produzca la puesta de primavera —, cuando cuentan entre dos y dos años y medio de vida (MASON, 1969). Con este rápido crecimiento — termina diciendo MASON — el cultivo a flote, en las ensenadas de la costa de Escocia, puede ser rentable, por lo que ya se encuentran en vías de desarrollo, ensayos piloto de carácter industrial.

De manera similar, en algunos fiordos noruegos, existe una temperatura relativamente alta en verano; las experiencias llevadas a cabo hasta ahora en balsas, en el de Oslo, son también esperanzadoras en cuanto a las perspectivas del cultivo en parques flotantes (BOHLE y WIBORG, 1967).

Estos crecimientos desusados en aguas tan septentrionales, así como los registrados por FRASER (1938) en mejillones sumergidos, sobre boyas y en faros flotantes de la bahía de Liverpool, que habían crecido más de 60 mm en un año y 90 mm en dos años y medio, hay que atribuirlos en buena parte a la excelente disponibilidad alimentaria en las aguas en las que se llevaron a cabo los ensayos. Cabe pensar si en el momento en que se cree una auténtica competencia alimentaria con la multiplicación de parques de cultivo, las aguas

serán capaces de abastecer de alimento suficiente a poblaciones de mejillones mucho más numerosas.

Tampoco hay que olvidar que, durante el invierno, las aguas de algunos fiordos se cubren frecuentemente por el hielo, permaneciendo entre 0° y 5°C y que la salinidad, a causa de las lluvias y de la fusión de la nieve y del hielo de las montañas, puede descender hasta niveles tan bajos como el 8,01 por mil (LANDE, 1973), lo que ha de contribuir, no sólo a una reducción del ritmo de crecimiento, sino, lo que es peor, a un aumento de la tasa de mortalidad.

### ASPECTOS BIOLÓGICOS RELATIVOS A LA PRODUCCIÓN

Después de haberme referido a los principales abióticos que pueden contribuir al buen éxito de la producción, voy a considerar ahora algunos aspectos de carácter biológico a los que no he hecho alusión hasta ahora.

### SELECCIÓN DE RAZAS

El primero de ellos es el de la *selección de razas*, aspecto trascendental en cualquier tipo de cultivo, tanto acuícola como terrestre, animal o vegetal.

Lo mismo que ocurre con la pesca, mediante la cual son atrapados en las redes los individuos mejor adaptados, de mayor ritmo de crecimiento, sucede con el marisqueo de los bancos naturales, de manera que permanecen los animales de crecimiento lento, que han tardado más tiempo en alcanzar el tamaño legal, aspecto que seguramente quedará en parte compensado por los depredadores, en el paso de un eslabón de la cadena alimentaria al siguiente.

Sin embargo, en el caso del cultivo del mejillón el riesgo de realizar una selección negativa es grande, hasta el punto de que, en los parques flotantes, los cultivadores advirtieron pronto que con el paso del tiempo los rendimientos disminuían, problema que subsanaban renovando periódicamente los stocks de las cuerdas mediante siembras y trasplantes con mejillones silvestres procedentes del litoral. La sucesiva separación, para el mercado, de los mejillones que han alcanzado la talla comercial, conduce a que, de manera indiscriminada, sean trasplantados, con los mejillones de media cría, los que por poseer un crecimiento lento, han pasado meses en los parques a través de trasplantes sucesivos, y su influencia se deja notar en los descendientes. Es muy posible que el día que se intente el traslado de cría de mejillón procedente de poblaciones naturales adaptadas a soportar condi-

ciones ambientales muy adversas, a parques de cultivo instalados en áreas de condiciones fluctuantes u óptimas, se consiga mejorar, considerablemente, la raza y se reduzca la mortalidad natural. De hecho, estos traslados, aunque por otras razones, ya tienen antecedentes en Barcelona, en donde las mejilloneras antiguamente ubicadas en el puerto, se abastecían de cría procedente de las rías gallegas y del Cantábrico, a causa de que la semilla del litoral próximo daba peores rendimientos. Aunque en este caso, más que renovación de razas o poblaciones, se trataba de sustituir en los parques de cultivo la especie autóctona, *M. galloprovincialis*, por *M. edulis*. Ya vimos que en el SW de Inglaterra, en donde ambas especies coexisten, el ritmo de crecimiento de esta última es cuatro veces mayor que el de *M. galloprovincialis* (SEED, 1971).

Desde hace muchos años se ha venido practicando este procedimiento con la cría de ostra japonesa, de la que los cultivadores norteamericanos de las costas septentrionales del Pacífico, realizaban grandes importaciones los años que, a causa del mal tiempo, la reproducción de la especie era deficiente. Más recientemente, en Francia, *Crassostrea angulata* está siendo sustituida en los parques de cultivo por *C. gigas*, también del Japón. Nosotros realizamos ensayos de crecimiento y engorde de *C. angulata* procedente del sur de España y de Portugal, en las rías gallegas, en cuyas aguas dicha especie no se reproduce, obteniendo un producto de excelente calidad (ANDREU y FIGUERAS, 1967; FIGUERAS y ANDREU, 1968).

Paradójicamente, el mercado español paga altos precios por la ostra plana (*Ostrea edulis*), que se importa de Francia, mientras se resiste a aceptar el consumo de *Crassostrea*.

Lo que sí está claro es que, como ha señalado BAIRD (1966), las áreas de gran crecimiento en longitud no son, necesariamente, buenas para el engorde, aunque dicho autor no acertara a encontrar las razones de este fenómeno. Formando parte de la ría de Vigo, en la boca sur y mirando al mar, se abre la bahía de Bayona, protegida de los temporales por una robusta escollera artificial. Al abrigo de dicha escollera había fondeados varios parques flotantes cuyo propietario poseía otros en la ensenada de Borna, situada en las proximidades del estrecho de Rande, la zona más productiva de la ría. Ya indiqué que en esta parte, más interna, la producción primaria era de tres a cuatro veces mayor que en la parte abierta, en comunicación directa con el mar (VIVES y FRAGA, 1961). Pues bien, en la bahía de Bayona, el crecimiento era óptimo, pero los mejillones no engordaban suficientemente, por lo que, de manera habitual, las cuerdas eran trasladadas y suspendidas en las

bateas de la parte interna de la ría, en donde los moluscos mejoraban extraordinariamente de calidad, antes de ser expedidos al mercado. Puesto que la temperatura y la salinidad son sensiblemente iguales en ambas zonas, no queda sino atribuir este fenómeno a las mayores disponibilidades alimentarias de la zona de Rande.

#### COMPETENCIAS INTERESPECÍFICAS

Otro aspecto de carácter biológico que hay que tener en cuenta antes de llevar a cabo un proyecto de cultivo de mejillones, en gran escala, en una zona determinada, es si con ello se corre el riesgo de eliminar otras especies valiosas del bentos o de inhabilitar el área en cuestión para el cultivo de otras especies de mayor valor comercial que los mejillones.

Ya dijimos que, en la ría de Vigo, los mejillones de una batea vienen a filtrar alrededor de 160.000 metros cúbicos de agua por día, reteniendo media tonelada de materia orgánica particulada en dicho período de tiempo, lo que representa un total de 180 Tm. de materia orgánica por año. Algo así como un tercio del agua circulante, hasta los 10m. de profundidad, entre el estrecho de Rande y la vertical que pasa por el puerto de Vigo, es filtrada, diariamente, por las branquias de los mejillones (ANDREU, 1973). Las ostras cultivadas en la bahía japonesa de Kesennuma, filtran entre el 30 y el 40 por ciento del volumen de agua de dicha bahía cada 24 horas (ITO e IMAI, 1955; FUJINAGA et al., 1957). De cada balsa de 60 metros cuadrados, con 50.000 ostras de promedio, se desprenden al año entre 6 y 10 Tm. de materias fecales heces que se acumulan sobre el fondo, modificando substancialmente las condiciones naturales del mismo. Si en vez de 50.000 ostras por balsa, pensamos que en cada batea existen por lo menos 1.600.000 mejillones, no nos sorprenderá que las materias fecales desprendidas, en este caso, asciendan a alrededor de 100 Tm. por año. Son cifras tan voluminosas que ya se han dejado sentir en la fauna bentónica de áreas tan poco profundas como la de El Bao de Cambados (ría de Arosa), en la que, hasta hace pocos años, existía el banco natural de ostras más rico de Europa. A falta de una circulación eficaz, que suele quedar obstaculizada en parte por las propias mejilloneras, los fondos cambian rápidamente de textura, haciéndose fuertemente reductores, alterando el equilibrio de la fauna del bentos y acabando por eliminar las primitivas poblaciones naturales. La multiplicación indiscriminada de parques flotantes de mejillones puede conducir al exterminio de otras importantes especies comerciales del fondo. En el Japón, donde

la ostricultura constituye una de las industrias más prósperas del país, los mejillones son combatidos como cualquier otra especie competidora o depredadora (MARTEIL y BARRAU, 1972). También en Filipinas, los cultivadores de ostras, han estado considerando al mejillón como un peligro, aunque, al parecer, va a ser emprendida una campaña publicitaria con miras a la introducción de esta especie en el mercado (FIGUERAS, 1976).

Conocidos los riesgos, no se trata más que de tomar partido a la hora de reservar para otras especies suculentas aquellas zonas especialmente prósperas, llevando el cultivo del mejillón a otras áreas abrigadas en las que no se planteen estos problemas de competencia.

#### INFLUENCIA DE LA MAREA ROJA

Otro aspecto biológico que debemos considerar, relacionado con la producción y consumo de los mejillones, es la toxicidad temporal de los moluscos que puede venir condicionada por la multiplicación masiva, en las aguas, de algunas dinoflageladas del género *Goniaulax*, así como también de *Prorocentrum*, *Exuviella* y *Gymnodinium* (INGHAM, MASON y WOOD, 1968), lo que, en algunas áreas geográficas ha ocasionado en los consumidores serios trastornos neurotóxicos, e incluso la muerte (HALSTEAD, 1965).

La mitilitoxina, de efectos similares a los del curare, es acumulada por los mejillones cuando estos ingieren grandes cantidades de *Goniaulax tamarensis*, *G. catenella* y otras especies de dinoflageladas. En la laguna de Ovidos (Portugal) el bivalvo *Cardium edule* (berberecho) produjo intoxicaciones colectivas graves, atribuidas a *Prorocentrum micans*, (PINHO, PINTO y HENRIQUES; 1956. PINTO y SILVA, 1956).

En Noruega, cuando la cantidad de mitilitoxina existente en los mejillones excede, temporalmente, el límite autorizado para consumo humano (400 ME, unidades ratón por 100 g. de carne de mejillón) se prohíbe su venta. Los máximos registrados fueron de 1.700 ME en el fiordo de Oslo y de 2.400 ME en el Trondheim, siendo el organismo responsable *Goniaulax tamarensis*; no se registraron casos de envenenamiento. Las cantidades son pequeñas en comparación con las que suelen registrarse en los mejillones de las costas del Canadá y de Estados Unidos (OFTEBRO y BOHLE, 1965).

En las rías gallegas, la marea roja puede ser observada, de tarde en tarde, hacia finales de verano, cuando se dan una serie de condiciones hidrográficas propicias, entre las cuales podemos citar: fuerte estabilidad de las aguas, salinidad elevada y

uniforme, lluvias escasas y cantidad suficiente de nutrientes (MARGALEF, 1956).

La especie responsable, predominante en Galicia, es *Goniaulax polyedra* (SOBRINO, 1918; MARGALEF, 1956), faltando las consideradas como más peligrosas, por lo que no se han llegado a producir trastornos en los consumidores de moluscos. Sin embargo, cuando las aguas aparecen teñidas de color rojizo, o simplemente turbias, en las áreas afectadas se interrumpe la expedición y procesamiento de mejillones (ANDREU, 1963a).

## EFFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN

La contaminación marina, especialmente ostensible en los estuarios y en las aguas litorales cuando se producen vertimientos de residuos urbanos, industriales y/o agrícolas en el cauce de los ríos o directamente en el mar, puede constituir un factor limitante para la producción de mejillones, llegando, incluso, a hacerlos inhábiles para el consumo.

El incremento de aportes terrígenos y urbanos en la ría de Vigo, según FRAGA (1975), ha contribuido a reducir el espesor de la capa fotosintética en un 20 por ciento, con el consiguiente descenso de la producción primaria. Algunos compuestos organoclorados, utilizados como pesticidas, cuando se encuentran en el agua en cantidad, pueden inhibir la fotosíntesis hasta en un 90 por ciento (BUTLER) con la subsiguiente reducción de las disponibilidades alimentarias.

Con ser importante lo que acabo de decir, lo es mucho más, con miras al consumo, la capacidad de los mejillones para acumular metales pesados, tales como mercurio, cobre, cadmio, etc., todos ellos altamente tóxicos, así como para retener y concentrar gérmenes patógenos causantes de la tifoidea, fiebres paratíficas, cólera, bacilo tuberculoso, esporas de clostridios, virus de la hepatitis, poliomielitis, etc. (CASTELLVI, 1974), cuando estos se encuentran en el agua, procedentes de los vertimientos urbanos. Cuando los mejillones se consumen crudos, pueden ser portadores de las enfermedades citadas, por lo que es indispensable la depuración previa antes de la expedición al mercado, operación que comenzó a practicarse hace muchos años en Inglaterra y que actualmente, se ha generalizado en Francia y en España. Algunos casos de cólera en Italia y más recientemente en Portugal, se han asociado al consumo de mejillones y berberechos, respectivamente, sin depurar.

A raíz de la delimitación de áreas reservadas para cultivos de moluscos en el litoral español, casi coincidente con la promulgación de la ley que regula las normas de circulación y venta de molus-

cos, se realizaron análisis sumarios del estado bacteriológico de las aguas. En las rías gallegas, en las que se suponía la existencia de algunas áreas permanentemente salubres, se comprobó que la presencia de una o más viviendas junto a un arroyo, convertía en insalubres las aguas próximas.

Cuando los parques de cultivo están fondeados en el interior o en las proximidades de los puertos, o se procede al desguace de embarcaciones en las cercanías de los parques de cultivo, es frecuente que los mejillones sepan, en menor o mayor grado, a petróleo, especialmente, en períodos de mal tiempo, cuando la débil capa que flota sobre la superficie, emulsionada con el agua, penetra a varios metros de profundidad. En las experiencias que realizamos en una batea instalada en la dársena de Bouzas, inmediatamente, después de haber cesado un período de fuerte turbulencia, pudimos comprobar que los mejillones tardaron tres semanas en perder el sabor a petróleo. De ordinario, cuando existe una película de petróleo en la superficie del agua, antes de levantar las cuerdas de cultivo para cosechar los mejillones con destino al mercado, los cultivadores la arrastran con ayuda de una motobomba, a fin de que el petróleo no se adhiera al cuerpo y concha de los moluscos (ANDREU, 1963a).

BOHLE (1966) realizó una serie de tests en mejillones procedentes de varias áreas del fiordo de Oslo, pudiendo comprobar que el sabor a petróleo fue advertido sólo en las muestras tomadas en las proximidades de la ciudad de Oslo, lo que atribuye a la contaminación producida por los vertidos de las aguas residuales del alcantarillado.

## INSTALACIONES Y MANO DE OBRA

Independientemente del país y del método de cultivo utilizado, la explotación se lleva a cabo en terrenos del estado, el cual otorga las concesiones o autorizaciones temporales, renovables, de acuerdo con las leyes que rijan en cada país. En Holanda, cada cultivador dispone de una o más concesiones de 5 a 10 hectáreas, por las que paga las correspondientes tasas. En Francia, las concesiones para cultivo en empalizada son concedidos por períodos, renovables de 25 años. La mayoría están organizados en plan familiar, considerando que una familia necesita para vivir entre 2 y 3 Km. de bouchots, lo que supone la instalación, de 10.000 a 25.000 pilotes (DARDIGNAC-CORBEIL, 1955). No tenemos información sobre los costos de explotación de uno y otro método de cultivo, aunque ya dijimos que el que requiere menos inversiones y mano de obra es el que se practica en Holanda.

En Galicia, las autorizaciones para la insta-

lación de parques flotantes son concedidas, en precario, por períodos de 10 años, renovables. Se tramitan a través de la Dirección General de Pesca, dependiente del Ministerio de Comercio, pero intervienen, además, otros departamentos ministeriales: Obras Públicas, Sanidad, Marina, Turismo, etc.

El mayor número de bateas concedido a una sola firma comercial en la ría de Vigo, hasta 1958, fue de 20, siendo más abundantes las concesiones de 1 a 5 bateas (VEIGA, 1958). De los 120 parques entonces instalados, 70 correspondían a 30 propietarios individuales, 14 a empresas constituidas por dos personas, algunas por tres y sólo una sociedad anónima poseía 21 bateas en explotación. Son muy frecuentes, como vemos, las explotaciones a nivel familiar. Al principio, sobre todo, era fácil transformar una gabarra o una embarcación vieja en parque de cultivo. Posteriormente, se han ido constituyendo nuevas empresas que poseen un número elevado de mejilloneras.

En 1958, la explotación de 3 a 4 viveros era considerada como la más rentable (VEIGA, 1958), sin embargo, FIGUERAS (1976) considera que, en la actualidad, el mínimo rentable son 6 parques flotantes, con tendencia a una base mínima de 10 bateas, compartiendo además esta actividad con la de otras industrias subsidiarias, tales como cocederos, estaciones depuradoras, fábricas de conservas, etc.

El costo de un parque flotante depende del tamaño y la clase de materiales. En 1958, según VEIGA, una batea completamente equipada, para 800 cuerdas, costaba alrededor de 250.000 pesetas, tres veces más que en 1948. De la cantidad antes citada, 150.000 pesetas correspondían a carpintería y calafates; 21.000 a cadena de amarre y muerto; 65.000 pesetas a los 6.000 metros de cuerda de esparto y 14.000 pesetas al bote y utillaje diverso. Según FIGUERAS (1976), en la actualidad, el costo oscila entre 750.000 y un millón de pesetas. Los nuevos modelos de parque cuestan unas 800.000 pesetas.

Excepto para las tareas más duras, la mano de obra es, preferentemente, femenina, porque es más barata y más fácil de encontrar, alternando el trabajo en las bateas con otras ocupaciones. Las grandes empresas poseen personal fijo: encargados, guardas, patronos, peones y personal administrativo. En las medianas y pequeñas, la explotación es de carácter familiar. Según VEIGA (1958), los 120 parques flotantes existentes en la ría de Vigo, en 1958 daban ocupación a 450 personas, estableciendo un promedio de 2 a 4 personas por vivero y día. La mano de obra representaba, entonces, los dos tercios de los gastos de explotación, quedando

el otro tercio para renovación y reparación de material, redes para siembra y trasplante, amortización de instalaciones, impuestos, etc., experimentando un incremento de 3 a 4 veces en el período 1950-1958 (VEIGA, 1958). Como ya señalamos anteriormente, el cultivo a flote requiere mucha mano de obra, lo que representa un serio inconveniente para los países de gran desarrollo económico, por el elevado costo de la misma, aspecto que se irá superando a medida que se vaya introduciendo una mayor mecanización.

El precio de venta de los mejillones frescos, puestos sobre vagón, variaba entre 2 y 2,50 pesetas Kg. en 1951, y de 3,50 a 3,75 pesetas Kg. en 1958 (VEIGA, 1958). En la actualidad, el precio sobre batea oscila entre 7,50 y 9,10 pesetas, según el tamaño; sobre vagón, una vez depurado, es de 15-20 pesetas Kg. La venta al público, a 30 pesetas Kg. Apesar del aumento de precio el mejillón sigue siendo la proteína animal más barata de nuestros mercados.

## DEPURACIÓN

Ya hemos indicado que los mejillones son capaces de retener e ingerir las bacterias patógenas existentes en el agua, procedentes de los aportes de materias fecales contenidas en los vertimientos de origen urbano, bacterias que, con toda su actividad, pasan al tubo digestivo del hombre cuando consume crudos dichos moluscos. Por este motivo, en el caso de que los mejillones procedan de áreas de cultivo temporal o permanentemente insalubres, han de ser depurados.

La depuración de los mejillones fue iniciada en Inglaterra con un método puesto a punto por DODGSON en 1928, conocido universalmente como método de Conway, que consiste en la esterilización con cloro del agua destinada a los tanques, en los cuales los mejillones permanecerán 36 horas, es decir, un día y dos noches, dando así tiempo a la expulsión del contenido digestivo de aquéllos.

En la actualidad, el cloro está siendo reemplazado por el ozono, y aún por radiaciones ultravioleta.

En Galicia, una vez que los mejillones han permanecido varios días en la zona de mareas, se envasan en sacos de 10 Kg. y se pasan por un tren de lavado de agua a presión, que arrastra el lodo. Los sacos se trasladan, a continuación, a los canales de depuración para lo que se utilizan dispositivos sobre carriles o cintas transportadoras, de malla.

En los países fríos, la depuración puede hacerse con éxito en circuito cerrado, mientras que



en las regiones cálidas o muy calurosas, es preferible el circuito abierto, de manera que el agua de mar esterilizada circula, en régimen laminar, a lo largo de los canales de depuración (ANDREU, 1963c).

Es importante que, durante el proceso, no se produzcan turbulencias ya que, en caso contrario, los productos fecales conteniendo los gérmenes que se depositan, por gravedad, en el fondo de los tanques, entrarían en circulación con la subsiguiente recontaminación de los moluscos.

La depuración viene a gravar considerablemente, al precio de venta de los mejillones. En 1966 representaba un gasto adicional de 3 pesetas en Kg., mientras que en la actualidad, oscila entre 4 e 5 pesetas, lo que se justifica por el elevado costo de las estaciones depuradoras y lo laborioso y gravoso que resulta su mantenimiento. Algunas de ellas tienen capacidad para depurar, al mismo tiempo, 150 toneladas de mejillones.

#### ASPECTOS RELATIVOS A LA COMERCIALIZACIÓN

En España, hasta que el cultivo se generalizó en las rías gallegas, lo que vino a presionar fuertemente en el mercado, ofreciendo un producto de excelente calidad, el consumo de mejillones quedaba reducido, casi exclusivamente, a las regiones de Cataluña y Levante. En las demás provincias españolas era prácticamente desconocido por las amas de casa, aún en las poblaciones litorales del Cantábrico y de Galicia, en cuyas costas se producía espontáneamente. Hasta tal punto que, en Galicia, los mejillones que tapizaban las rocas del litoral eran cosechados, materialmente rascados, para ser utilizados como cebo en la pesca, y para el abonado de las tierras de labor (NAVAZ, 1942). No es de extrañar, por lo tanto, que la saturación de tan reducidas áreas de mercado constituyera la principal preocupación de los miticultores gallegos, que temían el progresivo envilecimiento de los precios. La publicidad, que hubiera sido la forma más rápida de dar a conocer y de ampliar el consumo de esta nueva fuente de proteínas, fue considerada, durante muchos años, como un posible reclamo que viniera a estimular nuevas inversiones y a aumentar la producción con la puesta en servicio de nuevos parques, por lo cual, hasta hace pocos años, no fueron utilizados dichos medios de difusión.

En la Conferencia Nacional de Pesca, que tuvo lugar en Madrid en 1954, cuando habría tan solo unos 100 parques flotantes en toda Galicia, se llegó a proponer la limitación de nuevas instalaciones en las rías gallegas, aduciendo que la cría de

mejillón procedente de las poblaciones naturales del litoral, de la que se abastecían los cultivadores de Barcelona, no daría abasto para las necesidades ya preteritorias en las regiones de Cataluña y Galicia. Fue entonces cuando tuvimos ocasión de demostrar que el problema de la semilla quedaría solucionado mediante la instalación, en los parques, de cuerdas colectoras, pues habíamos estado llevando a cabo experiencias muy satisfactorias sobre el particular (ANDREU, 1954). Ante estas razones y la decidida oposición de los cultivadores gallegos, la citada propuesta limitativa no tuvo éxito.

A pesar de la resistencia del mercado del interior del país a aceptar el consumo de esta especie, vencidas las primeras dificultades, la demanda aumentó a un ritmo acelerado, gracias, en buena parte, a la industria conservera, que logró excelentes preparados de mejillones, tanto para el consumo interno como para la exportación, hasta el punto de que alrededor del 40 por ciento de la producción era ya absorbida por la citada industria, en 1958 (VEIGA, 1958), quedando el 60 por ciento restante para consumo fresco. En la actualidad, este porcentaje ha seguido en aumento, de manera que, alrededor del 60 por ciento de la producción es procesada por la industria mencionada, quedando el 40 por ciento restante para consumo fresco, del cual el 10 por ciento se destina a la exportación, con destino, principalmente, a Francia e Italia.

La producción en Galicia, en los últimos años, ha aumentado, como ya dijimos, a razón de 2.800 Tm. por año. El temido envilecimiento de precios se ha superado con la creación de una sociedad de ámbito nacional, SOMEGA (Sociedad Mejillonera de Galicia), que se ocupa de la distribución del 80 por ciento de producción española de mejillones, tanto en los mercados de consumo como a las fábricas de conserva (GILES, 1975).

El techo de la producción gallega es muy alto, ya que, según cálculos de FRAGA (1975), la ría de Vigo podría quintuplicar la producción actual de mejillones. Quizás otras rías puedan admitir una ampliación similar, sobre todo si los ingenieros logran diseñar un modelo de parque, sumergible a voluntad, que permitiera ser fondeado en lugares menos abrigados que los actuales, sin riesgos frente a los temporales.

#### EXIGENCIAS DEL MERCADO

El mercado prefiere los mejillones de gran tamaño, en los que el volumen del cuerpo llene materialmente el interior de la concha. Que esta sea fina, uniforme y sin incrustaciones y, por

supuesto que ofrezcan las indispensables garantías sanitarias para el consumidor.

En Holanda, son cosechados hacia finales del tercer verano, cuando tienen dos años y medio de edad y miden alrededor de 65 mm. El 90 por ciento de la producción es exportada a Bélgica y Francia.

En Inglaterra, la preferencia del mercado es manifiesta para los mejillones de 65 mm. o aún mayores (BAIRD, 1966), adquiriendo los mejores índices de condición en otoño e invierno. MASON (1972) sugiere como época más adecuada para la recolección, la comprendida entre mediados de julio y finales de marzo; los mejillones son considerados de buena calidad cuando el peso del cuerpo constituye del 35 a 40 por ciento del peso bruto (DAVIES, 1969).

En la región del Pertus Breton (Francia) la expedición se lleva a cabo entre los meses de mayo-junio y febrero, cuando miden de 40 a 60 mm. (DARDIGNAC-CORBEIL, 1975), aunque el mercado francés tiene preferencia por los mejillones de gran tamaño.

En España, el período de comercialización es más amplio, extendiéndose, en mayor o menor grado, a casi todo el año, muy especialmente, desde junio hasta marzo. Las exportaciones a Francia se realizan de septiembre a marzo, cuando la cosecha propia ha sido prácticamente agotada en dicho país. El mercado, tanto en fresco como en conserva, está habituado al consumo de mejillones de gran tamaño, que suele oscilar entre los 85 y 95 mm. Ya dijimos que en estos mejillones, durante el otoño y el invierno, el contenido en carne viene a ser del orden del 50 por ciento, respecto al peso bruto, porcentaje difícilmente alcanzado en los moluscos de otros países.

La promoción de mercados y la presentación, cada vez más cuidada, puede contribuir a incrementar la demanda.

## PERSPECTIVAS

Ya hemos visto que el mejillón es un marisco de excelente calidad, rápido crecimiento, elevado índice de reconversión, fácil de producir y una de las proteínas de origen animal más baratas del mercado.

En los países que posean zonas de costa resguardadas, ricas en fitoplancton, y mano de obra barata, el cultivo de este molusco puede conducir a mejorar la alimentación contribuyendo además a solucionar el déficit mundial de alimentos (RYTHER y BARDACH, 1968; DAVIES, 1969;

KINNE, 1970; MASON, 1972) JOYNER y SPINELLI (1969) han estado realizando experiencias con miras a la producción de concentrado de proteínas para consumo humano, a bajo precio, a partir de los mejillones.

En lo que respecta a Europa, dijimos que Francia no parece tener demasiadas posibilidades de expansión, ya que las áreas que ofrecían condiciones para ello ya están sometidas a cultivo. La adición de nuevas hileras de postes representa más riesgos, más competencia alimentaria en los existentes y, a veces, la resistencia de los cultivadores ya instalados. En Holanda, el problema estriba en disponer de fondos realmente abrigados. Cuando se produzca el cierre del Oosterchelde, las parcelas de cultivo de Zeeland habrán de ser abandonadas. Esta pérdida podría ser compensada en los fondos de Waddensee, pero, como vimos, los cultivadores tropiezan con la oposición sistemática de los productores de camarones que vienen operando, tradicionalmente, en dichos fondos (KORRINGA, 1974). Por lo tanto, la producción holandesa de mejillones tenderá más bien a disminuir en el futuro.

Quedan pendientes las tentativas de cultivo a flote ensayadas en Inglaterra y Noruega, así como posibles aumentos de producción en Alemania y en algunos países mediterráneos. En cuando a España, ya dijimos que el cultivo se halla aún en plena expansión, expansión que todavía admite la instalación de numerosas mejilloneras, hasta multiplicar por 4 ó por 5 la producción actual.

El problema ahora estriba, no tanto en producir más, sino de manera más competitiva, reduciendo al máximo los gastos de mano de obra, aspecto que se irá consiguiendo en la medida en que el sistema artesanal vaya siendo reemplazado por el empresarial, con mayores disponibilidades económicas, y el cultivo vaya entrando en una fase de progresiva mecanización.

## BIBLIOGRAFIA

- ANDREU, B. - 1954. Cultivos de moluscos. *Reun. sobre Product. y Pesquerías Inst. Inv. Pesq.*, 1: 39-42.
- ANDREU, B. - 1957. Sobre el cultivo del mejillón en Galicia. *Reun. sobre Prod. e Pesquerías Inst. Inv. Pesq.*, 3: 102-107.
- ANDREU, B. - 1958. Sobre el cultivo del mejillón en Galicia: Biología, crecimiento y producción. *Inv. Pesq.*, Vigo. 745-746: 44-47.
- ANDREU, B. - 1963. El mejillón como primera materia para la conserva. *Inf. Conserva*, Valencia, 119-120: 404-410. (Trad. al inglés por *Fish. Res. Canada, Transl. Serv.* 741: The mussel as raw material for canning, 1966: 15 pp.
- ANDREU, B. - 1963. *Proyecto de estación depuradora*

- en Aguiño. Mimeografiado: 31 pp.
- ANDREU, B. — 1965. Biología y parasitología del mejillón gallego. *Las Ciencias*; 30 (2): 107-118.
- ANDREU, B. — 1973. Perspectivas de la acuicultura marina en España. *Inf. Técn. del Inst. Inv. Pesq.*, 9: 47 pp.
- ANDREU, B. y A. FIGUERAS. — 1967. Parque experimental de ostricultura de Villajuan: estudio preliminar de las condiciones ambientales, crecimiento y adaptación de la ostra plana y del ostión. *Publ. Técn. Junta. Est. Pesca*, 6: 249-273.
- BAIRD, R. H. — 1966. Factors affecting the growth and condition of mussels (*Mytilus edulis* L.). *Fish. Invest.* 26(2): 33 pp.
- BARDACH, J. E.; J. H. RYTHYER y W. O. McLARNEY. — 1972. *Aquaculture. The farming and husbandry of freshwater and marine organisms*. Wiley. Interscience, 868 pp.
- BOHLE, B. — 1966. Blaskjell med oljesmak *Fiskets. Gang*, 47: 866-867.
- BOHLE, B. y K. F. WIBORG. — 1967. Forsok med dyrking av blaskjell. *Fiskets. Gang*. 53 (24): 391-395.
- CASTELLVI, J. — 1971. Consideraciones generales sobre la depuración de moluscos. *Publ. Técn. Dir. Gral. Pesca. Marit.*, 9: 327-340.
- CASTELLVI, J. — 1972. Depuración de moluscos: su fisiología. *Inv. Pesq.*, 36 (2): 311-326.
- CASTELLVI, J. — 1974. Contaminación de aguas litorales por gérmenes patógenos. *Las Ciencias*, 39 (5): 339-342.
- CHOE, S. — 1970. Studies on feeding and growth of the oriental brown shrimp, *Penaeus japonicus* Bate. *Bull. Korean. Fish. Soc.*, 3 (3): 161-171.
- DARDIGNAC-CORBELL, M<sup>a</sup> J. — 1975. La culture des moules sur bouchots. *Sc. et Pêches. Bull. Inst. Pêches marit.*, 244: 10 pp.
- DAVIES, G. — 1969. En *The Encyclopedia of Marine Resources*. ed. F. E. Firth, Van, Nostrand Reinhold Co, N. Y., 421-426.
- DODGSON, R. W. — 1928. Report on mussel purification. *Fish. Invest. Ser. II*, 10 (1): 498 pp.
- EDWARDS, E. — 1968. *A review of mussel production by raft culture*. *Irish. Sea. Fish. Bd., Resource Record Paper*: 7 pp.
- F. A. O. — 1955-56-1973. *Anuario Estadístico de Pesca*, capturas y desembarcos, 6 al 36.
- FIGUERAS, A. — 1976. Desarrollo actual del cultivo del mejillón (*Mytilus edulis* L.) y posibilidades de expansión. *Conferencia Técnica de la FAO sobre Acuicultura*, Kyoto, Japón, 26 mayo-2 junio 1976. (mimeografiado).
- FIGUERAS, A. y B. ANDREU. — 1968. Parque experimental de ostricultura de Villajuan: estudio de los factores ambientales, crecimiento y mortalidad de la ostra plana y del ostión. II. Período 1966-67. *Publ. Técn. Junta Est. Pesca*, 7: 275-302.
- FRAGA, F. — 1975. Importancia de las rías bajas: su productividad primaria. Conferencia. Curso Univ. Vigo, (mimeografiado).
- FRASER, J. H. — 1938. *Proc. Trans. Lpool. biol. Soc.*, 51: 1-21. (Cit. MASON, 1972).
- GILES, J. — 1975. Mussels, the Spanish success story. *World. Fishing*. 24 (9): 31-33.
- HALSTEAD, B. W. — 1965. *Poisonous and Venomous Marine Animals of the World. Vol. I. Invertebrates*. U. S. Govern. Printing. Office. Wash: 994 pp.
- HICKLING, C. F. — 1968. *The farming of fish*. Pergamon Press, Londres, 88 pp.
- HURLBURT, C. G. — 1974. Blue Gold. Mariculture of the edible blue mussel (*Mytilus edulis*). *Society for the advancement of Good Service Research*: 1-20.
- IMAI, T.; S. ITO y T. NAKAMURA. — 1957. Ecological analysis of oyster beds in Kesenuma Bay. *Spec. publ.*, 1: 39.
- INGHAM, H. R.; J. MASON y P. C. WOOD. — 1968. Distribution of toxin in molluscan shellfish following the occurrence of mussel toxicity in north-east England. *Nature*, 220: 25-27.
- ITO, S. y T. IMAI. — 1955. Ecology of oysters beds. I. On the decline of productivity due to repeated culture. *Tohoku J. Agr. Res.*, 5 (4): 251-268.
- JOYNER, T. y J. SPINELLI. — 1969. Mussels: a potential source of high-quality protein. *Commercial Fisheries Review*, 31 (8-9): 31-35.
- KINNE, O. — 1970a. Cultivation of marine organisms and its importance for marine biology. Opening address Intern. Symp. *Helgoländer wiss. Meeresunters.* 20: 1-5.
- KINNE, O. — 1970 b. Cultivation of marine organisms and its importance for marine biology: closing address, Intern. Symp. *Helgoländer Wiss. Meeresunters.* 20: 707-710.
- KORRINGA, P. — 1974. Implicaciones biotécnicas de los cultivos marinos a escala industrial. *Inf. Técn. Inst. Inv. Pesq.*, 14: 125-141.
- LANDE, E. — 1973. Growth, spawning, and mortality of the mussel (*Mytilus edulis* L.) in Prestvaagen, Trondheimfjorden. *Contr. Biol. St. Trondheim*, 151: 26 pp.
- LOOSANOFF, V. L. y B. ENGLE. — 1943. Loss in weight and mortality of sea mussels kept in storage at different temperatures. *Fishery Market News*, 19: 4 pp.
- MARGALEF, R. — 1956. Estructura y dinámica de la "purga de mar" en la ría de Vigo. *Inv. Pesq.*, 5: 113-134.
- MARTEIL, L. y W. BARRAU. — 1972. L'ostreiculture japonaise. *Sc. et Pêche, Bull. Inst. Pêches marit.* 215: 20 pp.
- MASON, J. — 1968. Cultivation of mussels, *Mytilus edulis* L., in Scotland. *ICES Fisheries Improvement Comm. Doc. E 4*, (mimeografiado): 5 pp.
- MASON, J. — 1969. Mussel raft trials succeed in Scotland. *World. Fishing*, 18 (4): 22-24.
- MASON, J. — 1971. Mussel cultivation. *Underwater Journal*, 3 (2): 52-59.
- MASON, J. — 1972. The cultivation of the European Mussel, *Mytilus edulis*, Linnaeus. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.*, 10: 437-460.
- MEDCOF, J. C.; A. H. LEIM; A. B. NEEDLER y A. W. H. NEEDLER. — 1947. Paralytic shellfish poisoning on the Canadian Atlantic coast. *Bull. Fish. Res. Bd. Canada*, 75: 1-32.
- NAVAZ, J. M<sup>a</sup>. — 1942. Estudio de los yacimientos de moluscos comestibles de la ría de Vigo. *Trab. Inst. Esp. Ocean. Madrid*, 16: 74 pp.
- OFTEBRO, T. y B. BOHLE. — 1965. Undersokelser av mytilotoksini i blaskjell (*Mytilus edulis* L.). *Fiskets. Gang*. 10: 152-154.
- PERES, J. M. — 1974. En Seminario Interdisciplinar de Acuicultura Marina. Vigo. *Inf. Técn. Inst. Inv. Pesq.*, 14: 121.
- PINHO, B. de; J. SANTOS PINTO y D. G. HENRIQUES. — 1956. Intoxicação alimentar colectiva por berbigão (*Cardio edule* L.) *Journal Soc. Cienc. Medicas*

- 120 (3): 1-18. Lisboa.
- PINTO, J. dos S. y E. de S. SILVA. - 1956. The toxicity of *Cardium Edule* L. and its relation to the dinoflagellate *Prorocentrum micans*, Ehr. *Notas e Estudos* 12: 20 pp.
- QUAYLE, D. B. - 1969. Paralytic shellfish poisoning in British Columbia. *Bull. Fish. Res. Bd. Can.*, 168: 68 pp.
- ROBINSON, G. A. - 1968. Distribution of *Goniulax tamarensis* Lebour in the western North Sea in April, May and June 1968. *Nature*, 220: 22-23.
- RYTHER, J. H. - 1968. *The status and potential of aquaculture, particularly Invertebrate and algae culture. Part II.* U. S. Dept. of Commerce. Nat. Bur. of Standards, 261 pp.
- RYTHER, J. H. - 1969. - The potential of the stuary for shellfish production. *Proceed. Nat. Shellfisheries. Ass.* 59: 18-22.
- RYTHER J. H. y J. E. BARDACH. - 1968. *The status and potential of aquaculture, particularly Invertebrate and algae culture. Part. I.* U. S. Dept. of Commerce, Nat. Bur. of Standards: 45 pp.
- SAN FELIU, J. M<sup>a</sup>; F. MUÑOZ y M. ALCARAZ. - 1973. Técnicas de cría artificial de crustáceos. *Inv. Pesq.*, 37 (3): 557-576.
- SEED, R. - 1971. A physiological and biochemical approach to the taxonomy of *Mytilus edulis* L. and *M. galloprovincialis* Lmk from S. W. England. *Cahiers de Biologie Marine*, 12: 291-322.
- SOBRINO, R. - 1918. La purga de mar o hematotalasia. *Mem. R. Soc. Esp. H<sup>a</sup> Nat*, 10 (9): 407-458.
- VEIGA, C. - 1958. El cultivo del mejillón en la ría de Vigo. *Estudios Geográficos*, Inst. J. Seb. Elcano, 73: 513-538.
- VERWEY, J. - 1952. On the ecology of distribution of cockle and mussel in the Dutch Waddensea. Their role in sedimentation and the source of their food supply. With a short review of the feeding behaviour of bivalve mollusks. *Arch. néerl. Zool.*, 10 (2): 171-239.
- VIVES, F. y F. FRAGA. - 1961. Producción básica en la ría de Vigo (N. W. de España). *Inv. Pesq.*, 19: 129-137.
- WAUGH, G. D. - 1966. A crop from the sea. *Geographical Magazine*, 39: 263-267.

# REPRODUCTIVE CYCLES OF MARINE INVERTEBRATES

Arthur C. Giese

Stanford University, Stanford, California 94305, U.S.A.

It is a basic tenet of the comparative physiologist that a function is best understood from the vantage point of that function in a wide spectrum of animal types. In the present report reproductive cycles are compared for marine invertebrates only, rather than for animals in general, because the marine invertebrates show features in common, many not shared with fresh water and terrestrial invertebrates.

The reproductive cycle of a marine invertebrate may be divided into a number of events: 1) zygote formation, 2) cleavage to form an embryo, 3) differentiation of the embryo and hatching into a free swimming larva (by-passed in brooders), 4) metamorphosis of the larva into a juvenile, 5) growth of the juvenile into an adult, 6) accumulation of nutrient reserves, 7) development of sex organs utilizing the nutrient reserves, 8) multiplication of gonial cells, 9) maturation (meiosis) of gonial cells — in females, often only part way through meiosis, — in males completion of meiosis in spermatogenesis, followed by spermiogenesis, 10) spawning or copulation, the latter often followed by spawning of zygotes or free swimming larvae. Asexual reproduction occurs in many marine invertebrates — it is not considered in this report.

The events of the breeding cycle are probably all regulated by internal control mechanisms triggered by environmental cues. The present review first emphasizes some general features of reproductive cycles in marine invertebrates. It then considers control mechanisms for individual events in the reproductive cycle to the extent possible with the limited information now available, rather than for the whole reproductive cycle.

Reference is made to preceding reviews (Giese, 1959; Giese and Pearse, 1974) for documentation of topics already covered in detail

elsewhere. However, all topics are briefly considered to serve as a framework for other papers in this seminar dealing with reproductive cycles.

## GENERAL FEATURES

### 1. Sexual lability

We are accustomed to thinking of sex as the state of being male or female, as is characteristic of terrestrial vertebrates and insects with which we are most familiar. Among vertebrates and insects hermaphrodites occur only as a result of developmental anomalies. In marine invertebrates, sex is much more labile than in vertebrates and insects. Not only is hermaphroditism found in all the major taxa of marine invertebrates, but it prevails in some classes (Table 1). Furthermore sex reversal may occur, growing individuals developing first into males (protandry) and later becoming females as they grow larger. Occasionally the reverse is true (proterogyny). Sometimes the females revert to males again as in the oyster *Crassostrea virginica*. In some species sex reversals are seasonal and periodic as in the oyster *Ostrea edulis*, each adult oyster completing one male and one female phase a year (Coe, 1943).

A gonochoric species may become hermaphroditic under some circumstances, for example the chiton *Cyanoplax dentiens* isolated in high tide pools. Sometimes a species is gonochoric in one part of its range and hermaphroditic in another, for example the sea star *Asterina gibbosa* which at Roscoff (northern France) is a protandric hermaphrodite, at Banyuls (southern France) it may be a simultaneous hermaphrodite, while at Naples it tends to be gonochoric (Cuenot, cited in Ghiselin, 1969). Among ophiuroids, of 54 viviparous species,

TABLE 1

## Hermaphroditism among marine invertebrates\*

Phylum	Class	Gonochoric	Hermaphroditic
Porifera		Some	Mainly
Cnidaria	Hydrozoa	Mainly	Some
	Scyphozoa	Mainly	Some
	Anthozoa	Common	Fairly frequent
Ctenophora			Simultaneous or protandric
Nemertinea		Mainly	Some marine, most fresh water
Platyhelminthes	Turbellaria	Occasional	Almost without exception
Echiura		Mainly	A few
Sipuncula		Mainly	A few (e.g. <i>Golfingia</i> in youth)
Brachiopoda		Mainly	A few (e.g. <i>Pumulus</i> )
Annelida	Polychaeta	Mainly	A few (e.g. <i>Spirobis</i> )
	Clitellata		Exclusively
	Amphineura	Mainly	Occasionally in true chitons
Mollusca			Generally in Aplacophora
	Bivalvia	Typically**	In some, e.g., oysters
	Scaphopoda	All	None known
	Gastropoda	About half	Some prosobranchs, all opisthobranchs.
Arthropoda	Cephalopoda	Typically	Exceptionally, if at all
	Crustacea	Typically	Barnacles, deep sea species parasites
	Pycnophodia	Invariably	
Echinodermata	Echinoidea and Crinoidea	Invariably	Occasional individuals
	Asteroidea, Ophiuroidea, and Holothuroidea	Typically	Some species with reduced larval stages
Hemichordata		Some ( <i>Rhabdopleura</i> )	Many
Chordata	Tunicata	Some	Sessile species

\*Mostly from Hyman, 1955, 1959, 1967; Coe, 1943, 1944; and chapters in Giese and Pearse, 1974 and succeeding volumes published and in preparation.

\*\* In Brazilian waters a species of *Pecten* and *Crassostrea rhizophorae* are hermaphroditic, but the other bivalves studies are gonochoric: *Anomalocardia brasiliensis*, *Chione subrostrata*, *Tivela mactroides*, *Perna perna*, *Mytella charruana*, *Donax hanleyanus* and *Semele proficua* (W.F.P. Avelar, personal communication).

9 were gonochoric, 2 or 3 parthenogenic and 36 hermaphroditic (1 facultative, 9 protandric) and four species have dwarf males (Mortensen, cited in Ghiselin, 1969). Coe (1943, 1944) reviewing sexuality of Mollusca classified sexual lability in the following categories: hermaphroditism (ambisexuality), consecutive sexuality, rhythmical consecutive sexuality and alternative sexuality.

As with vertebrates developmental anomalies lead to hermaphroditism in gonochoric marine invertebrates, for example in sea urchins (Booolootian and Moore, 1956). Though less well documented hermaphroditism occurs occasionally in other gonochoric invertebrates.

## 2. Free swimming larvae

In the great majority of marine invertebrates spawning in sea water is following by zygote formation and development into a free swimming larva. About 80 to 85% of marine invertebrates

in tropical seas have such larvae and 55 to 65% in temperate seas (Thorson, 1950).

Marine larvae not only disperse by swimming but they are also carried by ocean currents far from their point of origin. This provides advantages in reaching widespread areas in which the species may find conditions favorable for growth and development. Many of the most numerous and widely distributed invertebrates have such larvae (Table 2).

The larvae are of four main types 1) pre-protostome, simple ciliated larvae of the less differentiated phyla, 2) protostome, with the mouth developing at or near the blastopore, 3) deuterostome, with a mouth appearing secondarily, the anus forming at or near the blastopore and 4) segmented larvae with jointed appendages, unique to the crustaceans. The first three types of larvae swim by action of extended ciliary bands, crustacean larvae swim by movement of their appendages which have bristles to provide surface area for propulsion.

TABLE 2

## Free-swimming larvae of marine invertebrates\*

Phylum	Class	Larva	Type
Porifera		Amphiblastula, parenchymella	
Cnidaria	Hydrozoa, Scyphozoa	Planula	Preprotostome
	Anthozoa		
Platyhelminthes	Turbellaria	Muller's larva	Preprotostome
Nemertinea		Pilidium	Preprotostome
Annelida	Polychaeta	Trochophore	Protostome
Mollusca	Amphineura	Trochophore	Protostome
	Bivalvia	Trochophore-veliger	Protostome
	Scaphopoda	Trochophore-veliger	Protostome
	Gastropoda (Archaeogastropoda)	Trochophore-veliger	Protostome
Arthropoda	Crustacea	Nauplius, (3), metanauplius (4), protozoa (7), zoea (8), etc.	Unique type
Echinodermata	Asteroidea	Bipennaria	Deuterostome
	Echinoidea	Pluteus	Deuterostome
	Ophiuroidea	Ophiopluteus	Deuterostome
	Holothuroidea	Auricularia-Doliolaria	Deuterostome
	Crinoidea	Doliolaria	Deuterostome
Hemichordata	Enteropneusta	Tornaria	Deuterostome
Chordata	Tunicata	Deuterostome-tadpole	Deuterostome
	Cephalochordata	Neurula	Transitional

\* When brooding occurs the embryo may pass through a truncated larval stage or develop directly into a juvenile. Data mainly from Hyman, 1955, 1959, 1967 and chapters in Reproduction of Marine Invertebrates (A.C. Giese and J.S. Pearse, eds.), published and in preparation.

## 3. Quantity of gametes

The chance that a zygote of a marine invertebrate will become an adult is small when eggs, zygotes or free swimming larvae are spawned into sea water. Most of them are eaten by filter feeders or small carnivores. Consequently spawning species must produce many more gametes than viviparous ones to survive. Small wonder that the proportion of the body devoted to reproductive organs is large. In the sea urchin *Strongylocentrotus purpuratus* at the height of the breeding season about one fifth to one fourth of the body weight consists of gonad, most of which consists of gametes. Approximately half the organic matter of the body is localized in the gonad. The gonads of some sea stars comprise a similar proportion of the body. As much as 40 to 60% of the total organic production of the clam *Mercenaria mercenaria* is slated for reproduction and 20 to 25% of the soft body mass appears as gametes (Ansell, 1967). In many bivalves a similar large proportion of body mass is devoted to gonad. In spite of a similar share of its economy devoted to reproduction it has been estimated that the clam *Mya arenaria* sets about 40 spat a year, of which only a fraction live to maturity (Ayers, 1956).

The number of eggs produced by spawning marine invertebrates is accordingly very large. The European sea star *Asterias rubens* is estimated to

produce 2.5 million eggs and 200 million sperms per breeding season (Hyman, 1955). Chia (unpublished) estimates that the sunstar *Pycnopodia helianthoides* produces 160 million eggs per season and the leather star *Dermasterias imbricata* about 124 million. The sea urchin *S. purpuratus* is estimated to produce about 40 million eggs and the crinoid, *Comanthus japonicus* about 12 million eggs per season. *Ostrea edulis* which broods its young to the larval stage produces about 91,000 eggs the first year, 218,000 the second year, 462,000 the third and 902,000 the fourth (Cole, 1941). *Crassostrea virginica* produces 15 to 115 million eggs per season and *C. gigas* 11.4 to 55 million eggs per season (Galtsoff, 1964). Andrews (unpublished) states that oysters probably spawn more eggs than any other invertebrates up to 100 million a spawn, an act which may be repeated several times a year (Table 3).

## 4. Brooding

Akin to brooding, and sometimes called brooding, is the attachment to objects on the sea bottom of yolky eggs in protective egg capsules in the form of masses (e.g. squids) or long ribbons (e.g. snails). The young generally bypass larval stages, reaching the juvenile stage before hatching, (e.g. squids). The eggs so deposited may be cleaned and tended as in *Leptasterias pusilla*. When removed

TABLE 3

## Number of eggs produced by some marine invertebrates

Type of breeding	Species	Common name	Number of eggs
Broadcast spawning	<i>Crassostrea virginica</i>	American oyster	15 to 115 million <sup>1</sup>
	<i>C. gigas</i>	Japanese oyster	11 to 55 million <sup>2</sup>
Brooder (to larva)	<i>Ostrea edulis</i>	European oyster	91,000 1st year <sup>2</sup> 902,000 4th year
Broadcast spawner	<i>Pisaster ochraceus</i>	Ochre star (0.78 kg)	63 million
	<i>Dermasterias imbricata</i>	Leather star (1.72 kg)	124 million <sup>3</sup>
	<i>Pycnopodia helianthoides</i>	Sunstar (3.94 kg)	160 million <sup>3</sup>
	<i>Strongylocentrotus purpuratus</i>	Purple sea urchin (100 g)	40 million
	<i>Comanthus japonicus</i>	Japanese crinoid	12 million per year <sup>4</sup>
Brooder (to juvenile)	<i>Leptasterias hexactis</i>	Six-ray star <sup>3</sup> (2 g)	250
		(109 g)	1500
	<i>Leptasterias pusilla</i>	Six-ray <sup>5</sup> star	40 to 60
Fraction of body in peak-season gonad (gonad index)			
	<i>Mercenaria mercenaria</i>	40-60% (clam)	
	<i>Dermasterias imbricata</i>	30% (leather star)	
	<i>Strongylocentrotus purpuratus</i>	25% (purple sea urchin)	
	<i>Sterechinus nemeyeri</i>	40% (antarctic sea urchin)	

<sup>1</sup>Galtsoff, 1964; <sup>2</sup>Cole, 1941; <sup>3</sup>Chia, unpublished; <sup>4</sup>Holland *et al.*, 1975; <sup>5</sup>Smith, 1971.

and placed in running sea water such eggs deteriorate (Smith, 1971).

True brooding of young on or in the body occurs to some extent in almost all marine invertebrate groups and in all environments, including the tropics (Table 4). It is most common in the deep sea and at the poles. Only a small percentage of polar species have free swimming planktotrophic larvae. When a larva is formed, however, as in the antarctic sea star *Odontaster validus*, it is demersal (Pearse, 1969). It thus escapes the more numerous enemies encountered by a planktotrophic existence at the sea surface, an alternative to brooding which occurs in other antarctic sea stars, for example, the viviparous *Diplasterias brucei* which broods the young in its stomach (Dearborn, personal communication), as does *Asterias groenlandica* (Lieberkind, 1920).

Brooded eggs are generally large and amply supplied with yolk, enabling the embryo to reach the juvenile stage. They may be cemented to the body of the female (sometimes to the male as in *Pycnogonida*), held in less mobile areas of the body, or be kept in well-developed brood pouches of various types; occasionally they are kept in the coelom, stomach or even in the ovary (Table 5).

The more prolonged the brooding, the fewer eggs are needed to insure survival of the species. For example, the brooding oyster *O. edulis* which broods to the free swimming larval stage produces fewer eggs than the non-brooding *C. virginica*

(Table 3), though the number of eggs is still very large. However, fewer eggs are needed for survival by species which brood to the juvenile stage a few hundred eggs suffice, and rarely only one egg is produced. Brooding is labile in some species, for example, in the sea star *Henricia leviscula* which occurs in a wide range of sizes. Dwarfs high in the intertidal brood their young while larger ones lower on the sea shore are free spawners (Chia, 1966).

Brooding to an advanced stage releases the parent from producing young when planktonotrophic larvae can find abundant food. Their reproduction is related more to the availability of food for adults. Brooding to the free swimming larval stage still binds the parent to spawn ("swarm") when there is plankton upon which the larvae may feed.

While by brooding to juvenile stages a species may produce fewer eggs, thereby reducing the energy budget devoted to reproduction, it limits the distribution of a species. Juveniles cannot be carried by ocean currents to widespread areas of the sea as can free swimming larvae and must depend upon their slow locomotion to find appropriate habitats. Such species are generally found in limited areas; speciation is likely to result from isolation (Smith, 1971).

## METHODS FOR STUDYING REPRODUCTION

A variety of methods have been used to study reproductive periodicity in marine inverte-



TABLE 4

Examples<sup>1</sup> of brooding marine invertebrates\*

Phylum	Class	Examples
Annelia	Polychaeta	<i>Harnathoe imbricata</i> <i>Brania clavata</i> <i>Nereis caudata</i> <i>Nicolea zostericola</i>
Mollusca	Amphineura	<i>Nuttalina cinerea</i> <i>Ischnochiton thomasi</i> <i>Chiton barnesii</i>
	Bivalvia	<i>Macoma</i> <i>Nucula</i> <i>Ostrea edulis</i>
Arthropoda	Gastropoda	<i>Hydromeles</i>
	Crustacea	Most crustaceans including lobsters, crabs, shrimps, amphipods, isopods, barnacles ostracods, branchiopods and copepods
Echinodermata	Pycnogonida	All known species*
	Asteroidea	<i>Leptasterias pusilla</i> ,** <i>L. hexactis</i> <i>Asterias groenlandica</i> <i>Henricia sanguinolenta</i> <i>Hypsechinus coronatus</i> <i>Ctenocidaria kerguela</i> <i>Anochanus sinensis</i>
	Echinoidea	<i>Cucumaria glacialis</i> <i>Synapta hydriformis</i>
	Holothuroidea	<i>Antedon mediterranea</i> <i>Isometra vivipara</i> <i>Florometra serratissima</i>
	Crinoidea	Colonial ascidians
Chordata	Tunicata	Colonial ascidians

\* Usually brooded by females

\* In many species brooding is done by males; in some, by females.

\*\* Females normally brood the eggs, but males may do so.

<sup>1</sup> From many sources, including Hyman, 1955, 1959, 1967 and Giese and Pearse, 1974 and volumes in preparation.

TABLE 5

## Ways in which marine invertebrate eggs are brooded\*

Phylum	Class	Broded in:
Mollusca	Amphineura	Mantle cavity; in one case in oviduct
	Bivalvia	In gill chambers
	Gastropoda	(eggs in gelatinous, protective capsules, not attended afterwards)
Arthropoda	Crustacea	Attached to swimmerets (sponge) or carried in abdominal brood pouch
	Pycnogonida	On ovigerous legs of males or in brood chamber on femur female
Echinodermata	Asteroidea	In angles of the arms, in brood sacs, or in one case in stomach
	Echinoidea	On peristome, on periproct, in sunken areas, in brood chambers
	Ophiuroidea	Genital bursae, in one case in ovary, in another in coelom
	Holothuroidea	Cemented to body, external pockets or in coelom
Chordata	Crinoids	Outer surface of plumes, brood chambers near gonad
	Tunicata	Colonial forms: base of the atrial chamber

\* From many sources, including Hyman, 1955, 1959, 1967; and Giese and Pearse, 1974 and volumes in preparation.

brates. Sometimes the spawning periods in nature or in the laboratory are recorded, or the number of larvae present in plankton tows are determined. Most frequently a sample of a species population is observed periodically to determine the reproductive stage of the gonad: either from pieces of the live gonads or, more commonly, from histological preparations. Reproductive development is graded in stages such as indeterminate (resting), multiplication of gonial cells, gametogenesis, presence of mature gametes in a gravid gonad, partially spawned, fully spawned, with relict gametes being ingested by amebocytes. Spawnout is followed by a resting stage in some species, e.g. *C. virginica*, but in a number of clams one gametogenic cycle follows another (Loosanoff and Davis, 1967).

Considerable information on reproduction has been obtained by the use of the gonad index (ratio of wet weight of gonad to wet body weight, or other parameters of gonad and body). This method measures the reproductive stages quantitatively only when most of the gonad consists of gametes, as in the sea urchin *S. purpuratus* and the sea star *Pisaster ochraceus*. Gonad indexes are difficult to determine when the gonad is not easily separable from other body components, as in bivalves. Sometimes chilling makes this possible, as was done in a study with *Tivela stultorum* (Giese et al., 1967).

When the gonad index does not change significantly during reproduction, methods other than the gonad index must be used. On a histological preparation egg diameters of a representative sample of eggs can be measured periodically during the reproductive season and the average diameters can be plotted as polygons for each sample. At the beginning of the reproductive season only eggs of small diameter are present; as the season progresses populations of eggs of larger diameter appear until eggs of maximal size become dominant. These are spawned as a class and another cycle is indicated when small eggs reappear in the sections.

A variant of the above method was used with the sipunculid worm *Phascolosoma agassizii*. The eggs, removed periodically with the coelomic fluid, from a sample of the population, were centrifuged to measure net volume. Measurements of egg diameters were also made for polygon plots (Towle and Giese, 1967).

In some marine invertebrates eggs of several size classes may be present on a section of a gonad at the same time. Sometimes there represent eggs for future spawning periods, as in the antarctic star *Odontaster validus* (Pearse, 1965) and the antarctic sea urchin *Sterechinus neumeyeri* (Pearse

and Giese, 1966). One can follow the increase in size in sections of each crop of eggs. Analysis of egg diameters in this manner gives much more objective information than can be obtained by subjective grading into stages.

Decisive information about the length of the reproductive cycle can be obtained from histological preparations using tracer labelling and autoradiography (Holland and Giese, 1965). Tritiated thymidine is injected into young animals at the beginning of a reproductive cycle. Samples of gonads are periodically removed, sectioned and autoradiographed. The tracer first appears in gonial cells and progresses to the gametes. The time at which gametes are shed defines the length of the cycle. It is also possible to estimate the time spent in each of the various phases of the reproductive cycle by this means.

#### BREEDING PATTERNS

Breeding patterns of marine invertebrates have been described and documented elsewhere (Giese, 1959; Giese and Pearse, 1974); only a brief account with examples is given here. Some marine invertebrates breed continuously, since in a population of a species, breeding individuals may be found at all times of the year. To make this possible gonial cells could either give rise to gametes continuously or to successive crops of synchronously developed gametes. The periods between successive crops of gametes might be as short as several days to several weeks. There is some evidence for each, but tracer labelling is desirable to study the matter.

"Continuous" breeding is especially characteristic of warm waters, as documented by Stephenson (1928-29) for fauna of the Great Barrier Reef. Similarly in the fauna off the coast of Brazil near the Tropic of Capricorn many species breed continuously. However, not all tropical species breed continuously, and some temperate species do so as well. Continuous breeding is also observed in the microscopic interstitial fauna present in detritus which supplies nutrients steadily and also in deep seas where conditions are relatively constant. However, some deep sea species have annual reproductive cycles. Interestingly, some annelids with periodic breeding in one locality with fluctuating food supply, breed continuously in others where food is always available (Schroeder and Hermans, 1975). Presence of gametes detected histologically is not proof of continuous breeding - *Sabellaria spinulosa* at Plymouth has gametes all year but spawns only 3-4 months of the year (Wilson, cited by Schroeder and Hermans, 1975). The mussel *Mytilus perna* (now *Perna perna*) (Lunetta,

1969) and the clam *Anomalocardia brasiliana* (W. Narchi, personal communication) are sexually active all year but have spring and fall maxima. Some species of marine invertebrates breed twice a year, for example the sea urchin *Toxopneustes gratilla* which spawns in October and April and the black lip pearl oyster *Pinctada margaritifera* in the Great Barrier Reef in Australia (Stephenson, 1928-29) and the sea urchins *Echinometra lucuntur* and *Lytechinus variegatus* (A. Amaral, personal communication), the polychaeta *Arenicola brasiliensis* (A. Almeida, personal communication) and the mangrove oyster *Crassostrea rhizophorae* (I. Nascimento, personal communication) off the coast of central Brazil.

The most common breeding pattern found among marine invertebrates is the annual reproductive cycle, as documented elsewhere (Giese, 1959; Giese and Pearse, 1974). The period of active breeding may be very brief in some species (e.g. the sea star *Pisaster ochraceus*) and prolonged in others (e.g. in the shore crab, *Hemigrapsus nudus*). It is typical for temperate zone marine invertebrates but also common in polar regions, in the deep sea, and even in the tropics as shown by examples studied in the vicinity of São Paulo, Brazil in addition to those previously listed for the Great Barrier Reef by Stephenson (1928-29).

In polar regions some marine invertebrate breed every other year, because it requires two years for the individual to accumulate sufficient nutrients to produce an adequate crop of eggs. An example is the antarctic sea urchin *Sterechinus neumayeri* in which the eggs take 18-24 months to reach spawning size (Pearse and Giese, 1966). Since individuals in a population are of different ages, breeding is staggered and some individuals breed each year, as described elsewhere (Giese, 1959; Giese and Pearse, 1974).

## REGULATION OF BREEDING

### Internal Factors

Evidence for neurohumoral cells has been observed at the histological and histochemical level in most marine invertebrates examined (Novak, 1964). It is generally thought that their breeding is regulated by neurohumoral influences. Presumably, neurohumoral secretion is triggered by an environmental change acting on a receptor, thence by way of nervous connections exciting neurohumoral cells. While plausible, evidence for regulation of breeding by neurohumors is often sketchy. Only a few examples are given to illustrate opportunities for future research (Tombs, 1970).

There is some evidence for neurohumoral factors even in coelenterates and nemertineans (documented in Giese and Pearse, 1974). More information is, however, available for polychaete annelids, specially nereids and other phyla.

Removal of cerebral ganglia at the appropriate time from a nereid polychaete results in precocious development of the gonads (and differentiation of epitokes in species with separate sexual individuals). Reinsertion of cerebral ganglia or injection of extracts prevents this, demonstrating that the ganglia have an inhibitory influence upon gonadal development (Golding, 1972).

Hormone action probably depends upon hormone concentration and feedback from gonadal cells. In *Perinereis cultrifera*, for example, implantation of submature oocytes in asexual (immature) worms induces gametogenesis several months later. The titer of cerebral hormone is apparently lowered by feedback from oocytes, permitting, or possibly at lower concentration, stimulating, multiplication of gonial cells. At this concentration the hormone still inhibits later events. When the early phase of oogenesis transpires and the hormone titer falls to still lower levels, the oocytes grow and reach their definitive stage. At this time multiplication of leucocytes is induced. The leucocytes engulf small gametes and relict eggs after spawning. At high temperature the events progress more rapidly, the titer of the gonad inhibiting hormone falling sooner to levels permitting gametogenesis (Schroeder and Hermans, 1975).

Polychaetes are a very diverse group and the details of reproductive function vary considerably between families. However, evidence for control of reproduction by hormones has been obtained in all families.

The experiments of Lubet and others on bivalve molluscs (summary in Durchon, 1967) suggested a course of events in molluscs during the reproductive cycle similar to that in polychaeta annelids. However, in a recent review Joose (1972) questions the evidence because, in his opinion, operative trauma rather than presence or absence of ganglia may account for the changes observed.

In gastropods the dorsal bodies stimulate vitellogenesis, growth and differentiation of the reproductive tract. In hermaphrodites the male reproductive cells depend upon a factor from the cerebral ganglia for differentiation, whereas the female cells show autodifferentiation. However, data on neurosecretory cells are rather sparse (Joose, 1972).

In cephalopods the optic glands stimulate differentiation, development of gonial cells, gametogenesis, vitellogenesis and development of the female reproductive tract. The male reproductive tract is controlled by these glands via the testis. The optic lobe is regulated by inhibitory fibers from the subpedunculate lobe of the brain. Organ cultures of optic glands and reproductive tissues indicate identity of the hormone acting on males and females (Joose, 1972).

In Crustacea oogenesis and vitellinogenesis are regulated by sinus gland hormone (formed in the medulla terminalis X-organ and stored in the sinus gland). Removal of the eyestalks in which the sinus gland occurs, results in rapid growth of the ovary of *Leander*, a 70-fold increase being observed in 45 days. The hormone is not the same as the molting hormone which has been identified to be a polypeptide. Other influences also appear to be involved in reproduction, inasmuch as when the Y-organ is removed along with the sinus gland, oogenesis does not occur. Oogenesis is presumably stimulated by removal of the sinus gland but maintenance of the ovary requires presence of the Y-organ. The male's androgenic gland is essential for differentiation of appendages for sperm transfer; its removal leads to feminization (for references see Prosser, 1973).

Considerable progress has been made in the analysis of the hormonal mechanism involved in sea star reproduction. Chaet (1967) and his collaborators (Chaet and McConaughy, 1959) showed that an extract of the radial nerve induced spawning. Extensive studies by others, especially by Kanatani and his collaborators have resulted in identification of two of the hormones involved in reproduction.

The active principal in the radial nerve of the sea star has been called gonad-stimulating-substance (GSS). After action of GSS on the ovary a second substance called meiosis-inducing-substance (MIS) appears and can be separated from GSS. MIS is present neither in the radial nerve nor in the ovary before application of GSS, so it must be formed in the follicle cells surrounding the eggs in the ovary. Its appearance could be demonstrated after action of GSS on fragments of the ovary, provided intact follicles surrounding the eggs (Schuetz, 1969; Kanatani and Shirai, 1967).

GSS is a polypeptide composed of 22 amino acid residues with a molecular weight of about 2000. It is chain-like in structure and its peptide bonds are degradable by proteolytic enzymes. It contains neither cysteine nor cystine. It is potent at a concentration of 0.0095  $\mu\text{g/ml}$  (Kanatani, 1973). Centrifugal fractionation of radial nerves

shows that the GSS fraction is rich in granules discernible under the electron microscope; in electron micrographs of thin sections of the radial nerve the granules appear centrally in the nerve as well as in the supporting layer (Imlay and Chaet, 1967; Kanatani, 1973). GSS is present in radial nerves at all times, in highest concentration during the breeding season. Its function in spawning appears to be induction of MIS. GSS is somewhat species specific; perhaps the amino acid sequence is not always the same, although this has not been determined (Kanatani, 1970, 1973, 1974, 1975).

The ovary of a sea star treated with GSS discharges eggs undergoing meiosis, not oocytes with germinal vesicles. Yet when eggs (primary oocytes with germinal vesicles) dissected out of the ovary are treated with GSS *in vitro*, they do not undergo meiosis. Meiosis is induced only if follicles are present. Chemical analysis reveals that the active fraction of extracts of follicles which had been treated with GSS, contain in addition to GSS another active substance which was identified to be 1-methyl adenine (= MIS). Synthetic 1-methyl adenine also induces meiosis in sea stars. As one might surmise from its chemical nature, MIS (1-methyl adenine) is not species specific. In addition to inducing meiosis MIS appears to induce spawning when applied to the gonad in absence of GSS. It affects the gonadal musculature directly or indirectly inducing contraction.

In a sea star the oocytes are held fast to follicular cells by a muco-polysaccharide intercellular cement, therefore contraction of ovarian musculature in an immature sea star does not induce spawning, freeing the eggs. One function of GSS appears to be dissolution of the intercellular cement, perhaps by activating an enzyme. The other function of GSS is induction of meiosis-inducing substance in the follicle cells. By the time meiosis has been induced the eggs are freed from the follicles cells; at that time spawning is readily evoked.

Meiosis-inducing substance also appears to affect the overall behavior of a sea star. At the time of gamete shedding, a special posture is assumed with the center arched upwards in *Asterias rubens*, for example, and contractile waves move the eggs in the ovaries from the arms towards the gonopores on the disk. Pure 1-methyl adenine induces other sea stars to assume characteristic breeding postures; for example for brooding in *Leptasterias hexactis*.

Neither GSS nor MIS are pheromones and are ineffective when applied to the exterior of a sea star. Nor does MIS induce meiosis when injected inside an oocyte — it must be applied to its ex-

terior. Possibly MIS induces a substance within the oocyte which in turn causes meiosis.

Both GSS and MIS are present in male sea stars, though in lesser amounts than in females. GSS may act on the testis in a manner analogous to its action on the ovary, perhaps dissolving the cement binding cells, though this has not been investigated.

A specific enzyme 1-methyl adenosine ribohydrolase is present in sea star gonads for hydrolyzing the ribose from 1-methyl adenosine to yield 1-methyl adenine. Since this enzyme acts under physiological conditions found in sea star cells, when applied 1-methyl adenosine is as effective in hormonal action as 1-methyl adenine, to which it gives rise.

GSS is present in radial nerves of sea urchins but its role in reproduction has not been ascertained. According to Kanatani (1973) injection of GSS has little effect on spawning in sea urchins, although Cochran and Engelman (1972) reported release of sperm from pieces of testes in sea water. However, at the peak of the reproductive season MIS is present in gonads of sea urchins in concentrations higher than those in sea stars. This may correlate with the fact that in gravid sea urchins most of the mature eggs have undergone meiosis, presumably as a result of MIS action, and are ready for spawn-

ing, in contrast to the situation described for the sea stars above. Experiments are desirable to demonstrate this.

Spawning in sea urchins is apparently not induced by 1-methyl adenine but rather by some substance or agent which induces contraction of muscles in the ovarian and testicular walls. Electrical stimulation and KCl, both of which are muscle stimulants, induce spawning in sea urchins, as will physical shock in many cases, though these are not natural stimuli. Conversely such stimuli have no effect on sea stars which have not been induced to complete meiosis by MIS.

Experiments on the sea urchin indicate the possibility that in invertebrate in which the eggs has already undergone maturation, it is not that a hormone for maturation is necessarily absent but rather that it may have already acted. Echinoids are peculiar in that they and cnidarians are about the only animals which spawn true ova, after both polar bodies have formed and the female pronucleus has appeared. In most other invertebrates, the eggs meet the sperm in earlier stages (Table 6).

Since the eggs are produced within follicles, it would be interesting to know whether in a species under investigation which spawns immature gametes, the follicles bind the eggs in a "non-spawning" condition as in sea stars. If so, a releasing

TABLE 6

Cytological stage of eggs spawned by marine invertebrates

Phylum	Class	Stage on shedding
Porifera		Germinal vesicle (GV)
Cnidaria	Hydrozoa, Scyphozoa, Anthozoa	OVUM
Platyhelminthes	Turbellaria	Germinal vesicle
Nemertinea		Germinal vesicle
Bryozoa		Metaphase first maturation division
Annelida	Archiannelida	Young primary oocyte
	Polychaeta	Met. 1st. Mat. Div. or G.V.
Echiuroidea		Germinal vesicle
Sipunculida		Met. 1st. Mat. Div.
Mollusca	Amphineura	Met. 1st. Mat. Div.
	Bivalvia	Germinal vesicle
	Gastropoda	Met. 1st. Mat. Div.
	Cephalopoda	Met. 1st. Mat. Div.
	Scaphopoda	Met. 1st. Mat. Div.
Arthropoda	Crustacea	Met. 1st. Mat. Div.
	Pogonophora	
Echinodermata	Asteroidea	Germinal vesicle
	Ophiuroidea	Met. 1st. Mat. Div.
	Holothuroidea	Germinal vesicle
	Echinoidea	OVUM
	Crinoidea	Varies: ovum, 1st. Mat. Div.
Hemichordata	Enteropneusta	Met. 1st. Mat. Div.
Chordata	Tunicata	Met. 1st. Mat. Div.

\*In mammals, including the human, and the lancelet Branchiostoma a sperm enters the egg in the second maturation division, from Costello *et al.*, 1959 and Austin, 1965.

hormone may be required for spawning. Sometimes follicle cells are rudimentary, as for example in the ovary of *C. virginica*, where nutrition is probably supplied by the connective tissue against which the eggs abut.

#### External factors

**Daylength.** To insure survival it is important that the young of any species be produced when food for their development is available and other prevailing conditions such as temperature, salinity, etc. are favorable. Although it appears possible that reproductive rhythms of marine invertebrates have an endogenous component (Halberg *et al.*, 1969), the endogenous rhythm must be synchronized with the environment.

Daylength should serve as an ideal synchronizer for biological events because it is so invariant year after year as the same season of year for the same latitude. The further from the equator, the greater the seasonal difference in daylength and the better could daylength, if sensed, serve as a cue of the season.

In many terrestrial and freshwater animals (and plants), well removed from the equator, seasonal activities are synchronized by daylength, for example in birds. By manipulation of daylength it is possible to induce breeding of some birds in the middle of winter, or to induce the breeding state in males of some species as many as five times in a single year (Wolfson, 1964). Experimental data on the relation of daylength to breeding of marine invertebrates is sparse and inconclusive. Correlations with daylength and breeding are cited in some cases but these do not constitute proof. For example, annual breeding in the chiton *Katharina tunicata* correlated well with increasing daylength (winter breeder) for nine years but in the tenth year three breeding cycles were recorded. During this year unusual temperature variations were observed in Monterey Bay (Giese, 1959). Similarly breeding of the sea star *Pisaster ochraceus* was found to correlate with increasing daylength (spring breeder), but the same cycle occurred in sea stars kept in darkness (Greenfield, 1959). To prove that daylength is the causative stimulus it is necessary to induce breeding by manipulation of daylength.

Male sea urchins (*S. purpuratus*) exposed to 14 hours of light followed by 10 hours of darkness showed proliferation of gonial cells, but only occasional maturation to spermatozoa. With 6 hours light and 18 hours darkness many spermatozoa were obtained. The breeding of this species at the same time of year over a 20 latitudinal spread also

suggests daylength as a factor (Booolootian and Giese, 1959). When the cuttlefish *Sepia officinalis* was subjected to daylength between 1 and 23 hours (1,6,12,18 and 23) the gonad index remained low, gonads developing only slowly at daylengths of more than 12 hours. Maturation occurred most rapidly when exposed to 6 hours or less of daylight. Longer daylengths favored nidamental gland development (Richard, 1967). Light is also inhibitory to development of sexual maturity in *Octopus*. Cutting the optic nerves or destroying the connections between optic lobes, eyes and brain accelerated maturity (Wells, 1960). In the barnacle *Balanus balanoides* daylength greater than 18 hours inhibits development of egg masses which form even in absence of light. However, to complete breeding in darkness the temperature must be raised (Barnes and Barnes, 1967).

**Nutrition.** If nutrition controls gametogenesis in marine invertebrates feeding should induce it off season. However, while sea urchins (*S. purpuratus*) fed to satiation with their favorite algal food showed a high gonad index, histological evidence for gametogenesis was lacking (Holland and Pearse, unpublished). *Arbacia punctulata* which at Woods Hole, Massachusetts breeds in summer was induced to breed midwinter by feeding and rise in temperature (Townsend, 1940), but it was later found that low level breeding occurs at the same time in the field (Booolootian, 1966). Good nutrition extends the breeding season in *Arenicola ecaudata* (Schroeder and Hermans, 1975). Nutrition (phyto-production) rather than other variables probably accounts for the synchronized circumcontinental antarctic breeding of the sea star *Odontaster valisus* (Pearse, 1966).

If nutrition is a trigger for a reproductive cycle, starvation should suppress breeding. Starvation of the barnacle *Balanus balanoides* starting early in the season prevented gametogenesis. When the barnacles were starved later in the season gametogenesis proceeded and fertilization of the eggs was normal. Only early starvation blocked reproduction. Starvation of the chiton *Katharina tunicata*, beginning when the gonads were starting to enlarge and continued until gametogenesis in controls were completed, had no effect on the rate of maturation and differentiation of gametes. However, smaller numbers of gametes were produced in starved individuals (Nimitz and Giese, 1964). Sea stars (*Pisaster ochraceus*) deprived of their normal molluscan diet and kept in unfiltered running sea water for 18 months lost weight but spawned twice at the same time as fed controls. The number of eggs was considerably reduced but the eggs fertilized and produced larvae (Giese, unpublished). Sea

stars, however, carry much reserve nutrient in the pyloric caeca. In small animals, for example the annelid *Dinophilus gyrociliatus*, with little nutrient reserve, the effect of starvation is more dramatic. A few days without food greatly reduces the number of eggs produced (Schroeder and Hermans, 1975).

**Salinity.** The salinity of sea water seldom changes significantly even during heavy rains because of its vast volume. Temporarily and locally it may change in tide pools as for example on December 23, 1955 when 2.7 inches of rain fell within 24 hours. Some tide pools exposed at a 0.0 tide during the rain and receiving runoff from the shore near the Hopkins Marine Station fell temporarily to 18‰. Within a few hours when water of the rising tide inundated the pools the difference was obliterated.

In estuaries, on the other hand, following heavy rainstorms as for example when the great monsoons strike India, the salinity may be drastically reduced. One record indicates a fall in salinity from 34‰ to 2‰ which lasted for several months in Madras Harbor near Kerala (K. Pillay, unpublished). Such a change is said to induce maturation of gametes and spawning (as salinity rises) in some marine invertebrates, especially annelids (Pannikar and Aiyar, 1939; Paul, 1942). Similar drastic changes with effects on breeding have been described at Lagos, Nigeria (Hill, 1967).

The Swann River estuary in western Australia is also highly variable seasonally. Winter rains make the mouth almost fresh nearly to the outer limit of the estuary. At the close of the rainy season, as sea water moves up the estuary, a brackish water gradient is established between the mouth and the upper reaches of the estuary. Breeding of the mussel *Xenostrobus securis* occurs successively later up the estuary as the salinity rises following the end of the rainy season.

It is significant that when the rains occur at different times of the year in the region of the Swann River estuary in successive years, maturation of gametes and spawning occur at different times, always correlated with the changes in salinity irrespective of temperature or daylight. Spawning never occurs until the salinity reaches at least 9‰. Such higher salinities are favorable for diatom growth also; spawning therefore occurs when adequate food is available for the larvae (Wilson and Hodgkin, 1967). Somewhat similar results were obtained by other workers for a sea star, a barnacle and several serpulids (see Giese and Pearse, 1974 for references).

Experiments on the estuarine oyster *C. virginica* at different salinities show that the oysters

will neither grow nor develop gonads in water of salinity 5‰, though both occur at 7.5‰. However, gametes extruded at this salinity fail to produce zygotes. Spawning and fertilization occur at 10‰ but development of larvae is abnormal, normal development occurring only when the salinity reaches 25‰ (Loosanoff, 1964). The salinity range for breeding and especially development is thus narrower than the range for feeding and survival. Salinities above that of sea water have also been shown to inhibit breeding of invertebrates in the Caspian Sea (Zenkevitch, 1963).

**Temperature.** Orton (1920) first emphasized the importance of temperature to breeding in marine animals, a subject reviewed elsewhere (Giese and Pearse, 1974). Correlations between breeding and rise or fall in temperature are now overwhelming in reports on breeding of various marine invertebrates. While it would be hazardous for fresh water or terrestrial animals to use temperature to synchronize their reproductive cycles, because temperature varies to fitfully on land and shallow bodies of water, sea water temperature varies much more systematically from year to year because of the high specific heat of water and the high heat capacity of the ocean. Temperature change need not be great to serve as a trigger, provided sensitive receptors are present. Unfortunately, such receptors have not been studied in marine invertebrates.

The breeding season is extended when the temperature remains favorable for a longer time, a high temperature being favorable to many species. In the northern hemisphere this is true for animals in the southerly reaches of their distribution, in the southern hemisphere for those in the northerly reaches (Pearse, 1968). Some illustrative data are given in Table 7.

More telling than these correlations are experiments in which manipulation of the temperature permits regulation of the reproductive cycle. Reproduction and development of larvae of the oyster *C. virginica* and the clam *Mercenaria mercenaria* were induced midwinter by raising the temperature of samples on rafts taken into the laboratory. This occurred even though planktonic food for adults and larvae and daylength were different than in summer (Loosanoff, 1945; Loosanoff and Davis, 1952). Similar experiments have been reported by a number of investigators for archannelids, polychaetes, tubeworms, scallops, snails, sea hares and shrimps (see Giese and Pearse, 1974 for references). By manipulation of temperature it is now possible to induce spawning and development in *C. virginica* and *M. mercenaria* any time of the year. In the species induced to breed and spawn by

TABLE 7

## Extension of Breeding Season with Decrease in Latitude (N.Hemisphere)

Species	Geographical location	Approximate Latitude	Breeding season (months)
<i>Nereis grubei</i> <sup>1</sup> (polychaete)	Central California	37°	5
	Southern California	33°	12
<i>Arbacia punctulata</i> <sup>2</sup> (sea urchin)	Woods Hole, Mass.	42°	3
	Beaufort, N.C.	35°	5
	Alligator Harbor, Fla.	25°	10
<i>Paracentrotus lividus</i> <sup>2</sup> (sea urchin)	Roskoff, N. France	48°	3
	Naples, Italy	40°	12
<i>Ostrea edulis</i> <sup>3</sup> (oyster)	Holland	53°	3
	Naples, Italy	40°	6
<i>Crassostrea virginica</i> <sup>3</sup> (oyster)	Long Island, N.Y.	41°	3
	Apalachicola, Fla.	30°	7
	Pearl Harbor, Hawaii	21°	8

<sup>1</sup>Schroeder and Hermans, 1975; <sup>2</sup>Harvey, 1956; <sup>3</sup>Loosanoff and Davis, 1963; see also Pearse, 1968.

temperature control temperature appears to be the major cue for synchronizing reproduction with the environment.

## SPAWNING

Spawning may be defined as the emission of gametes, zygotes or larvae into sea water. Spawning is therefore not limited to animals which broadcast gametes but can occur after copulation and brooding to the larval stage. When larvae are extruded the process is called "swarming", as in the case of brooding oysters and barnacles.

Spawning is the culmination of the entire series of events in the breeding cycle. It may be elicited by factors having little to do with the remainder of the cycle. For example, for *C. virginica* in Long Island waters it is necessary to raise the temperature of the laboratory tanks above winter level (over 10°C as happens in nature in April) to permit deposit of nutrient stores (mainly glycogen). A further increase (to 15-16°C) induces multiplication of gonial cells, and raising it still higher (to 18-20°C) results in their maturation. A rapid rise in temperature several degrees above 20°C quickly induces spawning in gravid animals. However, a temporary rise in temperature to this level at early stages of the breeding cycle is ineffective in this regard (Loosanoff, 1967).

Spawning can sometimes be studied in the field but it is difficult or impossible in species which spawn at night or during high tides. It may be necessary to bring animals into the laboratory, but if gravid animals are taken they may spawn as a result of any stimulus which induces contraction of the muscles surrounding the gonads of most in-

vertebrates. The stimulus found effective in the laboratory may then not be the one which induces spawning in nature. It is therefore desirable to transfer animals to the laboratory before the gonads are gravid to permit testing the effect of a variety of stimuli on spawning. Experimental studies on spawning are scarce, most data being correlations with factors thought to be causative in nature or in the laboratory.

It is likely that spawning is triggered by a variety of factors in different marine invertebrates, as suggested by the factors correlated with spawning recorded in the literature (Table 8). Little has been done to analyze the neural and humoral mechanism by which these factors induce spawning.

*Temperature change.* The effect of temperature has already been considered in relation to the breeding cycle. Temperature change induces spawning in many species of bivalves and larvae. Many bivalves of economic interest, have been reared to metamorphosis by appropriate thermal control of breeding, spawning and feeding (Loosanoff and Davis, 1963) as shown in Table 9. However, it was often necessary to add gametes of the same or related species or extracts of gonads to induce spawning, temperature change alone being inadequate, for example in *Tapes sedecussata* and *Mya arenaria*. *Modiolus demissus* does not spawn after temperature changes effective in other bivalves. For *Mytilus edulis* to induce spawning it is necessary to stimulate the adductor muscle, for example by pegging the valves open or cutting or scraping with a needle.

Oysters of the same species but of different physiological races (possibly of different genotype) adapted to different temperature ranges are



TABLE 8  
Possible Inducers of Spawning

Factor	Example
Temperature — rise or fall <sup>1</sup>	Pecten; many others recorded in literature
Salinity change (fall) <sup>2</sup>	Many annelids off the coast of Madras, India
Physical shock; e.g., wave action <sup>3</sup>	<i>Mytilus californianus</i>
quietness after wave action <sup>4</sup>	Chitons of several species
pressure change in tides <sup>5</sup>	European oyster and other species showing two cycles per lunar month
Chemical — diatom bloom or extract therefrom <sup>6</sup>	Barnacles
chemicals from tissues or gametes <sup>1</sup>	Synchronization of spawn in many species of annelids, chitons and some urchins
Tissue extract and temperature change	In many bivalves <sup>1</sup>
Light <sup>7</sup>	Some tunicates and several hydroids

<sup>1</sup> Loosanoff and Davis, 1963; <sup>2</sup> Pannikar and Aiyar, 1939; Paul, 1942; <sup>3</sup> Young, 1946; Loosanoff and Davis, 1963; <sup>4</sup> Heath, 1905; <sup>5</sup> Korringa, 1947; <sup>6</sup> Barnes, 1957, *Année Biol.* 33: 67; <sup>7</sup> Baker, 1936; Ballard, 1942; Georges, 1968.

TABLE 9  
Bivalves Reared From Larvae to Metamorphosis

Scientific name	Common name
<i>Arca traversa</i>	clam
<i>Modiolus demissus</i>	ribbed mussel
<i>Mytilus edulis</i>	common mussel
<i>Pecten irradians</i>	bay scallop
<i>Anomia simplex</i>	jungle shell
<i>Ostrea edulis</i>	European oyster
<i>Ostrea lurida</i>	Pacific coast oyster (US)
<i>Crassostrea virginica</i> *	American oyster
<i>Crassostrea gigas</i>	Japanese oyster
<i>Laevicardium mortoni</i>	Morton's cockle
<i>Mercenaria mercenaria</i> *(Venus)	hard shell clam
<i>Mercenaria campechiensis</i>	
<i>M. mercenaria</i> x <i>M. campechiensis</i>	hybrids
<i>Tapes semidecussata</i>	Japanese clam
<i>Pitar morrhuana</i> (Cellocardia)	small clam
<i>Petricola pholadiformis</i>	rock borner
<i>Ensis directus</i>	razor clam
<i>Mactra solidissima</i> (Spisula)	surf clam
<i>Mya arenaria</i>	soft shell clam
<i>Teredo navalis</i>	ship worm

\* Most extensively studied; experiments possible any time of year. Data from Loosanoff and Davis, 1963. Studies performed at Milford Laboratory, Connecticut, U.S.A. See also Bardach *et al.*, 1972. Genetic crosses for breeding are discussed by Longwell and Stiles, 1970.

known to require different temperatures for incitement of spawning. A lower temperature induces spawning of northern oysters than in their southern relatives. Oysters of northern races kept at low temperatures for prolonged periods will ultimately mature, but they cannot be brought to spawn unless the temperature is raised (Loosanoff, 1969).

Temperature change has been evoked as the stimulus for spawning in a large number of marine

invertebrates other than bivalves, usually by a rise of several degrees in temperature (review in Giese, 1959) but sometimes by a fall as in the barnacle *Balanus balanus* (Crisp and Patel, 1969); even in the antarctic, lenses of cold water may stimulate spawning in asteroids (Pearse, 1965). Among marine invertebrates provoked to spawn by temperature change are some polychaetes (George, 1967), some lower chordates, some barnacles, many bivalves and some sea stars (Loosanoff, 1969).

Sometimes addition of extracts, sex organs on gametes is required. Inasmuch as the data are not definitive, nothing can be gained here by relisting these observations and describing them.

Sometimes a series of temperature changes, not one, appears to be needed to induce spawning as in the clam *Chlamys ferreri nipponensis* (Ka-no, 1962). It is interesting that the clam *Mactra (Spinsula) solidissima*, which breeds twice a year in offshore New Jersey waters, bred but once in 1965 because of an unusually cold winter. A dominating influence of temperature upon the breeding cycle of the clam is suggested (Ropes, 1968).

**Lunar periodicity.** The palolo worm (*Eunice viridis*) of Samoa has excited much interest because epitokes in spawning swarms appear at the surface of the sea with such predictable regularity and in such large numbers that the natives plan to feast on them on the anticipated swarming dates. In the burrows on the sea bottom epitokes (sexual individual) are budded off at the posterior end of each atoke (asexual or vegetative form). The epitoke differs from the atoke in head, parapodia, segment size and musculature. When the epitokes are sexually mature and the light intensity at a phase of the moon does not inhibit the photonegative atoke, the entire worm comes out of its burrow. The photopositive epitoke now detaches itself from the atoke and swims to the surface of the sea in response to the light of the moon. A secretion from swarming females attracts males and stimulates them to shed their sperms. The sperms, or exudates accompanying them, in turn incite the females to spawn. Lunar phase is therefore a means for synchronizing liberation of eggs and sperms thereby insuring fertilization of eggs.

Epitoky and swarming are characteristic not only of eunicid but also of nereid and syllid polychaetes. Swarming nereids and syllids perform nuptial dances in which members of both sexes swim rapidly around one another. *Platynereis megalops* males swim in ever narrowing circles until they entwine the females each of whom grasps a male by the tail after which he spawns followed by her spawning. In this case contact appears to be necessary for spawning (Just, 1914).

The Samoan palolo *E. viridis* swarms at the beginning or last phase of the lunar cycle in October or November (Havenschild *et al.*, 1968). The Atlantic palolo *E. schemacephala* of the West Indies swarms at the first and third quarters of the moon in July. At three to four o'clock in the morning the epitokes break free from the atokes and swim to the surface of the water in response to light. At dawn the body wall of each swarmer ruptures and the eggs liberated are soon fertilized. In

a day larvae are formed and in three days they settle to the bottom of the sea. It is interesting that the palolo worms spawn only when the water is calm, rough water being inhibitory (Clark and Hess, 1942).

Lunar periodicity has been extensively studied in *Platynereis dumerlii* cultured in the laboratory (Havenschild, 1960). Lunar periodicity which is not essential to spawning occurs when the worms are fully mature. However, exposure to natural or simulated moonlight synchronizes spawning by initiating simultaneous maturation in a large proportion of the population.

Studies on lunar periodicity in a large number of marine invertebrates (Table 10), especially in polychaetes and molluscs, have been reviewed by Korrington (1947). Lunar periodicity in invertebrates of the White Sea has been reviewed by Mileikovsky (1958), the lunar periodicity of the crinoid *Comanthus japonica* is discussed by Dan and Hiroshi (1960) and of sea urchins by Pearse (1975). In no case has the neurohumeral mechanism for lunar periodicity been worked out.

Inasmuch as different phases of the moon serve as triggers for various species showing lunar periodicity and the duration of spawning and the degree of synchronization differs as well, some investigators despair of finding an explanation common to all of them. Most likely neural and humoral mechanisms underlie all of them. More critical experimental data than now available including studies of these mechanisms might enable one to formulate a general hypothesis.

**Changes in light intensity.** Changes in light intensity either from darkness to light or light to darkness, have been found to incite the final stages in maturation of gametes or trigger spawning in a number of marine invertebrates (Table 11).

The hydroid *Pennaria tiarella* in nature spawns several hours after sunset. If laboratory specimens are kept in darkness for 10 to 14 hours and then briefly exposed to light they spawn after a latent period (Baker, 1936). Spawning can be reinduced if the same regime is repeated; spawning does not occur in continuous light. Ballard (1942) suggests that a light-sensitive substance accumulated in darkness is photolyzed, releasing something which initiates activation of gametocytes. When eggs and sperms are mature, spawning occurs. Oocytes isolated by dissection are matured by successive light-dark-light exposure indicating direct action of light upon some receptor in the cells.

In the tunicate *Ciona intestinalis* spawning in nature occurs shortly before the end of a period of darkness following preceding light exposure.

TABLE 10

Some Examples of Spawning Correlated with the Lunar Cycle (29.53 days)\*

Species	Season	Phase of moon
<i>Pocillophora bulbosa</i> (coral)	All year	Maximum planulae either at new moon or full moon
<i>Eunice viridis</i> (Samoan palolo)	October-November (Samoa)	Third quarter of moon (swarming)
<i>Eunice furcata</i> (Florida palolo)	June-July (Bermuda)	Three days of last quarter
<i>Platynereis dumerilii</i> (polychaete annelid)	January to April; September to December	Swarm minimum, 10-20 days after new moon. May be phase-shifted by artificial light. Asynchronous in darkness or continuous light
<i>Chaetopleura apiculata</i> (chiton)	Summer	Full moon to last quarter
<i>Acanthozostera gemmata</i> (chiton)	August-April	Before to after full moon
<i>Ostrea edulis</i> (oyster)	mid-June to late August	Full and new moon (spring tides) - spawning = "swarming" of embryos Maturation initiated full moon, spawn week later
<i>Mytilus edulis</i> (mussel)		
<i>Macoma pathica</i> (clam)		
<i>Mya arenaria</i> (clam)		
<i>Littorina neritoides</i> (littorine snail)	September to April	Spring tides (egg capsules)
<i>Centrostephanus coronatus</i> (sea urchin)	March June-August	Peak number of gametes after full moon

\*Tidal correlation usually twice monthly. All data except the last from Korringa 1947, 1957; the last one from Pearse, 1975.

TABLE 11

Examples of daylight-induced spawning

Species	Darkness	Light	Remarks
<i>Pennaria tiarella</i> (hydroid)	10-14 hrs.	Brief	Spawns at sunset in nature. <sup>1</sup> Inhibited by continuous illum.
<i>Hydractinea echinata</i> (hydroid)	several hrs.	Two exposures, before and after darkness	Spawns at sunrise in nature. <sup>2</sup> In lab, males shed 50 min. after light; females 55 min.
<i>Hydractinea epichoncha</i>	several hrs.	One exposure	Gonophores ripen in darkness after exposure to light. <sup>3</sup>
<i>Spirocodon saltatrix</i> (hydromedusa)	several hrs.	One exposure	Gonophores ripen in darkness after exposure to light. <sup>4</sup>
<i>Styela partita</i> (Asciain, tunicate)	8-10 hrs.	11-12 hrs.	Spawn 4-7 PM in nature. In season may be induced to spawn daily until spent. <sup>5</sup>
<i>Suberites ficus</i> (sponge)	overnight	2 hrs.	Spawn 2 hrs. after sunrise. <sup>6</sup>
<i>Axinella damicornis</i> (sponge)	overnight	2 hrs.	Spawn 2 hrs. after sunrise. <sup>6</sup>

<sup>1</sup>Baker, 1936; Ballard, 1942; <sup>2</sup>Ballard, 1942; <sup>3</sup>Yoshida, 1954; <sup>4</sup>Yoshida, 1952; <sup>5</sup>Rose, 1939; <sup>6</sup>Fell, 1974.

Exposure to light by night and placing in darkness by day reverses the time of spawning in the day-night cycle. Continuous illumination prevents spawning. Removal of the neural gland stimulates spawning but continuous illumination still inhibits spawning. The photic action is therefore not simply negation of neural inhibition (Georges, 1968).

The hydroid *Hydractinea echinata* which in nature spawns after sunrise in the laboratory spawns only after reillumination. The ascidian *Styela partita* acts in much the same way (Rose, 1939). In the hydroid *Hydractinea epichoncha* and the medusa *Spirocodon saltatrix* ripening of the gonophores (which bear the gonads) takes place in

the light but spawning occurs only after the gonophores have been kept in darkness for some time (Yoshida, 1954).

*Chemical incitement.* Extracts of gonads of animals have been used in many cases, some mentioned above, to induce spawning. Pheromones exuded by annelids in nuptial dances are effective in this manner. Only in the case of sea stars has detailed analysis already presented, been made. Some of the data are summarized in Table 12. Little can be added to what has been already reviewed (Giese, 1959).

### CONCLUSIONS

Reproduction is one of the basic functions of life without which a species will not survive. Perspective gained from a study of reproduction of marine invertebrates is of interest not only to marine biologists but to all interested in life because in terms of major taxa, the bulk of the animal kingdom is still in the sea. And since the sea is said to have changed little over long geological periods and some marine invertebrates are archaic and resemble fossil types of bygone eras, it is probable that they continue to reproduce in the primitive manner of past eras. At the same time other marine invertebrates have become specialized in a variety of ways, either for speed of movement (cephalopods) or for invasion of more dynamic environments at the edge of the sea. Thus a wide variety of reproductive modes still in the context of the sea are available for comparative studies.

Sex in marine invertebrates is often more labile than in terrestrial vertebrates and insects. Hermaphroditism occurs in practically all phyla and is

characteristic of entire classes. In some marine invertebrates sex is reversible season by season. Some marine forms release both eggs and sperms in one breeding season, some even simultaneously.

Reproduction of marine invertebrates is more often periodic than continuous and the commonest period is annual. The length of the breeding season often becomes extended with approach to the equator.

The external factor most often correlated as a trigger for reproductive events is temperature change. Experiments with temperature change have been performed primarily with bivalves, some of which can be controlled at will by the temperature regime. It is possible to get gametes and larvae of some bivalves any time of the year. In some cases daylength appears to be a trigger for synchronizing reproduction with the environment, in other cases salinity and in still others food, but experimentation is rather scarce.

In the central nervous system of marine invertebrates examined neuro-secretory cells have been found. In some cases neurosecretions exuded from neuronal endings act directly, but in others they have been found to evoke activity in endocrine organs — these aid in the integrated response of the animal to environmental factors perceived by receptors. In this manner the external environment synchronizes the endogenous cycle with events in the environment.

It is likely that triggers for each of the events in the reproductive cycle will be found: 1) accumulation of nutrients for reproductive activity; 2) multiplication of gonial cells, 3) gametogenesis, 4) maturation of gametes, 5) spawning and 6) beha-

TABLE 12

#### Examples of Chemical Incitement of Spawning

Species	Stimulant	Effect
<i>Crassostrea gigas</i> <sup>1</sup> (Japanese oyster)	Green alga extract	Spawn
<i>Crassostrea virginica</i> <sup>1</sup> (American oyster)	Alcohol or benzene extract of testes and sperm	Spawning of female
<i>Balanus balanoides</i> <sup>2</sup> (barnacle)	Extract of diatom <i>Skeletonema costatum</i>	Solubilization of lamellar plates freeing eggs
<i>Mytilus californianus</i> <sup>1</sup> (mussel)	Extract of cut tissue	Spawning
<i>Asterias forbesi</i> , <i>Pisaster ochraceus</i> , etc. <sup>3</sup> (sea stars)	Extract of radial nerve	Spawning
Many species of polychaetes <sup>4</sup>	Sperm or egg water	Spawning of opposite sex; presumably synchronizer

<sup>1</sup>Galtsoff, 1964; <sup>2</sup>Barnes, 1957; <sup>3</sup>Chaet and McConnaughey, 1959; see Kaastani, 1970 for mechanism; <sup>4</sup>Schroeder and Hermans, 1975.

behavior of animals during copulation or spawning and brooding.

Marine invertebrates are characterized by developing free swimming larvae which by swimming and by ocean currents are dispersed far from their points of origin. Because such larvae are vulnerable to predators their survival rate is low. Therefore reproductive organs of marine invertebrates are disproportionately large (10–40%) relative to the body, compared to reproductive organs in terrestrial animals. The number of eggs and sperm produced is also very large.

The overall picture of reproduction of marine invertebrates has been well outlined. What is needed is not more correlations but more experiments. For each function to be studied there is probably an ideal animal. The animals are there. The methods for further analysis are provided by biochemists and physiologists. It is necessary to get interested individuals to put the two together for a deeper insight into reproduction of marine invertebrates.

#### LITERATURE CITED

- ANSELL, A. D. 1967. Studies on the hard-shell clam *Venus mercenaria* in British waters III. Further observations on the seasonal biochemical cycle and spawning. *J. Appl. Ecol.*, 4: 425–435.
- AUSTIN, C. R. 1965. *Fertilization*. Prentice Hall, Inc. Englewood Cliffs, N. J. 145 p.
- AYERS, J. C. 1956. Population dynamics of the marine clam *Mya arenaria*. *Limnol. Oceanogr.*, 1: 26–34.
- BAKER, C. C. 1936. Photoperiodicity in the spawning reaction of *Pennaria tiarella*. *Proc. Indiana Acad. Sci.*, 45: 251–252.
- BALLARD, W. W. 1942. The mechanism for synchronous spawning in *Hydractinia* and *Pennaria*. *Biol. Bull.*, 82: 329–339.
- BARCACH, J. E., J. N. RYTHER, and W. O. McLARNEY, 1972. *Aquaculture: The Farming and Husbandry of Freshwater and Marine Organisms*. Wiley-Interscience, New York. 868 p.
- BARNES, H. 1963. Light, temperature and the breeding of *Balanus balanoides*. *J. Marine Biol. Assoc. U. K.*, 43: 717–727.
- BARNES, H. 1957. Processes of restoration and synchronization in marine ecology. The spring diatom increase and the "spawning" of the common barnacle, *Balanus balanoides* (L.). *L'Année Biologique*, 61: 67–85.
- BOOLOOTIAN, R. A. 1963. Response of the testis of the purple sea urchin to variations in temperature and light. *Nature*, 197: 403.
- BOOLOOTIAN, R. A. 1966. *Reproductive physiology*. In *Physiology of Echinodermata*. (R. A. Boolootian, ed.). Wiley-Interscience, New York p. 561–613.
- BOOLOOTIAN, R. A. and A. C. GIESE, 1959. The effect of latitude on the reproductive activity of *Strongylocentrotus purpuratus*. Publication 67. Oceanography Preprints, A.A.A.S. Washington, D. C. p. 216–217.
- BOOLOOTIAN, R. A. and A. R. MOORE, 1956. Hermaphroditism in echinoids. *Biol. Bull.*, 111: 328–335.
- CHAET, A. N. 1967. Gamete release and shedding substance of a sea star. *Echinoderm Biology Symposium Zool. Soc. London*, 20: 13–24.
- CHAET, A. B. and R. A. McCONAUGHY, 1959. Physiological activity of nerve extracts. *Biol. Bull.*, 117: 407–408.
- CHIA, F. S. 1966. Brooding behavior of a six-rayed starfish, *Leptasterias hexactis*. *Biol. Bull.*, 130: 304–315.
- CHIA, F. S. (in preparation) *Echinodermata: Asteroidea*. In *Reproduction of Marine Invertebrates* (A. C. Giese and J. S. Pearse, eds.) Academic Press, New York, Vol. 6.
- CLARK, L. B. and W. N. HESS, 1942. Swarming of the Atlantic palolo, *Leodice fucata* (Ehlers). *Papers Tortugas Lab. Carnegie Inst.*, Washington, 33: 21–70.
- COCHRAN, R. C. and F. ENGLEMAN, 1972. Echinoid spawning induced by a radial nerve extract. *Science*, 178: 423–424.
- COE, W. R. 1943. Sexual differentiation in mollusks; I. Pelecypods. *Quart. Rev. Biol.*, 18: 154–164.
- COE, W. R. 1944. Sexual differentiation in mollusks. II. Gastropods, amphineurans, scaphopods and cephalopods. *Quart. Rev. Biol.*, 19: 85–97.
- COLE, H. A. 1941. The fecundity of *Ostrea edulis*. *J. Mar. Biol. Assoc. U. K.*, 25: 243–260.
- COSTELLO, D. P., M. E. DAVIDSON, A. EGGERS, M. H. FOX and C. HENLEY, 1957. *Methods for Obtaining and Handling Marine Eggs and Embryos*. Marine Biol. Laboratory, Woods Hole, Mass. 247 p.
- CRISP, D. J. and N. PATEL, 1969. Environmental control of the breeding of three boreo-arctic cirripedes. *Marine Biol.*, 2: 283–295.
- DAN, K. and K. HIROSHI, 1960. Data on the spawning of *Comanthus japonica* between 1937 and 1955. *Embryologia*, 5: 21–37.
- DURCHON, M. 1967. *L'Endocrinologie de Vers et des Mollusques*, Masson et Cie, Paris. 241 p.
- FELL, P. 1974. *Porifera*. In *Reproduction of Marine Invertebrates* (A. C. Giese and J. S. Pearse, eds.) Academic Press, New York, Vol. 1, p. 51–132.
- GALTSOFF, P. S. 1964. The American Oyster: *Crassostrea virginica* Gmelin. *U. S. Fish and Wildlife Service Fish. Bull.*, 64: 1–480.
- GEORGE, J. D. 1966. Reproduction and early development of the sponiid polychaete *Scolecoplepides viridis*. *Biol. Bull.*, 130: 79–93.
- GIESE, A. C. 1959. Comparative physiology: annual reproductive cycles of marine invertebrates. *Ann. Rev. Physiol.*, 21: 547–576.
- GIESE, A. C. and J. S. PEARSE, 1974. Introduction: general principles. In *Reproduction of Marine Invertebrates* (A. C. Giese and J. S. Pearse, eds.) Academic Press, New York, Vol. I p. 1–49.
- GIESE, A. C., M. A. HART, A. M. SMITH and M. A. CHEUNG, 1967. Seasonal changes in body component indices and chemical composition in the Pismo clam *Tivela stultorum*. *Comp. Biochem. Physiol.*, 22: 549–561.
- GHISELIN, M. T. 1969. The evolution of hermaphroditism among animals. *Quart. Rev. Biol.*, 44: 189–208.
- GOLDING, D. W. 1972. Studies on comparative endocrinology of polychaete reproduction. *Genl. and Comp. Endocrinol.*, Suppl. 3: 580–590.

- GREENFIELD, L. J. 1959. Biochemical and environmental factors involved in the reproductive cycle of the sea star *Pisaster ochraceus* (Brandt). Doctoral Dissertation, Stanford University, Stanford, California. 143 p.
- HALBERG, F. F., F. HALBERG and A. C. GIESE, 1969. Estimation of objective parameters for circannual rhythms of marine invertebrates. *Rassegna di Neurologia Vegetativa*, 23: 173-186.
- HARVEY, F. B. 1956. *The American Arbacia and Other Sea Urchins*, Princeton Univ. Press, Princeton, N. J. 298 p.
- HAVENSCHILD, C. 1960. Lunar periodicity in biological clocks. *Cold Spring Harbor Symposia*, 25: 491-497.
- HAVENSCHILD, C., A. FISCHER and D. K. HOFFMAN, 1968. Untersuchungen am pazifischen Palolowurm *Eunice viridis* (Polychaeta) im Samoa. *Helgolander wiss. Meeresunters.*, 18: 254-295.
- HEATH, H. 1905. The breeding habits of chitons of the California coast. *Biol. Bull.*, 9: 213-225.
- HILL, M. B. 1967. The life cycle and salinity tolerance of the serpulids *Mercierella enigmata* and *Hydroides uncinata*. *J. Animal Ecol.*, 35: 303-321.
- HOLLAND, N. D. 1967. Gametogenesis during the annual reproductive cycle of a cidarid sea urchin (*Stylocidaris affinis*). *Biol. Bull.*, 133: 578-590.
- HOLLAND, N. D. and A. C. GIESE, 1965. An autoradiographic investigation of the gonads of the purple sea urchin (*Strongylocentrotus purpuratus*). *Biol. Bull.*, 128: 241-258.
- HOLLAND, N. D., J. C. G. GRIMMER and H. KUBITA, 1975. Gonadal development and annual reproductive cycle of *Comanthus japonica*. *Biol. Bull.*, 148: 219-242.
- HYMAN, L. H. 1955. *The Invertebrates: Echinodermata, the coelomate Bilateria*. McGraw Hill, New York, 729 p.
- HYMAN, L. H. 1959. *The Invertebrates: Smaller Coelomate Groups*. McGraw Hill, N. Y. 729 p.
- IMLAY, M. J. and A. B. CHAET, 1967. Microscopic observations of gamete-shedding substance in starfish radial nerves. *Am. Micros. Soc. Trans.*, 86: 120-126.
- JOOSE, J. 1972. Endocrinology of reproduction in molluscs. *Gen. and Comp. Endocrinol.*, Suppl. 3: 591-601.
- JUST, F. F. 1914. Breeding habits of the heteronereis form of *Platynereis megalops* at Woods Hole, Mass. *Biol. Bull.*, 27: 201-212.
- KANATANI, H. 1970. On the substances controlling certain reproductive phenomena in starfish. *Pontif. Acad. Commentarii*, 2: 1-36.
- KANATANI, H. 1973. Maturation-inducing substance in starfishes. *Intern. Rev. Cytol.*, 35: 253-298.
- KANATANI, H. 1974. Presence of 1-methyladenine in sea urchins and its relation to oocyte maturation. *Dev. Growth Differentiation*, 16: 159-170.
- KANATANI, H. 1975. Maturation-inducing substances in asteroid and echinoid oocytes. *Amer. Zool.*, 15: 493-505.
- KANATANI, H. and H. SHIRAI, 1969. Mechanism of starfish spawning. II. Some aspects of action of a neural substance obtained from radial nerve. *Biol. Bull.*, 137: 297-311.
- KA-NO, H. 1963. Artificial discharge of reproductive substance of Mollusca by repeated temperature stimulation. *Bull. Tohoku Reg. Fish. Res. Lab.*, 20: 114-120.
- KORRINGA, P. 1947. Relations between the moon and periodicity in the breeding of marine animals. *Ecol. Mon.*, 17: 347-381.
- KORRINGA, P. 1957. Lunar periodicity. In *Treatise on Marine Ecology and Paleoecology*. (K. W. Hedgpeth ed.) *Geol. Soc. Am. Memoir*, 67: 917-934.
- LIEBERKIND, D. 1920. On a starfish (*Asterias groenlandica*) which hatches its young in its stomach. *Vidensk. Medds. Dansk-Natur. Artsforen.*, 72: 121-126.
- LONGWELL, A. C. and S. S. STILES. 1970. The genetic potential and breeding of the commercial American oyster. *Endeavour*, 29: 94-99.
- LOOSANOFF, V. L. 1945. Precocious gonad development in oysters induced in midwinter by high temperature. *Science*, 102: 124-125.
- LOOSANOFF, V. L. 1969. Maturation of gonads of oysters, *Crassostrea virginica*, of different geographic areas subjected to relatively low temperature. *Veliger*, 11: 153-163.
- LOOSANOFF, V. L. and H. C. DAVIS. 1952. Repeated semiannual spawning of northern oysters. *Science*, 115: 675-676.
- LOOSANOFF, V. L. and H. C. DAVIS. 1963. Rearing of bivalve mollusks. *Adv. Mar. Biol.*, 1: 1-36.
- LUNETTA, J. F. 1969. Fisiologia da reprodução dos mexilhões (*Mytilus perna* L. Mollusca Lamellibranchia). *Bol. Fac. Fil. Cien., Let., Univ. S. Paulo*, N. 324, Zool. Biol. Marinha, N. S. No. 26: 33-111 (also series // 30, 1973).
- MILEIKOVSKY, S. A. 1958. Lunar periodicity in spawning of littoral and upper sublittoral invertebrates of the White Sea and other seas. *Proc. Acad. Sci. USSR*, 123: 564-567.
- NIMITZ, M. A. and A. C. GIESE, 1964. Histochemical changes correlated with reproductive activity and nutrition in the chiton *Katharina tunicata*. *Quart. J. Micros. Soc.*, 105: 481-495.
- NOVAK, V. J. A. 1964. The phylogenetic origin of neurosecretion. *Gen. Comp. Endocrinol.*, 4: 696-703.
- ORTON, J. H. 1920. Sea temperature, breeding and distribution in marine animals. *J. Mar. Biol. Assoc., U. K.*, 12: 339-355.
- PANNIKAR, N. K. and R. G. AIYAR, 1939. Observation on breeding in brackish water animals off Madras. *Proc. Indian Acad. Sci.*, 98: 343-364.
- PAUL, M. D. 1942. Studies on the growth and breeding of certain sedentary organisms in Madras harbor. *Proc. Indian Acad. Sci.*, 15B: 1-42.
- PEARSE, J. S. 1965. Reproductive periodicities in several contrasting populations of *Odontaster validus* Koehler, a common Antarctic asteroid. *Biol. Antarctic Seas*, 2: 39-85.
- PEARSE, J. S. 1966. Antarctic asteroid *Odontaster validus*: constancy of reproductive periodicities. *Science*, 152: 1763-1764.
- PEARSE, J. S. and A. C. GIESE, 1966. Food, reproduction and organic constitution of the common Antarctic echinoid *Sterechinus neumayeri*. *Biol. Bull.*, 130: 387-401.
- PEARSE, J. S. 1968. Patterns of reproductive periodicities in four species of Indo-Pacific echinoderms. *Proc. Indian Acad. Sci.*, 47B: 247-279.
- PEARSE, J. S. 1969. Slowly developing demersal embryos and larvae of the antarctic sea star *Odontaster validus*. *Mar. Biol.*, 3: 110-116.
- PEARSE, J. S. 1975. Lunar reproductive rhythms in sea urchins. A review. *J. Interdisciplinary Cycle Research*, 6: 47-52.

- PROSSER, C. L. ed. 1973. *Comparative Animal Physiology*. Saunders, 3rd Ed. Endocrine mechanisms: Crustacean. p. 891-897.
- QUAYLE, D. B. 1969. Oyster culture in British Columbia. *Fish. Res. Board Canada Bull.*, 169: 184 p.
- RICHARD, A. 1967. Role de la photoperiode dans la determinisme de la maturation genitale femelle du cephalopode *Sepia officinalis* L. *Comp. Rend. Hebd. Sceances Acad. Sci. Ser. D. Sci. Natur.* (Paris), 264: 1315-1318.
- ROPES, J. W. 1968. Reproductive cycle of the surf clam *Spisula solidissima* in offshore New Jersey. *Biol. Bull.*, 135: 349-365.
- ROSE, S. M. 1939. Embryonic induction in the Ascidia. *Biol. Bull.*, 77: 215-232.
- SAKUDA, H. M. 1966. Reproductive cycle of American oyster *Crassostrea virginica* in West Lock, Pearl Harbor, Hawaii. *Trans. Amer. Fish Soc.*, 95: 216-218.
- SCHROEDER, P. C. and C. O. HERMANS. 1975. *Annelida: Polychaeta In Reproduction of Marines Invertebrates* (A. C. Giese and J. S. Pearse, eds.) Academic Press, New York, Vol. III, p. 1-211.
- SCHUETZ, A. W. 1969. Chemical properties and physiological actions of a starfish radial nerve factor and ovarian factor. *Gen. Comp. Endocrinol.*, 12: 209-221.
- SMITH, R. H. 1971. Reproductive biology of a brooding sea star *Leptasterias pusilla* (Fisher) in the Monterey Bay area. Doctoral Dissertation, Stanford University, Stanford, Ca. 214 p.
- STEPHENSON, A. 1930. The breeding of reef animals Part II. Invertebrates other than corals. British Museum, Great Barrier Reef Expedition, 1928-29. Vol. 3, p. 247-272.
- THORSON, G. 1950. Reproductive and larval ecology of invertebrates. *Biol. Rev.*, 25: 1-45.
- TOMBES, A. S. 1970. *An Introduction to Invertebrate Endocrinology*. Academic Press, New York, 217 p.
- TOWLE, A. and A. C. GIESE, 1967. The annual reproductive cycle of the sipunculid *Phascolosoma agassizii*. *Physiol. Zool.*, 40: 229-237.
- TOWNSEND, G. 1940. Laboratory ripening of *Arbacia* in winter. *Biol. Bull.* 79: 363.
- WELL, M. J. 1960. Optic glands and the ovary of *Octopus*. *Symp. Zool. Soc. London*, 2: 87-107.
- WILSON, B. R. and F. P. HODGKIN, 1967. A comparative account of reproductive cycles of five marine mussels (Mollusca; Bilvalvia; Mytilidae) in the vicinity of Freemantle, Western Australia. *Austral. J. Marine Freshwater Res.*, 18: 175-203.
- WOLFSON, A. 1964. *Animal photoperiodism*. In *Photophysiology* (A. C. Giese, ed.) Vol. 2, p. 1-49, Academic Press, New York.
- YONGE, C. M. 1960. *Oysters*. A New Naturalist Special Volume. Collins, London, 209 p.
- YOSHIDA, M. 1952. Spawning activity of the hydromedusa *Spirocodon saltatrix*. *Zool. Mag. Tokyo*, 61: 358-366.
- YOSHIDA, M. 1954. Spawning habit of *Hydractinia epiconcha*, a hydroid, *J. Fac. Sci. Tokyo Univ.*, (Zool.), 7: 67-78.
- YOSHIDA, M. 1959. Spawning in coelenterates. *Experimentia*, 15: 11-12.
- YOUNG, R. T. 1946. Stimulation of spawning in the mussel *Mytilus californiensis*. *Ecology*, 26: 58-69.
- ZENKEVITCH, L. 1963. *Biology of the Seas of the U. S. S. R.* (S. Botcharskya, transl.) Wiley, N. Y. 955 p.

# ECOLOGICAL AFFINITIES OF BRAZIL AND THE SOUTHEASTERN UNITED STATES OF AMERICA. A STUDY IN COMPARATIVE PHYSIOLOGICAL ECOLOGY

F. John Vernberg and Winona B. Vernberg

Belle W. Baruch Institute for Marine Biology and Coastal Research  
and the Department of Biology, University of South Carolina,  
Columbia, South Carolina 29208, U.S.A.

(With 3 text-figures)

Although environmental studies have long been of interest to scientists, only recently have other segments of human society become actively involved in gaining and utilizing a knowledge of such studies. Long before ecology was recognized as a specific subdiscipline of biology various scientists, who were more commonly referred to as naturalists, were actively studying the biotic and abiotic nature of the environment. In retrospect we can discern a number of lines of investigation which have converged to give a framework for modern day ecology. A few examples are given both to illustrate this point and to provide a background for the theme of this paper, which is the comparative ecology of marine habitats of Brazil and the Southeastern United States.

One contribution of the early naturalists was to collect and identify plants and animals and to make observations on the natural history of characteristic biota in various regions of the world. Darwin's voyages and the work of Bates in the Amazon are some well-known examples of these types of studies. In addition Forbes (1856) and Woodward (1856) both discussed the biogeography of Brazil. In the Colonial days of the United States of America, Catesby (1731) catalogued many of the species of the Carolinas and the Bahamas. Since the studies of these early investigators, numerous taxonomic works on Brazilian and southeastern United States biota have been published.

Slightly later in time a second line of research was developing which would contribute important environmental information, the field of experimental biology. Much of the experimental literature from these early studies was summarized into a more comprehensive view of what we now call environmental biology by Davenport in 1898

in his classic book, *Experimental Morphology*.

The last important subject area which not only fired the imagination of scientists but also provided a basis for ecological thought was evolution, and the dynamic interplay between an organism and its environment became a cornerstone of evolutionary thought.

Thus systematics, biogeography, experimental biology, and evolutionary biology all interacted to stimulate scientists to study ecology — the science which analyzes the interaction between an organism and its abiotic and biotic environment. Since its formal beginning in the early part of this century, the field of ecology has grown tremendously and now consists of many subdisciplines.

This paper will discuss one of these subdisciplines which, for lack of a better term, we will call comparative physiological ecology. Workers in this subdiscipline study and compare the adaptive physiological strategies used by organisms to meet the environmental stress characteristic of different habitats. By comparing the responses of organisms from distinct habitats located in different biogeographical zones, insight into basic adaptive mechanisms can be gained which is not readily seen when studies are restricted to organisms from one geographical area. Special emphasis will be placed on the comparison of species from Brazil and the southeastern section of North America.

## BIOGEOGRAPHICAL ZONES OF BRAZIL AND SOUTHEASTERN UNITED STATES

The region which extends northward from the south of Brazil to South Carolina is a gradient of biogeographical zones offering a fertile field for comparative studies of physiological ecology. The south temperate zone, the south subtropical, the



tropical, the north subtropical, and the north temperate zones are all represented. In addition to diverse habitats, throughout this range there is a rich variety of species. Some have affinities for more than one zone, while others are endemic to a single zone.

Although certain aspects of the affinities and differences of the biogeography of the marine waters of the Brazil to South Carolina axis have been examined, it is obvious that we are far from having a comprehensive understanding of the physiological ecology of organisms inhabiting this broad area.

A number of oceanographic features account for the high degree of climatic and biotic similarity which exists between Brazil and Southeastern United States. The warm-water regions of the West Atlantic are dominated by warm ocean currents. Coming from West Africa is the strong *South Equatorial Current* which breaks into two distinct currents near Pernambuco. One branch, the Brazil Current, flows toward the south, while the other branch goes northward. The northern branch extends into the Caribbean and the Gulf of Mexico through the Florida straits where it contributes to the origin of the Gulf Stream. Thus all coastal waters between 30° N (northern Florida) and 20° S (north of Rio) have passed through the equatorial regions where it has been heated. The mean annual water temperature of this region is about 25° C; the coldest temperature is above 20° C. Between Cape Hatteras, North Carolina and northern Florida the surface water temperature in February is between 15–20° C. In the southern portion of Brazil at Torres, the average minimum sea water temperature in July is about 13° C and the average maximum sea water temperature in February is about 28° C.

The similarities between the Brazilian fauna and that of the West Indies and southern Florida were cited by Ekman (1953). He noted that 50% of mollusca in the area of Rio are found in the West Indies with many of these species found as far south as the northern section of the La Plata River. Based on the monograph of Williams (1965) at least 75 species of decapod crustacea are common to Brazil and South Carolina. Examples for other groups of animals are cited in other papers in this volume.

When comparing vegetational types throughout this wide geographic range, distinct similarities are readily apparent. Mangrove swamps extend from about Cananea in the south to mid-Florida in the north. Salt marshes are found on either side of the central mangrove region which are dominated by halophytic vascular plants be-

longing to the same genus. For example, in Brazil *Spartina brasiliensis* is common while in the USA *Spartina alterniflora* dominates; *Salicornia fruticosa* in Brazil and *Salicornia virginica* in the USA. Dr. E. Oliveira (personal communication) has indicated that many species of algae also are common to these two countries.

Some attempts have been made to establish the boundaries between the various biogeographical zones located between southern Brazil and the Southeastern United States. In 1962 a seminar on the "Biogeography of Marine Organisms" was held at the Institute of Marine Biology at Mar del Plata, Argentina. Data were presented by various investigators which supported the idea that in general the boundary line between the warm-temperate and the cold-temperate zone fauna is approximately 35° S in the southern hemisphere (Balich, 1964). For example, the boundary for molluscs is near 42° S (Stuardo, 1964) and at 31° S for sea urchins and sea stars (Bernasconi, 1964). In the northern hemisphere, Cerame-Vivas and Gray (1966) reported on the complex distribution of animals in the area of Cape Hatteras, North Carolina and suggested this region represents a biogeographical barrier. Some tropical species are found offshore in the Gulf Stream, while some but not all northern species are not found below Cape Hatteras. Briggs (1974) reviewed much of the literature on the division line between tropical and subtropical species along the east coast of Florida and concluded that it is indeed complicated. Although there is no doubt that a faunal change occurs, the precise boundary is not sharp. For example, Tashian and Vernberg (1958) and Miller and Vernberg (1968) have demonstrated that in Florida the boundary line between tropical fiddler crabs and their northern cousins changes from year to year depending in large part upon the severity of the winter.

Based on climatic and biogeographical data it is obvious that marked similarities between Brazil and the southeastern region of the United States of America exist. However, what is needed now is a critical evaluation of faunal and floral similarities along this latitudinal gradient since much more knowledge on the various taxonomic groups is now available. This evaluation will furnish a rich source of species which can be studied experimentally in terms of their physiological adaptation to environmental stress.

In the present paper two studies on the degree of physiological diversity between Brazilian and South Carolinian animals will serve as a model for future studies. One involves an aquatic species and the second a predominately intertidal species.

These studies are those of Gloria Moreira and Winona Vernberg on *Euterpina*, a copepod, and the Vernbergs on *Uca*.

## THE FIDDLER CRABS

Species of *Uca* extend from Argentina to Massachusetts. Three North Temperate Zone species extend southward to Florida where there is distributional overlap with tropical species. Most of the tropical species found in Florida also inhabit the coastal areas of Brazil. The region to the south of Cananea, São Paulo marks the southernmost distributional point of the tropical species and only one South Temperate Zone species continues further south to Argentina. Hence we have a series of closely related species which encompasses temperate zones and the tropics. To us this group of animals presented an excellent research subject to investigate the basic question of what are the strategies employed by these species which enable them to differentially adapt either to tropical or temperate zone climatic conditions.

Although the adults of this genus occupy the intertidal zone, there are marked differences in habitat preferences, depending on substrate, moisture, and other microclimatic conditions (Crane, 1975; Miller, 1961). From the ovigerous female, free-swimming larvae (first stage zoeae) are released to the water. The five zoeal stages, which undergo development in the water column, are followed by a megalopal stage. This stage invades the intertidal zone and metamorphoses into the young crab stage. Following repeated molts, a mature adult results. Thus, within the life cycle of the fiddler crabs the various stages must be adapted to both the stresses of land and aquatic environments.

To analyze the adaptive capacity of the tropical and temperate zone species, two major categories of responses were studied: 1) resistance responses, and 2) capacity responses. In general resistance responses are those responses exhibited by organisms exposed to lethal environmental conditions. In contrast, capacity responses are those responses animals exhibit when subjected to a non-lethal, but sometimes stressful, environment (Vernberg and Vernberg, 1970).

**Resistance responses.** Adult fiddler crabs from the Carolinas, the Caribbean and Brazil have similar upper thermal lethal limits. Slight specific differences appear to be correlated more with their habitat than with their biogeographical distribution (Vernberg and Tashian, 1959; Edney, 1961; Vernberg and Vernberg, 1967). However, at low tempera-

ture, marked differences between tropical and temperate zone species can readily be observed. For example, at 7°C tropical species died within hours, but the mortality rate of temperate zone species was unaffected. Even after various types of thermal acclimation experiments clear differences existed. The generality emerged that temperate zone species exhibited significant ability to shift their lower thermal lethal limits in response to thermal acclimation (lower acclimation temperatures; lower thermal lethal limits) than did the more stenothermal tropical species (Vernberg and Tashian, 1959; Vernberg and Vernberg, 1967).

In contrast, no distinct differences in upper or lower thermal lethal limits between larval fiddler crabs from the tropical and temperate zones have been noted (Vernberg and Vernberg, 1975). This observation has added importance other than its biogeographical implications, in that this illustrates that the larvae stage of a tropical species is more tolerant of temperature than is the adult stage. Typically, it is assumed that the larvae are more sensitive to environmental extremes than are the adults. However, it should be noted that this tendency for larval superiority does not pertain to all environmental factors. The adult is extremely tolerant of salinity variation (0 0/00 to 50 0/00), while the larvae die when the salinity is about 15 0/00 (Vernberg and Vernberg, 1975). The observed increased thermal tolerance of larval tropical crabs could have zoogeographical significance. Since the larval stages appear to be the most active phase of widespread species distribution, and since most of the currents in Brazil and southeastern United States flow from warm water to cold water, it could be adaptive to a species to have cold-resistant larvae capable of invading higher latitudes.

What is needed now is a more detailed analysis of the mechanisms which enable temperate zone animals to survive low temperatures which are lethal to tropical animals. Also, there are many questions concerning the interaction of environmental factors and the developmental biology of tropical and temperate zone species. For example, why are larvae less tolerant of low salinity than adults, while larvae of tropical species are more resistant to low temperature than are adults? These questions, as well as others, need to be examined for other taxonomic groups in order to determine evolutionary trends.

**Capacity responses.** The rate of oxygen consumption determined at different temperatures is one indicator of the adaptive capacity of tropical and temperate zone animals. When this response is plotted as a metabolic-temperature curve (M-T

curve) an excellent visual basis is presented for comparing two or more species or geographically separated populations of one species. Metabolic temperature data have been published on various species of tropical and temperate zone fiddler crabs ranging from Massachusetts (the northernmost point of their distribution) to Torres, Rio Grande do Sul (references). A few examples will illustrate some of the general findings which appear to have biogeographical significance.

*Uca pugnax*, a north temperate zone species, is closely related to *Uca rapax*, a tropical species. For many years they were considered as subspecies until Tashian and Vernberg (1958) separate them into separate species based on morphological and ecological differences of populations in their region of geographical overlap in eastern Florida. The comparative M-T curves determined for adults of both species acclimated to high and low temperatures are graphically represented in Figure 1. The temperate zone species is not only more

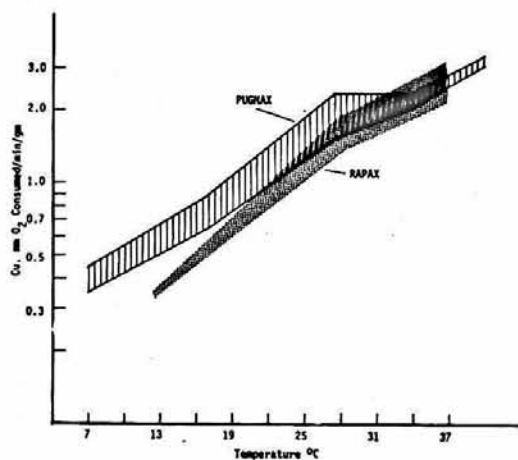


Fig. 1. The comparative metabolic-temperature curves of *Uca rapax* (tropical species) and *U. pugnax* (temperate zone species) determined for warm - and cold - acclimated animals. These curves represent the "genotypic" limits for each species.

metabolically active at low temperatures, but it is more physiologically labile as demonstrated by a greater variation in metabolic response due to thermal acclimation. In contrast, greater lability is exhibited by the tropical animals at higher temperatures. Since temperate zone animals experience and can survive greater seasonal fluctuations in temperature than tropical animals, this type of

metabolic response would appear to be adaptive.

Differences in M-T curves have also been demonstrated for geographically separated populations of the same species (Vernberg and Vernberg, 1966). For example, Fig. 2 represents the metabolic

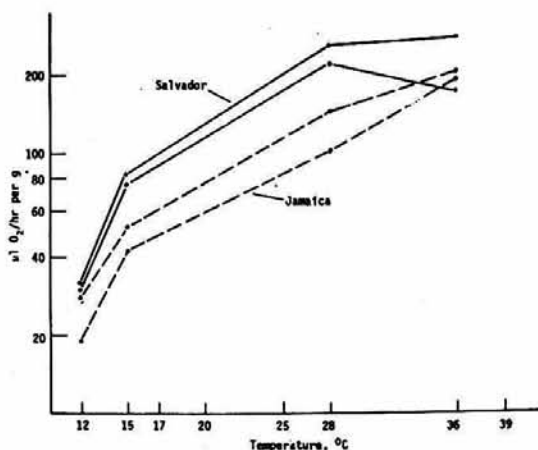


Fig. 2. The comparative metabolic-temperature curves of two latitudinally separated populations of *Uca rapax* determined for warm - and cold - acclimated animals. One population is from Jamaica, the West Indies and the second is from Salvador, Bahia. These curves represent the "genotypic" limits for each species. (After Vernberg and Vernberg, 1966).

response of populations of *Uca rapax* from Jamaica and Salvador, Bahia. The adaptive significance of this difference in response is not obvious since both populations are subjected to similar annual thermal regimes. Apparently other selective forces are influencing the formation of physiological races. However, latitudinally separated populations of *Uca uruguayensis* do not show as distinct differences in metabolic-temperature curves as do other species of *Uca*. The population from Torres is normally subjected to a much greater thermal range than the populations from Santos. Correlated with this thermal difference we find that the metabolic rate of the Torres population at low temperature exhibits a greater degree of lability (Vernberg and Vernberg, 1966). Distinct differences in M-T curves of latitudinally separated populations of *Uca pugilator* along the east coast of the United States have been reported (Vernberg, 1969).

The metabolic response of larval tropical and temperate zone fiddler crabs to temperature does not show any distinct and consistent correlation between zoogeography and metabolism (Vernberg and Costlow, 1966). However, during the ontogeny of *Uca pugilator* significant meta-

bolic differences were noted between geographically separated populations.

Another useful indicator of adaptation to environmental stress is the rate of growth from the larval to the adult stage determined at different temperatures and salinities. One example of this type of study was reported by Vernberg and Vernberg (1975). When plotting the total developmental time from the first stage zoeae to crab stage at 30 ‰ and different temperatures (Fig. 3), the

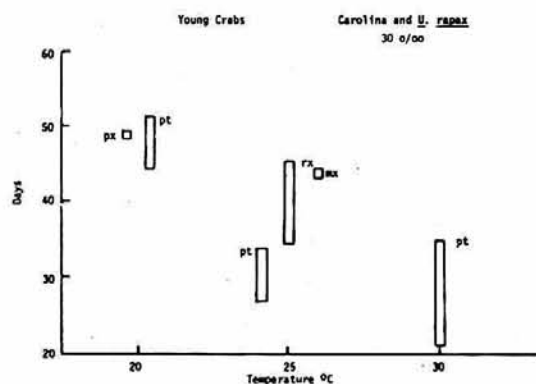


Fig. 3. Development times to megalopa stage from first stage zoeae of fiddler crabs determined at different temperatures and at a salinity of 30 ‰. px = *Uca pugnax*; pt = *Uca pugilator*; mx = *Uca minax*; rx = *Uca rapax*. (after Vernberg and Vernberg, 1975).

following generalities can be made: 1) Although lowered temperature increases the development time, above a specific temperature (in this case 25°C) increased temperature did not appear to influence normal development; and 2) no distinct correlation between development time-temperature and zoogeography was noted. Although *U. pugilator*, a temperate zone species, developed faster than the tropical species *U. rapax* (a classical response), *U. minax*, also from the temperate zone, developed similarly to *U. rapax*.

Studies at the tissue and enzyme levels also demonstrate functional differences in the response to temperature of latitudinally separated populations of fiddler crabs (Vernberg and Vernberg, 1966; Vernberg and Vernberg, 1968). In general the results of these papers emphasize metabolic adaptation to low temperature by temperate zone animals. However, in some cases, it is difficult to

draw broad zoogeographical generalities without a better understanding of intra-organismic control mechanisms.

## EUTERPINA ACUTIFRONS

This species of planktonic harpacticoid copepod is common to the coastal waters of Brazil and southeastern United States. Various studies by Moreira and Vernberg on populations of this species from South Carolina and Brazil have demonstrated marked metabolic-temperature intraspecific differences. Recently they reported that at 25°C the metabolic rate of cold- and warm-acclimated females and small-sized males was significantly higher than organisms from São Sebastião (Vernberg and Moreira, 1974). This response appeared to be adaptive in that the Brazilian population typically experienced higher water temperatures and that a reduced rate of oxygen consumption at higher temperatures would conserve energy. At lower temperatures, the South Carolina population had higher rates and exhibited a greater degree of metabolic lability. Both of these responses would also be adaptive.

## SUMMARY

Brazil and the southeastern United States have faunistic similarities and differences which are of fundamental interest to the environmental scientist. These similarities and differences provide natural experimental organisms and habitats which can provide answers to basic and applied questions. What are the lethal limits of organisms to environmental changes? How do animals functionally adjust to various ecological parameters? How have basic biological systems evolved in response to new environments? Although the comparative functional attributes of individual species has been stressed in this paper, knowledge of the comparative dynamics of discrete ecosystems ranging from the tropics to the south and north temperate zones is vitally needed before man can gain an understanding of how systems function, and, equally important, how to manage and manipulate coastal marine environments. This critical area is where man has the potential to exert his greatest influence on the future existence and evolution of specific organisms and ecosystems.

## LITERATURE CITED

- BERNASCONI, I. 1964. Distribucion geografica de los equinoideos y asteroideos de la extremidad austral de Sudamerica. *Bol. Inst. Biol. Mar. Mar del Plata, Argentina*, 7: 43-49.

- BRIGGS, J. C. 1974. *Marine Zoogeography*. McGraw Company, New York.
- CATESBY, M. 1731. *The Natural History of Carolina, Florida, and the Bahama Islands*. 2 vols. London, 1731-1743.
- CERAME-VIVAS, M. J. and I. E. GRAY. 1966. The distributional pattern of benthic invertebrates of the continental shelf off North Carolina. *Ecol.*, 47: 260-270.
- CRANE, J. 1975. *Fiddler Crabs of the World*. Ocypodidae: Genus *Uca*. Princeton University Press, New Jersey.
- DAVENPORT, C. B. 1898. *Experimental Morphology*. Vols. I and II. Macmillan, London and New York.
- EKMAN, S. 1953. *Zoogeography of the Sea*. Sidgwick and Jackson. London.
- FORBES, E. 1856. *Map of the distribution of marine life*. In Alexander K. Johnston, *The Physical Atlas of Natural Phenomena*. W. and A. K. Johnston, Edinburgh and London.
- MILLER, D. C. 1961. The feeding mechanisms of fiddler crabs, with ecological considerations of feeding adaptations. *Zoologica*, 46: 89-100.
- MILLER, D. C. and F. J. VERNBERG. 1968. Some thermal requirements of fiddler crabs of the temperate and tropical zones and their influence on geographic distribution. *Am. Zool.*, 8: 459-469.
- STUARDO, B. J. 1964. Distribucion de los moluscos marinos litorales en latinoamerica. *Bol. Inst. Biol. Mar. Mar del Plata, Argentina*, 7: 79-91.
- TASHIAN, R. E. and F. J. VERNBERG. 1958. The specific distinctness of the fiddler crabs *Uca pugnax* (Smith) and *Uca rapax* (Smith) at their zone of overlap in Northeastern Florida. *Zoologica*, 89-93.
- VERNBERG, F. J. 1969. Acclimation of intertidal crabs. *Am. Zool.*, 9: 333-341.
- VERNBERG, F. J. and J. D. COSTLOW, Jr. 1966. Studies on the physiological variation between tropical and temperate zone fiddler crabs of the genus *Uca*. IV. Oxygen consumption of larvae and young crabs reared in the laboratory. *Physiol. Zool.*, 39: 36-52.
- VERNBERG, F. J. and R. E. TASHIAN. 1959. Studies on the physiological variation between tropical and temperate zone fiddler crabs of the genus *Uca*. I. Thermal death limits. *Ecol.*, 40: 589-593.
- VERNBERG, F. J. and W. B. VERNBERG. 1966. Studies on physiological variation between tropical and temperate zone fiddler crabs of the genus *Uca*. VII. Metabolic-temperature acclimation responses in southern hemisphere crabs. *Comp. Biochem. and Physiol.*, 19: 489-524.
- VERNBERG, F. J. and W. B. VERNBERG. 1967. Studies on the physiological variation between tropical and temperate zone fiddler crabs of the genus *Uca*. IX. Thermal lethal limits of southern hemisphere *Uca* crabs. *Oikos*, 18: 118-123.
- VERNBERG, F. J. and W. B. VERNBERG. 1970. *The Animal and the Environment*. Holt, Rinehart and Winston, 398 pp.
- VERNBERG, F. J. and W. B. VERNBERG. 1975. *Adaptations to extreme environments*. In (F. J. Vernberg, ed) *Physiological Ecology of Estuarine Organisms*, pp. 165-180. University of South Carolina Press.
- VERNBERG, W. B. and G. S. MOREIRA. 1974. Metabolic-temperature responses of the copepod *Euterpina acutifrons* (Dana) from Brazil. *Comp. Biochem. Physiol.*, 49A: 757-761.
- VERNBERG, W. B. and F. J. VERNBERG. 1968. Studies on the physiological variation between tropical and temperate zone fiddler crabs of the genus *Uca*. X. The influence of temperature on cytochrome c oxidase activity. *Comp. Biochem. Physiol.*, 26: 499-508.
- WILLIAMS, A. B. 1965. Marine decapod crustaceans of the Carolinas. *Fish. Bull.*, 65: 1-298.
- WOODWARD, S. P. 1856. *A manual of the mollusca*. John Weale, London.

# ESTUARINE ECOSYSTEM STUDIES WITH SPECIAL EMPHASIS ON THE NORTH INLET ESTUARY, SOUTH CAROLINA

F. J. Vernberg, R. F. Dame, Jr., and R. D. Bonnell

Belle W. Baruch Institute for Marine-Biology and Coastal Research,  
University of South Carolina, Columbia, South Carolina 29208, U.S.A.

(With 7 text-figures)

## INTRODUCTION

Our earth is a dynamic, complex, interacting system of plants and animals living together in a non-living, physical-chemical environment. Like all dynamic systems — whether it be a factory, a city, or a living organism — planet Earth needs energy to survive and maintain itself. The basic input of energy is from the sun, and this energy is used by plants to photosynthetically produce organic material (food). This production of organic material forms the primary food source for all life. Thus, a knowledge of how the environment influences both food production and the utilization of food and energy by all living organisms is fundamental to human society.

One geographically small, but extremely important ecological segment of our earth, is the estuary. An estuary is a discrete ecological habitat where sea water rhythmically ebbs and flows within a semi-enclosed coastal body of water. A variable amount of fresh water derived from land drainage enters estuaries; some have relatively little fresh water runoff, while others receive tremendous quantities of fresh water from large river systems. This fresh water may dramatically reduce the salinity of sea water and influence numerous other ecological factors. Hence, the estuary may represent a relatively unstable, dynamic environment.

Great diversity in kinds and shapes of estuaries has been reported in the scientific literature (Lauff, 1967; Odum *et al.*, 1974). However, estuaries typically have certain characteristics in common. Briefly, the principal similarities are: 1) tidal fluctuation, 2) salinity changes, 3) high concentrations of nutrients, and 4) a decrease in numbers of marine species as salinity is decreased.

In general organisms inhabiting estuaries are adapted to live in a dynamic habitat where salinity, temperature, oxygen, and other environmental factors change markedly with time (Remane and Schlieper, 1971; Vernberg and Vernberg, 1972). Although not typical of all estuaries, most have human population centers associated with them because these strategic regions represent an excellent commercial site offering both a safe harbor for ocean-going ships and a terminal for river traffic. In addition estuarine may be a highly desired recreational area and a place for commercial fishing.

Despite the basic similarities common to all estuaries, it is necessary to realize that each estuary has its own specific characteristics. These differences between estuaries may be quantitative, such as the amount of fresh water runoff, the amount of wetlands bordering the estuarine waters, and length and width of estuaries. Qualitative differences also exist. For example, some estuaries are bordered by rocky shores, others by salt marshes. Differences in physical-chemical-geological characteristics have a pronounced effect on the kinds and number of organisms living in estuaries. As an illustration, a low salinity estuary will typically have fewer marine species than a high salinity estuary. Since pollutants may effect brackish water organisms differently than marine species, water quality standards and management procedures might be different in these estuaries.

To understand estuaries and to be able to predict the environmental impact of man on these critical regions, similarities and differences must be carefully considered. The view that "if you've studied one estuary you've studied them all" is dangerous scientifically and is unfounded from a management and legislative viewpoint.

## ECOSYSTEMS

In recent years, sharp public focus on environmental problems has popularized the long held view of ecologists that the environment is extremely complex and difficult to study on a short-term "crisis-by-crisis" basis. However, rather than being overwhelmed by the complexity of natural ecological systems, ecologists have proposed the somewhat simplified concept of the ecosystem which can be studied by systems analysis techniques and modelling procedures.

Various definitions of an ecosystem exist, but all include the concept that certain plants and animals regularly interact as a unit called a community and that this community exists in an abiotic (non-living) environment. Together the biotic community and the abiotic factors constitute an ecosystem which has a specific characteristic structure (anatomy) and function (physiology).

The structural anatomy of an ecosystem is based on such features as the kind and number of species present at different times of the year. In contrast, the functional characteristics include the rate at which the ecosystem functions, such as food production levels and energy flow rates to various ecosystem components.

Our planet is an example of an ecosystem. But, for greater ease of study, this large ecosystem is subdivided into subunits by establishing artificial, but well-defined, boundaries. However, we must remember these subunits interact with each other and do not exist alone. Even by creating these discrete subunits, analysis is still complex, and to be studied properly a multi-disciplinary team of scientists and sophisticated computer technology must be involved. Although the general aspects of ecosystems are fairly well understood, the important step of developing refined models for various kinds of ecosystems having predictive

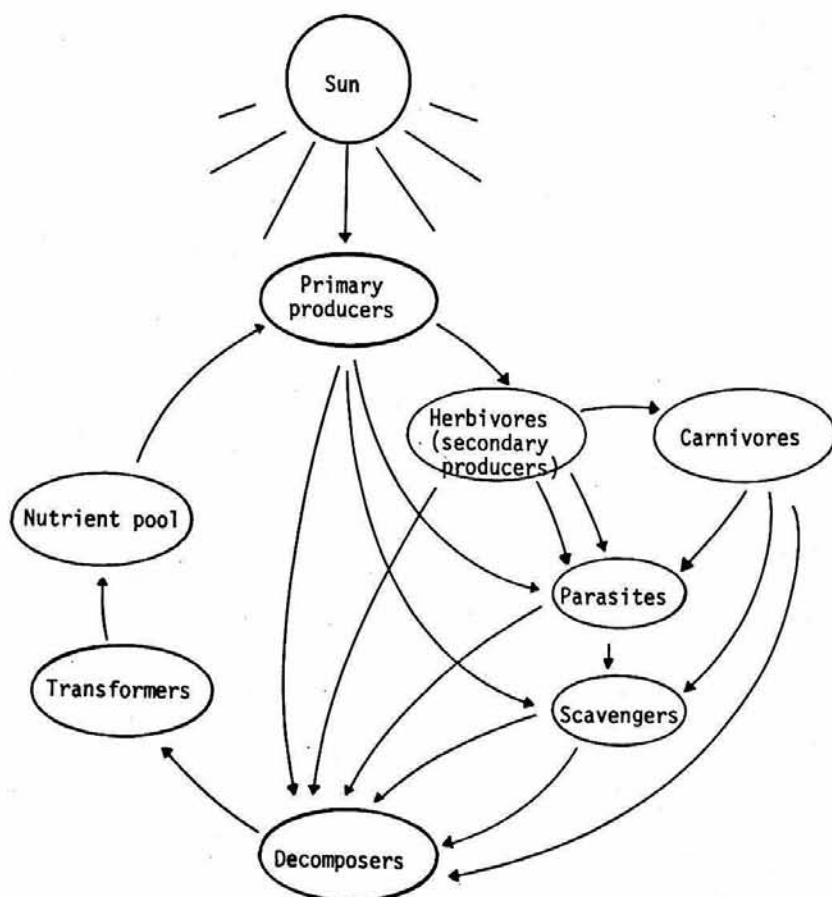


FIG. 1. Generalized scheme of an ecosystem (Vernberg and Vernberg, 1970).

and management capabilities is not yet a reality. A generalized scheme of an ecosystem is graphically represented in Fig. 1 (Vernberg and Vernberg, 1970, the arrows represent directional flow of nutrients and/or energy).

An essential feature of an ecosystem is the presence of organisms that are responsible for the production of organic compounds by photosynthetic activity using energy derived from the sun. This process produces most of the food (energy) necessary to support the other biological components of the ecosystem and is called *primary production*. In addition, some bacteria (chemotrophs) can produce complex organic compounds from simple inorganic matter in the absence of sunlight. Herbivores eat primary producers and energy is derived in this manner to sustain the herbivore. In turn some of this energy is incorporated into organic matter which is available to carnivores who feed on herbivores. The production of organic matter by herbivores is called *secondary production*. In turn carnivores may be devoured by other carnivores, which represent still another level of organic production and exchange of energy. Parasites extract their required energy from organisms at every level of production. Scavengers feed on food scraps wherever available, while other organisms are responsible for the decomposition of dead biological material. Decomposition products may serve as nutrients for many different types of organisms including primary producers. In estuaries, one of the important food sources is detritus, the debris resulting from the breakdown of biological material which represents potential energy for consumer species. Organisms feeding on detritus are called detritivores.

All of these biological activities take place in a complex non-living environment which has a profound influence on plants and animals. For example, temperature affects most physiological functions. Extremely high or low temperatures may kill an organism, while non-lethal temperatures may influence the rate of photosynthesis or the reproductive cycle. In brief, the ecosystem represents a complex interacting system which is dependent on an external source of energy from the sun and whose functional activities tend to be interrelated and cyclic in nature involving biological, chemical, geological, and physical features.

For an ecosystem to exist and to function, energy is required. An important aspect of studying estuarine ecosystems is to determine the input of energy into the system and where and how this energy is transported to and used by the various components of the system. An accounting of the energy within an ecosystem is called an energy

budget and reflects input and output of energy from the entire system as well as partitioning of energy within the various units, such as kilogram-calorie (Kcal), BTU, or grams of carbon, but all are interconvertible.

To analyze complex systems, scientists develop conceptual models which can illustrate the system in simpler terms. Such a model, the "universal" model of ecological energy flow, was suggested by E. P. Odum (1968) (Fig. 2). This model can be used whether analyzing the energetics of an ecosystem or that of an individual organism. Energy flow from one organism to another is represented in Figure 2b by coupling two units of the model. Because of energy loss due to such functions as digestion, respiration, reproduction, and excretion, the first unit is larger than the second. This relationship is of importance and illustrates the obvious fact that the amount of primary production of energy will determine the ultimate size of the ecosystem. Energy input (I) is either assimilated (A) or returned to the environment and not used (NU). Assimilated energy is used for respiration (R) or production (P) of new organic matter. Respiration is a measure of work being performed by organisms and results in a loss of energy from the system. Production energy may be used for growth (G), stored (S) as a reserve for future use, excreted (E) as wastes of metabolism, or energy as used to search out new energy sources.

A basic similarity between economic systems and ecosystems can be readily observed. Economists use some monetary unit, i.e., dollar, cruzeiro, or peso, as the source which drives their system, whereas the basic ecosystem unit used by the ecologist is energy. To understand economic systems, the input and distribution of money is analyzed, while to analyze environmental systems the ecologist studies the input, output, and flow of energy through an ecosystem. One obvious difference between the two systems is that an economic system is a man-made entity which depends on a monetary unit which may be changed, while in contrast the energy required to drive an ecosystem is derived from an outside source, the sun, and is not a renewable resource. Money is recycled, but energy is not.

Three main types of energy input are important in estuaries: 1) light, 2) organic compounds, and 3) mechanical energy (Odum *et al.*, 1974).

Light energy from the sun is of paramount importance in the production of organic compounds by photosynthetic activity. Phytoplankton, attached macro and micro algae, and various species of flowering plants living underwater and in the



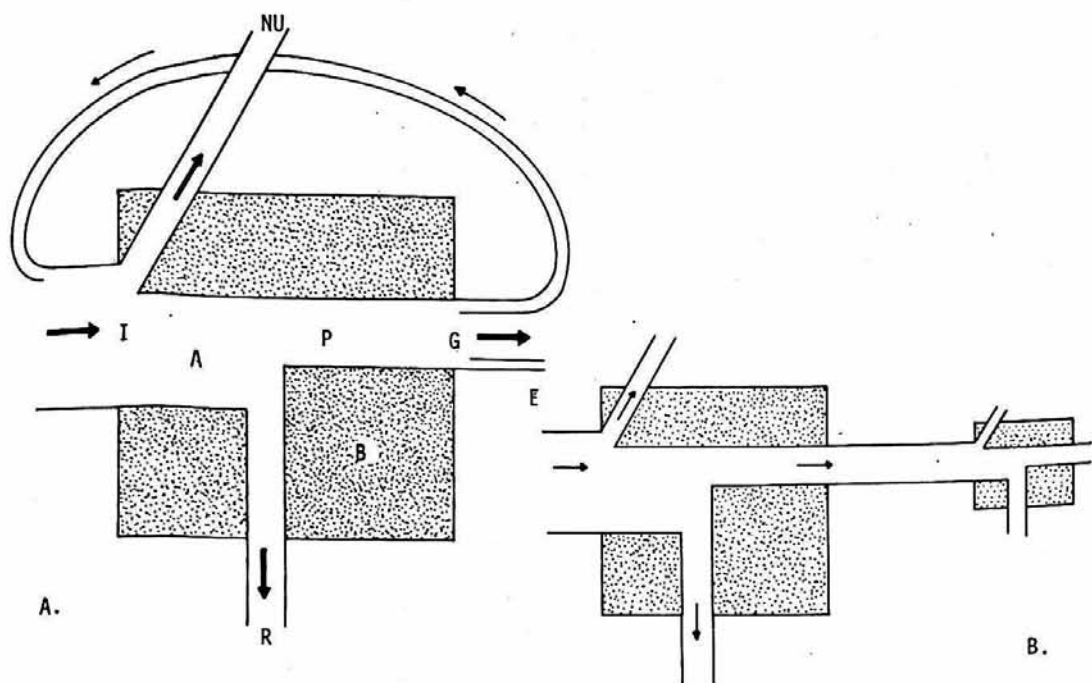


Fig. 2. A "universal" model of energy flow through biological systems. (From Odum, 1968).

marshes and wetlands bordering estuarine waters are the principal primary producers. Not all of the organic matter produced in an estuary is retained within the system; some is exported to adjacent ecosystems.

Organic compounds are introduced into the estuary by rivers, water run off from adjacent land areas, and from the sea. Some of these compounds provide energy for various groups of organisms. In estuaries associated with human habitation, organic materials resulting from man's activities are frequently added directly to the neighboring estuaries through sewage or industrial discharges. Although these organic materials may represent an energy source for some organisms, to others they are toxic.

The input of mechanical energy may result from various activities associated with winds, tides, and waves. Tidal energy is a principal factor in determining the high degree of productivity of salt marshes. Its turbulence aids in mixing and distributing nutrients which is similar to the result of plowing a field. Thermal additives as a result of man's activities, such as heat from nuclear power plants, represent still another source of energy.

Energy export from estuaries results from a number of processes, such as river flow, tidal circulation, and sedimentation. Water exchange between the ocean and the estuary or between the estuary and fresh water streams may cause a net trans-

location of organic matter (energy) dissolved or suspended in the water. Energy may flow from the estuarine wetland ecosystem to the surrounding terrestrial system by terrestrial organisms feeding in the marshes. Man removes energy from estuaries whenever he takes oysters, shrimp, fish, or other organisms. Also, migrating oceanic animals and birds periodically invade estuaries to feed and thus they utilize the estuarine energy reserves. An estuarine energy flow study will analyze the dynamics of where, how, how much, and how fast the energy flows through the estuary-wetlands ecosystem.

In recent years the ecologist has profitably adapted the techniques of systems analysis to the study of ecosystems (Watt, 1966, 1968; Patten, 1971). Rapid strides in computer technology, cybernetics, information theory, and mathematical modelling have permitted a greater arsenal of tools to be available for analyzing complex segments of the earth, such as estuaries. Specific examples will be presented demonstrating attempts to express the functional qualities of estuaries in terms of energy flow models. It should be noted that these studies are in the preliminary, embryonic stage of development as is the entire field of ecosystem analysis.

Estuaries are important ecologically and economically because of their naturally high level of productivity (energy production). For example,

estuaries serve as nursery grounds for both migratory oceanic species, such as shrimp and blue crabs, and resident commercially important animals, such as oysters and clams. An important research problem which has great implications for environmental management is the need to analyze the flow of energy through the estuarine ecosystem. Once known, estuarine energy flow patterns could be manipulated and managed to permit their maximum utilization for man's activities and still prevent the destruction of an estuary as a biologically productive ecosystem. Since man is an integral part of this ecosystem, destruction of

ecosystems is not to his ultimate advantage. Energy flow studies have another important function in that energy flow values could be converted into monetary units so that an ecologic-economic basis could exist for making environmental management decisions rather than depending on political or emotional factors.

### THE ESTUARINE – MARSHLAND ECOSYSTEM

One of the first attempts to construct an energy flow diagram for an estuarine-marsh

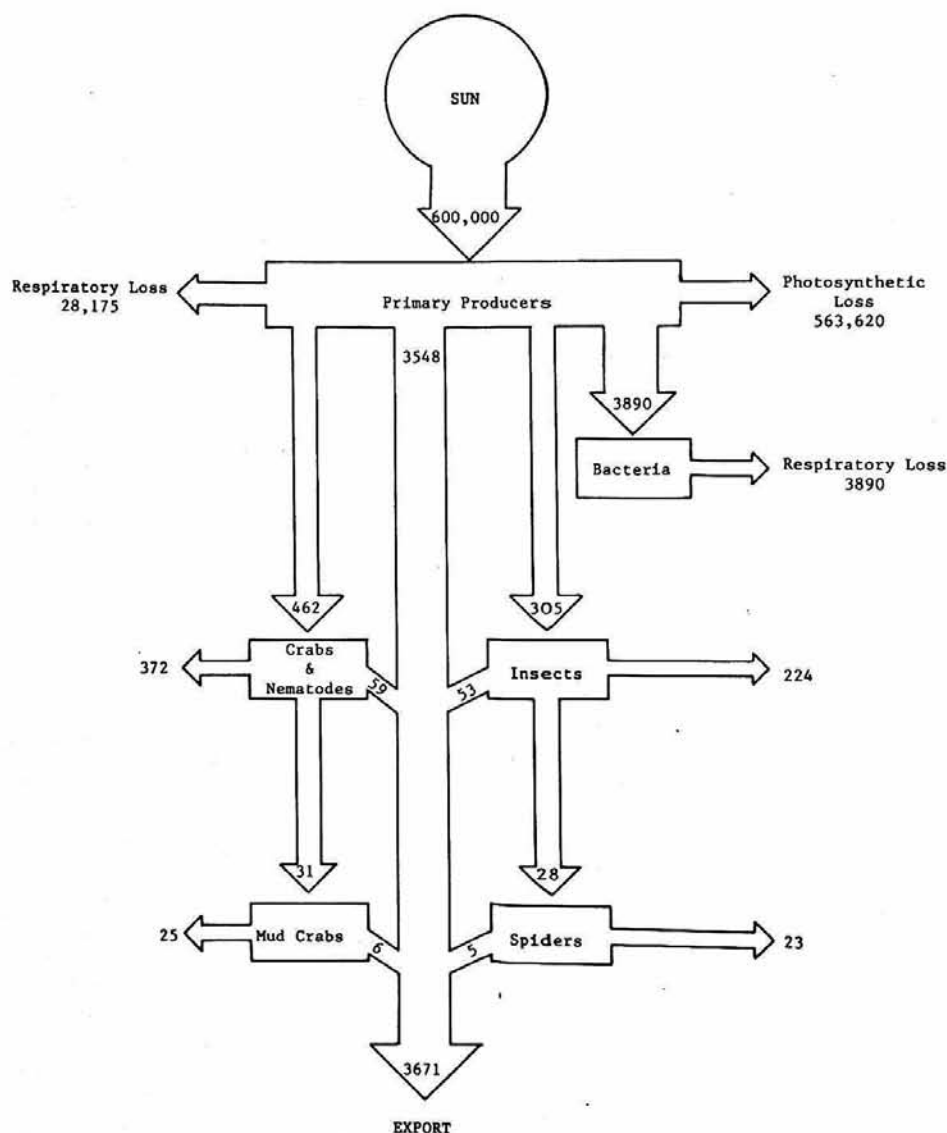


Fig. 3. Energy flow diagram for a Georgia salt marsh (modified from Teal, 1962).

ecosystem was that of Teal (1962) involving the marshes of Sapelo Island, Georgia. Based on the data of various investigators, Teal proposed the energy flow diagram represented in Figure 3. During a year the input of sun energy is 600,000 kcal/meter<sup>2</sup>. This energy was estimated to be partitioned as follows. Most of the energy (93.9%) was lost in photosynthetic activity. The gross production was 6.1% and the net production was about 1.4% of the incident light energy. Of the energy available to secondary consumers, 55% was expended in respiration, while 45% of net production was exported to feed estuarine organisms. Since this study was published more detailed energy budgets have been published for various individual species found in the estuarine-marsh ecosystem (Dame, 1972; Hughes, 1970).

Recently a detailed study of a New England salt marsh by Nixon and Oviatt (1973) expanded Teal's work. The two studies differed in that Teal emphasized energy flow in the marsh, while Nixon and Oviatt were concerned principally with energy flow in marsh creeks and embayments. Since consumption for the embayment exceeds production based on a yearly energy budget, this aquatic system must depend on input of energy in the form of organic detritus from marsh grasses. Production values of marsh grass were similar to those from New York, but markedly lower than that of southern marshes. This finding may reflect the substantial difference in climatic conditions between these geographical regions. Marked seasonal differences in energy flow patterns of New England ecosystems were observed. The flow of energy is much more complex and values are higher during the summer than in the winter.

To the south, the Newport River estuarine ecosystem is being studied by the Atlantic Estuarine Fisheries Center, National Marine Fisheries Service, Beaufort, North Carolina. Recently this group reported on the interaction between the major plant producers and the epifaunal and infaunal invertebrates and fish populations comprising the eelgrass community, a part of the estuarine system not discussed by Teal or Nixon and Oviatt. Unlike the system studied by Nixon and Oviatt, there appears to be excess food energy for the consumers. Failure of the herbivores and detritivores to expand to the limits of their food reserves suggests that the organisms may be predator limited, fishes and shore birds being the primary predators (Thayer, Adams and LaCroix, 1975). These authors suggest that the excess plant production in the system is likely exported to the adjoining estuary, thus providing food energy, in the form of detritus, to that system. This ecosystem

research program also includes detrital cycles, microbial activity studies, export of materials from grass beds, and trace metal studies.

The dynamics of energy flow expressed as carbon in an estuarine-marsh ecosystem, Barataria Bay, Louisiana, was described by Day *et al.* (1973). This study differs from the ones described above in that it deals in greater detail with all parts of the estuarine-marsh complex. Like other marshes, energy was available to be exported to the water, but unlike the findings of Nixon and Oviatt, a net community production in the water column was reported. Also, active studies are continuing in Georgia by Wiegert *et al.* (1975).

In brief summary, although estuarine-marsh energy flow studies are relatively recent, some initial progress has been made in both understanding the dynamics of this fundamental phenomenon and providing information for management decisions.

#### THE NORTH INLET ESTUARINE ECOSYSTEM MODEL

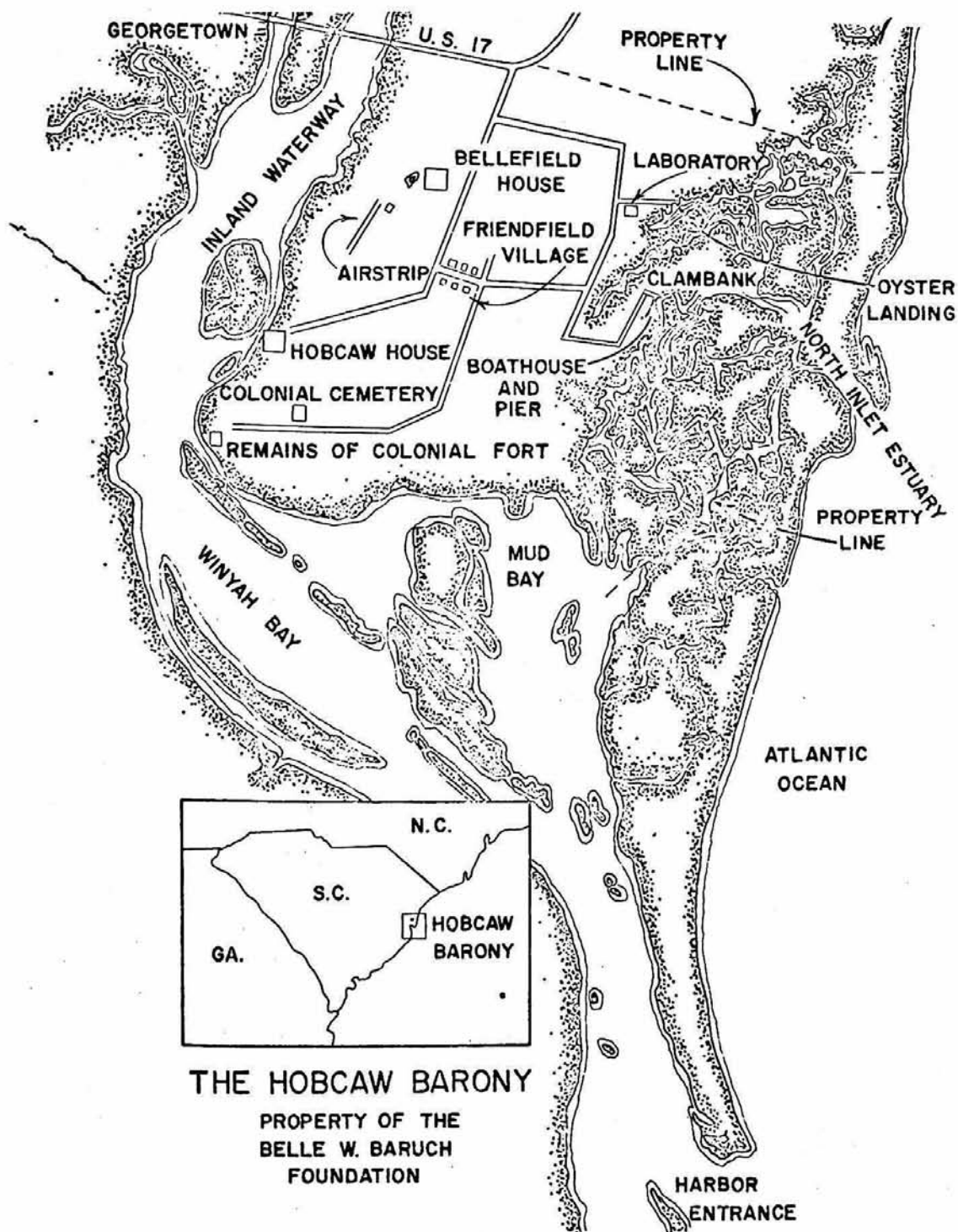
With this brief introduction to the field of ecological modelling of estuaries, detailed attention will now be given to a program involving a relatively unpolluted and undeveloped salt marsh-estuary located near Georgetown, South Carolina.

The objectives of this ecosystem study of the North Inlet Estuary are: 1) to understand better the dynamics of estuarine ecosystems through integrative research, and 2) to be able to predict the consequences of technological and societal changes on estuaries. The area for study is the North Inlet Estuary located adjacent to the Belle W. Baruch Foundation property in Georgetown County, South Carolina (Fig. 4). The specific study area (Fig. 5) is approximately 6 km by 2.4 km and encompasses 2632 hectares of marshland, chiefly dominated by *Spartina alterniflora*. Numerous creeks are found, and they represent various substrates such as mud, sand, or shell. Extensive and varied intertidal habitats exist, with oyster beds and reefs being very prominent.

Initially a comprehensive conceptual model of energy flow was formulated by the 15 senior investigators involved in this study. This conceptual model was divided into three subsystems:

1) Water Column — The aqueous environment located above the bottoms of the benthic subtidal zone and the intertidal marsh zone. The uppermost boundary is the air-water interface.

2) Intertidal Marsh Zone — The benthic region extending landward from the lower limit of the distribution of creek bank oysters (*Crassostrea*



**THE HOBCAW BARONY**

PROPERTY OF THE  
 BELLE W. BARUCH  
 FOUNDATION



virginica), siphon tubes of the stout razor clam (*Tagelus plebeius*), and immediately above the upper limit of the normal distribution of the fire sponge (*Microcina prolifera*) and the sea pans, (*Renilla reniformis*) to the upper limit of the vegetational assemblage associated with the high tide mark. This is characterized by the presence of the following species of plants: *Spartina alterniflora*, *S. patens*, *S. cynosuroides*, *Juncus roemerianus*, *Distichlis spicata*, *Salicornia* spp., and/or *Iva frutescens*.

3) Benthic Subtidal Zone — The area beneath the water column and seaward of the lower limit of the intertidal marsh. Included in the benthic subtidal zone is the material between the sediment-water interface to a depth of 50 cm.

The overall model consisted of 22 compartments or state variables which are defined as follows:

( $X_1$  — *Benthic macroflora*) The energy associated with those macroscopic algae, including filamentous forms, that are attached to a benthic substrate, but excluding those species of blue-green algae that form mats and that contribute to the stability of the benthic sediments. Primary species: Green, Red and Brown Algae. (Units — kcal/m<sup>2</sup>).

( $X_2$  — *Benthic microflora*) The energy associated with those microscopic algae, both unicellular and multicellular that are primarily associated with the upper 1 cm of the marsh mud and sand surfaces, and including blue-green algae that form mats and contribute to the stability of the benthic sediments. Primary species: diatoms and blue-green algae. (Units — kcal/m<sup>2</sup>).

( $X_3$  — *Detritus — Benthic subtidal*) The energy associated with the dead organic material in or on the bottom below the mean low tide, also includes dissolved organic carbon in the sediment. (Units — kcal/m<sup>2</sup>).

( $X_4$  — *Decomposers — Benthic subtidal*) The total microbial biomass (mgC/m<sup>2</sup>) measured using ATP. Unit measured is ATP (luciferin/luciferase) and biomass carbon is calculated using a conversion factor of 250 mgC per 1 mg ATP. The biomass of the decomposers (mgC/m<sup>2</sup>) is converted to energy (kcal/m<sup>2</sup>) by literature values to obtain the energy associated with decomposers — benthic subtidal. The dominant species of bacteria (decomposers) are: *Pseudomonas*, *Vibrio*, *Achromobacter*, *Aeromonas*, and *Cytophaga*.

( $X_5$  — *Meiofauna — Benthic subtidal*) The energy associated with those benthic animals living below the mean low tide that pass through a 0.5 mm sieve and are retained on a 0.063 mm sieve. (Units — kcal/m<sup>2</sup>).

( $X_6$  — *Macrofauna — Benthic subtidal*) The energy associated with those benthic animals living below the mean low tide that are retained on a 0.5 mm sieve.

( $X_7$  — *Grasses*) The energy associated with all rooted vegetation growing in the intertidal marsh zone. The dominant species are: *Spartina alterniflora*, *S. patens*, *S. cynosuroides*, *Juncus roemerianus*, *Distichlis spicata*, *Salicornia virginica*, *Salicornia* sp., *Iva frutescens*, and *Barrichia frutescens*. (Units — kcal/m<sup>2</sup>).

( $X_8$  — *Detritus — Intertidal*) The energy associated with the plant and animal (biogenic) material decomposing in the intertidal marsh. (Units — kcal/m<sup>2</sup>).

( $X_9$  — *Insects, Snails, etc. — Intertidal*) The energy associated with intertidal macrofauna larger than 1 mm mesh which consume plant or detrital material. (Units — kcal/m<sup>2</sup>).

( $X_{10}$  — *Birds*) The energy associated with all avian species, both resident and transient, that feed in the intertidal marsh or on the water column. The dominant species feeding on the water column are: Black Skimmer, Terns, Bay and Sea Ducks, Pelican, and Osprey. In the intertidal marsh: Marsh Wren, Rails, Seaside and Sharp-tailed Sparrows. (Units — kcal/m<sup>2</sup>).

( $X_{11}$  — *Meiofauna — Intertidal*) The energy associated with those benthic animals living between mean low water and mean high water that pass through a 0.5 mm sieve and are retained on a 0.063 mm sieve. (Units — kcal/m<sup>2</sup>).

( $X_{12}$  — *Mudcrabs — Intertidal*) The energy associated with crabs, chiefly *Panopeus*, *Eurypanopeus*, and occasionally *Uca*, which feed upon other animals (carnivores). (Units — kcal/m<sup>2</sup>).

( $X_{13}$  — *Decomposers — Intertidal*) The total microbial biomass in intertidal sediment (reported as mgC/m<sup>2</sup>) measured using ATP. Basic measurement is ATP (luciferin/luciferase) and biomass carbon is calculated using the conversion factor of 250 mgC per 1 mg ATP. The biomass of the decomposers — intertidal (mgC/m<sup>2</sup>) is converted to energy (kcal/m<sup>2</sup>) by literature values to obtain the energy associated with decomposers. The dominant species of bacteria (decomposers) are: *Pseudomonas*, *Vibrio*, *Achromobacter*, *Aeromonas*, and *Cytophaga*.

( $X_{14}$  — *Oysters, Mussels — Intertidal*) The energy associated with the intertidal macrofauna which filter microscopic plant, animal, and detrital material out of the water (filter feeders). (Units — kcal/m<sup>2</sup>).

( $X_{15}$  — *Mammals*) The energy associated with all mammal species (exclusive of man) that feed in the intertidal marsh. The dominant species

are: Raccoon, Otter, Feral Pigs, Norway Rat, Rice Rat, Cotton Rat, Harvest Mouse, House Mouse, and Deermouse. (Units - kcal/m<sup>2</sup>).

(X<sub>16</sub> - *Phytoplankton*) The energy associated with those microscopic algae, both unicellular and multicellular, that are primarily free-floating in the water column. Primary species: diatoms, dinoflagellates, and chrysoflagellates. (Units - kcal/m<sup>2</sup>).

(X<sub>17</sub> - *Detritus - Water Column*) Biogenic particulate organic matter suspended in the water column. The material retained on micro-fine glass fiber filters (Whatman GF/C) and converted to CO<sub>2</sub> by combustion at 500°C. (Units - kcal/m<sup>2</sup>).

(X<sub>18</sub> - *Herbivores - Water Column*) The energy associated with those animals free-floating or swimming that eat live plant material. Primarily the zooplankton but may include some fish. (Units - kcal/m<sup>2</sup>).

(X<sub>19</sub> - *Carnivores - Water Column*) The energy associated with the consumers that utilize both plant and animal matter as energy sources.

The dominant species are: Mullet, Crabs, *Fundulus*, and Shrimp. (Units - kcal/m<sup>2</sup>).

(X<sub>20</sub> - *Carnivores - Water Column*) The energy associated with the consumers that utilize herbivores, omnivores, and other carnivores in the water column as energy sources. The dominant species are: Sharks, Dolphin, Rays, Trout, Flounder, Spot, Croaker, Drum and Seaturtles.

(X<sub>21</sub> - *Decomposers - Water Column*) The total microbial biomass in the water column during ebb and flood tide as mgC/m<sup>2</sup> measured using ATP. Basic measurement is ATP (luciferin/luciferase technique) and biomass carbon is calculated using a conversion factor of 250 mgC per 1 mg ATP. The biomass of the decomposers (mgC/m<sup>2</sup>) is converted to energy (kcal/m<sup>2</sup>) by literature values to obtain the energy associated with decomposers - water column. The dominant species of bacteria (decomposers) are: *Pseudomonas*, *Vibrio*, *Achromobacter*, *Aeromonas*, and *Cytophaga*.

(X<sub>22</sub> - *Dissolved Organic Matter (DOM)* -

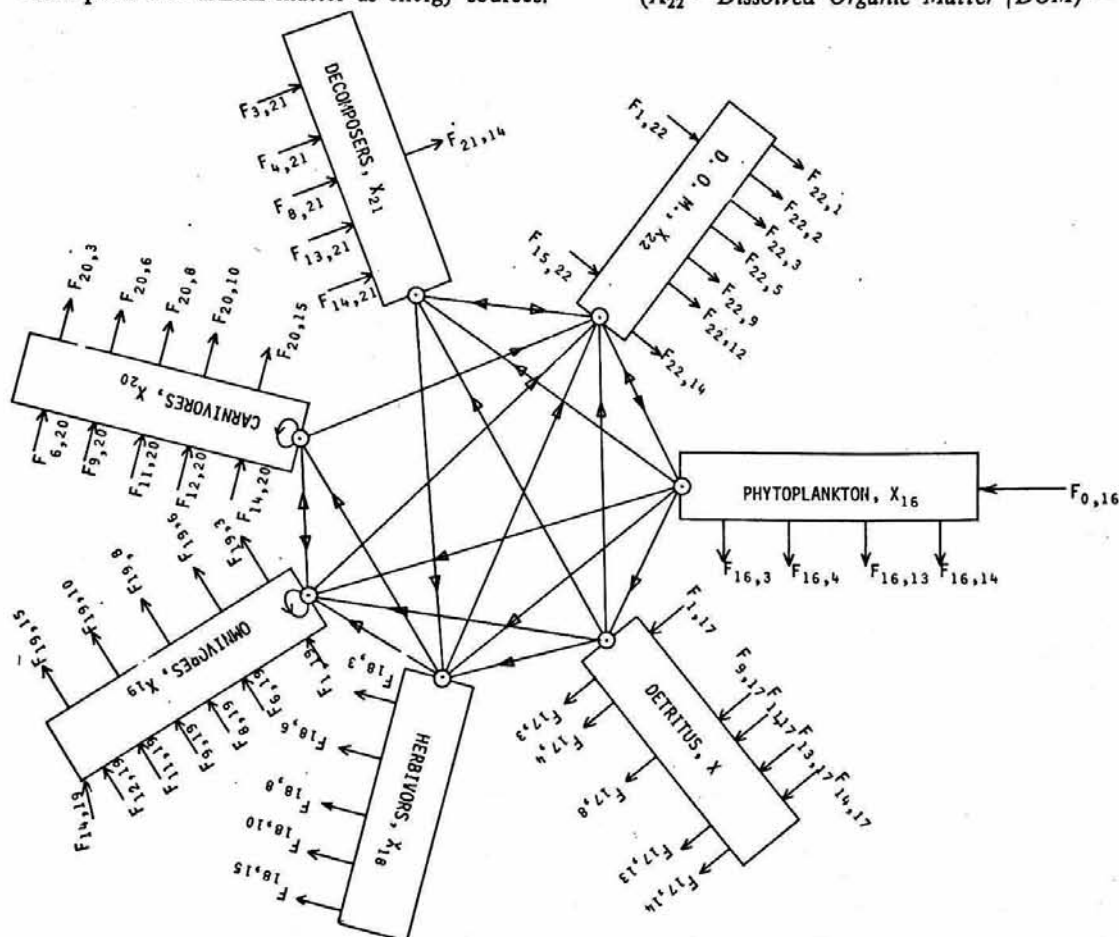


Fig. 6. The water column submodel.

*Water Column*) The energy associated with those dissolved chemical species in the water column, organic in nature, synthesized by biological processes. These are mainly compounds arising from excretory and secretory processes. (Units – kcal/m<sup>2</sup>).

Rather than attempt to illustrate the entire model, a submodel for the water column is presented in Figure 6. This submodel visually indicates the flow of energy between certain compartments. For example, the Detritus Compartment (X<sub>17</sub>) receives energy from Compartment X<sub>14</sub> (oysters) and sends energy to X<sub>13</sub> (decomposers).

### SUBMODEL DEVELOPMENT

To give an example of how models are developed, an analysis follows of the procedures used by Dame and Stevens (1976) to elaborate a management model of the intertidal oyster community in the North Inlet Estuary.

To develop this model, the following steps were followed: First, a verbal or picture model was developed by determining both the number and biomass of the species associated with the oyster

community (Table 1). This type of model doesn't really analyze the complexity of this community;

TABLE 1

Intertidal Oyster Bed Community  
Biomass and Numbers

Species	#/m <sup>2</sup>	g/m <sup>2</sup>	Trophic Level
<i>Amphitrite ornata</i>	3	0.430	Herbivore
<i>Anurida maritima</i>	14	0.611	Omnivore
<i>Brachedontes exustus</i>	741	32.330	Herbivore
<i>Chione intaparpurea</i>	1	0.137	Herbivore
<i>Crassostrea virginica</i>	974	164.870	Herbivore
<i>Eurypanopeus depressus</i>	61	5.700	Carnivore
Gammaridians	6	0.006	Omnivore
<i>Geukensia demissus</i>	5	6.580	Herbivore
<i>Glycera americana</i>	1	0.016	Omnivore
<i>Heteromastus filiformis</i>	105	0.139	Omnivore
Insect pupae	3	0.012	Omnivore
<i>Marphysa sauguinea</i>	5	0.120	Omnivore
<i>Melita nitida</i>	7	0.022	Omnivore
<i>Mercenaria mercenaria</i>	4	4.580	Herbivore
<i>Nereis succinea</i>	102	0.717	Omnivore
<i>Odostoma impressa</i>	23	0.061	Carnivore
<i>Panopeus herbstii</i>	56	5.890	Carnivore
<i>Phylodocea fragilis</i>	7	0.074	Omnivore
<i>Uca pugilator</i>	4	0.380	Omnivore

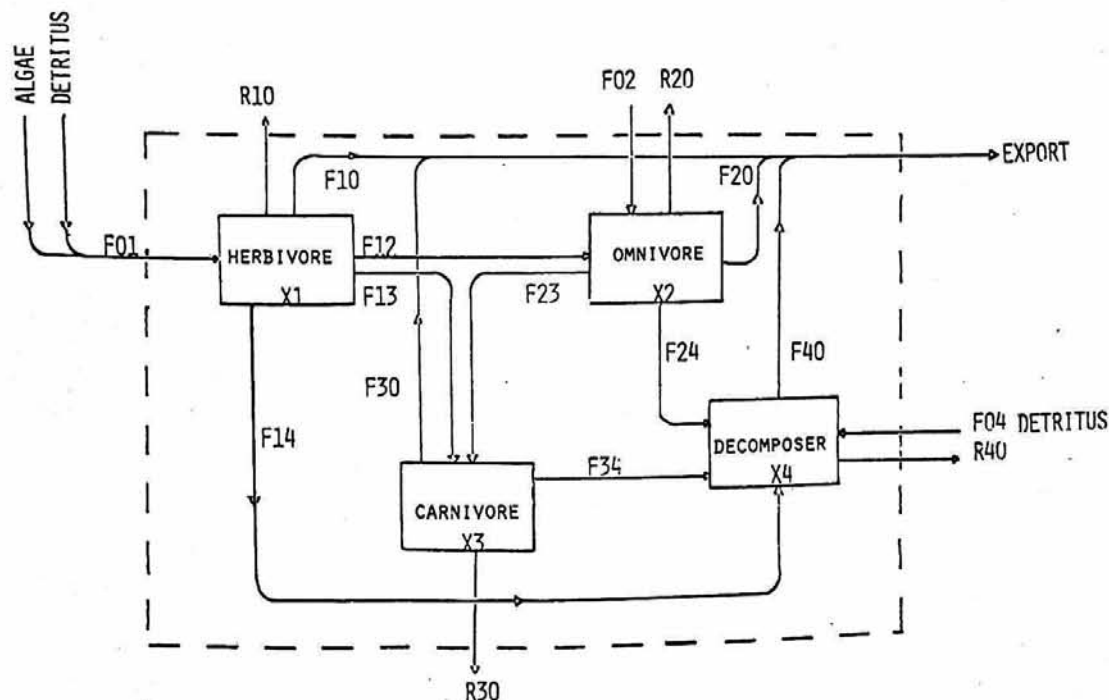


Fig. 7. A four compartment model of the intertidal oyster community.



it only describes the static state of the system.

Secondly, a four compartment model was developed which depicts the dynamic processes and structural attributes in terms of energy and energy flow (Fig. 7). The four compartments are:  $X_1$  herbivores,  $X_2$  omnivores,  $X_3$  carnivores, and  $X_4$  decomposers. The standing crop values for each compartment are expressed in kcal/m<sup>2</sup> (kilocalories per meter<sup>2</sup>). The rate of energy flow into, out of, and between the various compartments in the system are described by arrows. In Table 2 are listed the values for standing crops and rate function. These values are both from our data on the oyster communities and from best estimates in those cases where data are non-existent.

TABLE 2

Values for the Functions in the Intertidal Oyster Community Compartment Model

Function	Kcal/m <sup>2</sup> /yr	Definition of Function
$X_1$	2449	Herbivore Standing Crop
$X_2$	8	Omnivore Standing Crop
$X_3$	58	Carnivore Standing Crop
$X_4$	1	Decomposer Standing Crop
$F_{01}$	17011	Input of Algae and Detritus to Compartment $X_1$
$F_{02}$	15	Input of Algae and Detritus to Compartment $X_2$
$F_{04}$	100	Input of Detritus to Compartment $X_4$
$R_{10}$	5989	Respiration by $X_1$
$R_{20}$	19	Respiration by $X_2$
$R_{30}$	56	Respiration by $X_3$
$R_{40}$	808	Respiration by $X_4$
$F_{14}$	742	Mortality of $X_1$
$F_{24}$	27	Mortality of $X_2$
$F_{34}$	39	Mortality of $X_3$
$F_{12}$	44	Feeding by $X_2$ on $X_1$
$F_{13}$	123	Feeding by $X_3$ on $X_1$
$F_{23}$	6	Feeding by $X_3$ on $X_2$
$F_{10}$	10113	Export from $X_1$
$F_{20}$	7	Export from $X_2$
$F_{30}$	36	Export from $X_3$
$F_{40}$	100	Export from $X_4$

Thirdly, a mathematical model which describes the amounts and rates of energy flow is developed using the following set of differential equations.

$$dX_1/dt = F_{01} - X_1(\rho_{10} + \lambda_{10} + \mu_{14} + \tau_{12} + \tau_{13}) \quad (1)$$

$$dX_2/dt = F_{02} + \tau_{12}(X_1) - X_2(\rho_{20} + \lambda_{20} + \mu_{24} + \tau_{23}) \quad (2)$$

$$dX_3/dt = \tau_{13}(X_1) + \tau_{23}(X_2) - X_3(\rho_{30} + \lambda_{30} + \mu_{34}) \quad (3)$$

$$dX_4/dt = F_{04} + \mu_{14}(X_1) + \mu_{24}(X_2) + \mu_{34}(X_3) - X_4(\rho_{40} + \lambda_{40}) \quad (4)$$

In this simple linear model, transfer coefficients are computer for the steady state by dividing the rate of energy leaving a compartment by the amount of energy contained in the compartment. It is necessary to determine the transfer coefficients for this model in terms of respiration, export from the system, mortality to the decomposers, and predation within the system.

Fourthly, the differential equations were solved simultaneously using the Continuous Systems Modeling Program III (CSMP III) described by Patten (1971) on an IBM 370/165 digital computer.

This model is not yet complete, but represents a first approximation. Additional data on seasonal fluxes are needed. Also the model needs to be validated, a process whereby the model is checked against new independent field data. If the model approximates field conditions, then you have a basis for understanding how the various segments of the system interacts. This understanding is necessary in order to be able to manage an important commercial resource such as oysters.

## SUMMARY

The present paper briefly reviews ecosystem studies on some estuaries and marshlands found in the United States of America. Special attention was focused on the development of a model of the North Inlet Estuary, South Carolina. Our experiences could serve as a case history for other investigators who are beginning ecosystem studies.

The development of ecological models is in its infancy and the danger to scientists and policy decision makers is to expect too much from present day models. These models are helpful research tools and can assist in better understanding of complex phenomena and in organization of large research projects, but they should not be worshipped as an idol. A good model is a constantly evolving entity which changes through time as man's understanding increases. There is no final model.

## REFERENCES

- DAME, R. F. - 1972 - Ecological energies of growth, respiration, and assimilation in the intertidal American oyster. *Marine Biology*, 17: 243-250.
- DAME, R. F. and S. A. STEVENS - 1976 - A linear systems model of an intertidal oyster community. *Bulletin Marine Science* (in press).
- DAY, J. W. Jr., W. G. SMITH, P. WAGNER, and W. STOWE. - 1973 - Community structure and

- carbon budget of a salt marsh and shallow bay estuarine system in Louisiana. Publication No. LSU-SG-72-04. Louisiana State University, Baton Rouge, Louisiana.
- HUGHES, R. N. - 1970 - An energy budget for a tidal-flat population of the bivalve *Scrobicularia plana* (DeCosta). *J. Anim. Ecol.*, 39: 357-380.
- LAUFF, G. A. - 1967 - Estuaries. Am Assoc. Adv. Sci. Publ. No. 83, Washington, D. C.
- NIXON, S. W. and C. A. OVIATT. - 1973 - Ecology of a New England salt marsh. *Ecol. Monogr.*, 43: 463-498.
- ODUM, E. P. - 1968 - Energy flow in ecosystems: A historical review. *Am. Zool.*, 8: 11-18.
- ODUM, H. T., B. J. COPELAND; and E. A. McMAHAN - 1974 - Coastal ecological systems of the United States. The Conservation Foundation. Washington, D. C.
- PATTEN, C. B. - 1971 - *Systems Analysis and Simulation in Ecology*. Academic Press, New York.
- REMANE, A. and C. SCHLIEPER. - 1971 - *Biology of Brackish Water*. John Wiley and Sons, Inc. New York, Toronto, Sydney.
- TEAL, JOHN M. - 1962 - Energy flow in the salt marsh ecosystem of Georgia. *Ecology*, 43: 614-624.
- THAYER, G. W., S. M. ADAMS, and M. W. LaCROIX. - 1975 - Structural and functional aspects of a recently established *Zostera marina* community. In: Recent Advances in Estuarine Research. Estuarine Research Federation (in press).
- VERNBERG, F. J. and W. B. VERNBERG. - 1970 - *The Animal and the Environment*. Holt, Rinehart and Winston, Inc. New York.
- VERNBERG, W. B. and F. J. VERNBERG. - 1972 - *Environmental Physiology of Marine Animals*. Springer-Verlag. New York, Heidelberg, and Berlin.
- WATT, K. E. - 1966 - *Systems Analysis in Ecology*. Academic Press, New York.
- WATT, K. E. - 1968 - *Ecology and Resource Management: A Quantitative Approach*. McGraw-Hill, Inc., New York.
- WIEGERT, R. G. et al. 1975 - A preliminary ecosystem model of a coastal Georgia *Spartina* marsh. In: Recent Advances in Estuarine Research. Estuarine Research Federation. (in press).

# POLLUTION EFFECTS ON MARINE ANIMALS

F. John Vernberg

Belle W. Baruch Institute for Marine Biology and Coastal Research  
and the Department of Biology, University of South Carolina,  
Columbia, South Carolina 29208, U.S.A.

(With 2 text-figures)

## INTRODUCTION

Human society is becoming increasingly aware and alarmed at the consequences of the impact of man upon earth. In many cases man has had a negative effect on our planet. Negative not only in the sense of destruction of scenic sights, but negative to the extent that fellow humans are being killed. Society is experiencing a conflict between individuals who exhibit a broad spectrum of views ranging from those who do not want a blade of grass destroyed or a flower picked to those individuals who feel society must economically develop at all costs. Human society must make decisions concerning the environment and our quality of life. Each country must consider its priorities and also its impact on the entire world, such as the consequences of waste disposal at sea. However, to assist the government in the decision making process, environmental scientists must provide a firm ecological basis in order to predict the possible effects of a proposed environmental alteration and to suggest alternatives or trade-offs. Of professional interest to me is to study the impact on coastal and estuarine areas of increasing populations and industrialization. With so many pressures to utilize a finite natural resource, such as estuaries and coastal waters, society cannot afford the luxury of making too many mistakes in using this resource.

Because of the desirable location of coastal areas for commerce and because a high percent of the population of the world is located near the coastal zone, it does not come as a surprise that this region is where the greatest degree of environmental perturbation could take place.

The present paper represents some of my views on the status of pollution studies based in

large part on data resulting from investigations performed in the Baruch Laboratory.

## GENERAL BACKGROUND

In general negative effects of environmental change on organisms may be grouped into two broad categories: lethal and sublethal effects. Lethal effects are dramatic and are readily seen as in the case of massive "fish kills". In contrast, sublethal effects are more subtle and are slow to exhibit their influence on a species or on an ecosystem. For example, exposure to a sublethal dosage of a suspected chemical pollutant does not cause the death of the organism, but it may inhibit the reproductive capability of the organism. Or a sublethal dosage may alter the locomotor behavior of an organism resulting in it being less able to escape predators. The relationship between lethal and sublethal effects are graphically represented in Figure 1. An organism can withstand a range or gradient of concentration (or intensity) of any environmental factor, but at either end of this gradient (too much or too little) death results. The middle area reflects sublethal responses and may be called the Zone of Compatibility or the Zone of Tolerance. In contrast that part of the gradient at either end is called the Zone of Resistance or the Lethal Zone (Vernberg and Vernberg, 1970).

Unfortunately, the distinction between lethal and sublethal effects is not clear in certain cases. Lethality may be a function of exposure time. For example, an exposure of five minutes to a given dosage may have no lasting effect on an organism, but a three hour exposure results in death. If this is so, then the lethal dose must be expressed as concentration and time. Various terms have been used to express lethal limits. Fry

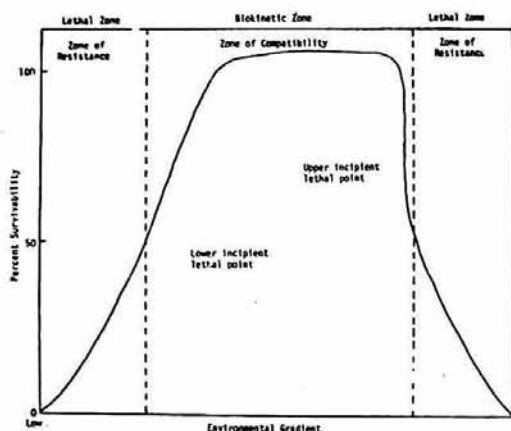


Fig. 1. The lethal and biokinetic zones (from Vernberg and Vernberg, 1970).

(1964), analyzing temperature effects on organisms, proposed that the transition between the lethal and sublethal be defined as "that temperature which kills a stated fraction of the population (usually 50 percent) within an indefinitely prolonged exposure". This definition could be used for any factor other than temperature. Unfortunately, Fry's definition does not define "indefinitely prolonged exposure". A prolonged exposure for an amoeba would be different than that for an elephant. Widespread usage has been made of the term  $LD_{50}$  (the lethal dosage required to kill 50% of a population sample). For example, the  $LD_{50}$  for an organism may be  $43^{\circ}\text{C}$  for 4 hours. Another commonly used term in pollution studies is tolerance limit (TL) which expresses the percentage of test organisms tolerating experimental conditions. Thus, the 168 hour  $TL_{50}$  means that after 168 hours 50% of the organisms survived in apparently satisfactory condition. The maximum safe conditions would be those where the  $TL_{100}$  is found. Various other terms have been proposed to express lethality, such as Critical Thermal Maximum (CTM) by Hutchinson (1961).

One complication in the problem of determining the lethal or sublethal effects of a possible pollutant so that realistic pollution control limits can be established is that most bioassay tests have been performed at optimal conditions for all factors except the suspected pollutant. In nature various environmental factors may fluctuate at the same time with two or more being at their extreme at the same time. This resulting multiple stress interaction has been demonstrated to dramatically alter the response of plants and animals (Salisbury, 1975; and Vernberg W., 1975). Thus, to establish

pollution control limits experiments should be designed to reflect as closely as possible the combination of environmental factors which the organisms experience in nature.

In general, two types of bioassay tests are used: acute toxicity (short term exposure) and chronic toxicity (long term exposure). Results determined by use of these two tests may differ significantly. Which of these tests to use may depend upon the type of environmental perturbation under study. For example, in the case of thermal nuclear power plants the time that organisms are exposed to elevated temperatures when passing through the cooling coils is short. Thus acute toxicity tests would be appropriate.

Although in the early days of pollution studies in the United States much emphasis was placed on acute lethal effects of pollutants, more attention is now given to long-term lethal and sublethal investigations.

Potential polluting conditions may take different forms, such as physical forces, chemical agents, or biotic factors. Thermal additions to the environment is an example of a physical change; heavy metals and pesticides are types of chemical agents; and the introduction of a new species demonstrates biotic change.

The remainder of this paper will present some specific results of pollution studies involving marine organisms.

## LETHAL EFFECTS

Although data demonstrating lethal effects are available for many factors, examples involving temperature will be used. This is done because temperature is a dominant environmental factor influencing many life processes which has been extensively studied. Considering normal thermal gradients which exist in the world, temperature influences the distribution of organisms by acting as a lethal (limiting) factor. For example, some polar fish die from heat death at a temperature of about  $6^{\circ}\text{C}$  (Somero and DeVries, 1967), while some tropical fiddler crabs die of cold death at  $15^{\circ}\text{C}$  (Vernberg, 1959). Figure 2 represents this correlation of geographical distribution and temperature for two groups of animals, fish and fiddler crabs.

However, of importance to understanding how organisms interact with their entire environment, environmental scientists must analyze the influence of multiple factors, including normal environmental factors and man-induced factors. For example, in recent years the biotic consequences of the interaction of such factors as

temperature, salinity, and oxygen and the high concentration of heavy metals in aquatic systems resulting from industrialization has been of concern to human society (see review of Waldichuk, 1974). Some experiments on the common fiddler crab (genus *Uca*) will illustrate this point. Adult fiddler crabs can withstand 35°C and low salinity (5 0/00) indefinitely. In contrast, if subjected to this temperature-salinity combination and 0.18 ppm (parts per million) Hg (mercuric chloride), 50% of the test females will survive for 28 days while this level of survival for males will be reached more quickly (18 days). At low temperature (5°C) and a salinity of 30 0/00, the adult fiddler crabs survive about twice as long as when also exposed to mercury. The 50% survival level is 21 days for females and 14 days for control animals and 8 days for females and 6 days for mercury-exposed animals (Vernberg and Vernberg, 1972). Since these temperature-salinity combinations are

(part per billion) cadmium, Vernberg *et al.* (1974) reported that after 96 hours exposure to cadmium the salinity tolerances were not as great and the temperature range was reduced and shifted downward. For example, 80% of the control larvae survived temperatures of 21-28°C and 23-24 0/00, while the values for cadmium-exposed larvae were 18-23°C and 24-29 0/00. Based on these values for the statistical evaluation of factor interaction, temperature is the most important cause of death among larvae, but salinity was the most important factor among the Cd-exposed animals. This shift in the relative importance of critical environmental factors under different conditions is of importance in determining pollution control levels.

Polychlorinated biphenyls (PCB's) have recently been introduced and discovered in the global ecosystem (Risebrough, 1968). Two of these PCB's (Aroclor 1016 and 1254, registered trademark of Monsanto Company) have been shown to cause death in larvae of *Uca pugilator* (Vernberg *et al.*, 1976). The 50% mortality level is 10 ppb and 96 hours at 25°C and 30 0/00 for Aroclor 1254 and at a higher concentration for Aroclor 1016. In contrast, the adult *U. pugilator* could withstand 100 ppb for at least 21 days at this thermal-salinity regime. As was demonstrated for heavy metals, PCB's in combination with low salinity and low temperature resulted in higher larval and adult mortality levels than values for animals in PCB-free waters.

### SUBLETHAL EFFECTS

**Respiration.** Sublethal concentrations of mercury decreased the rate of oxygen uptake of larval and adult fiddler crabs maintained at different temperature-salinity combinations (DeCoursey and Vernberg, 1972; Vernberg and Vernberg, 1972). The decrease in metabolism could be correlated with a decrease in larval swimming activity and adult locomotion. Mercury had a different and unpredictable effect on the oxygen uptake rate of cold - and warm - acclimated adult animals. This differential effect was also noted in the metabolic rates of gill and hepatopancreas tissues. The marked decrease in metabolic rate of gill tissue from male crabs when subjected to mercury and low temperature appeared to be correlated with the inability of intact crabs to survive mercury and low temperature. Perhaps osmoregulatory failure occurs under this combination of multiple stresses.

**Behavior.** Fiddler crabs exposed to lethal concentrations of mercury for a long period of time were sluggish and showed a lack of responsiveness for one week before death. Although sublethal con-

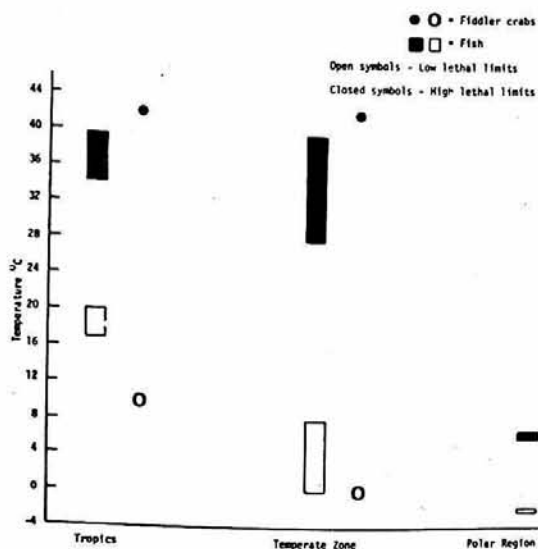


Fig. 2. The lethal limits of fiddler crabs and fish from different latitudes (fish data modified from Brett, 1970; fiddler crab data from Vernberg and Tashian, 1959; and Vernberg and Vernberg, 1967).

frequently observed in nature, these data have significance in assessing pollution effects under natural environmental conditions.

Heavy metals also influence survival levels of larval fiddler crabs. Based on bioassay studies of larval *Uca pugilator* involving 13 combinations of salinity and temperature with or without 1 ppb

centrations of mercury decreased the mean locomotor activity of adults by about 23%, no change in frequency of diurnal rhythm was detected in mercury-exposed animals (Vernberg *et al.* 1974). The swimming activity of larvae was reduced by exposure to mercury. For example, the activity was decreased 24% in the first stage zoeae, 34% in the third stage zoeae, and 67% in the fifth stage zoeae (DeCoursey and Vernberg, 1972). One consequence of behavior modification is that these organisms would not be as responsive to the attacks of predators as non mercury-exposed organisms.

**Bioaccumulation.** The tendency for certain pollutants to become accumulated in organisms is of significance in understanding the transfer of harmful substances from one level of the food chain to another. A biomagnification of toxic substances can result with the maximal potential harm occurring in organisms at the top of the food web, which in many cases is man. For example, Woodwell *et al.* (1967) reported that sea water contained 0.00005 ppm of DDT, plankton 0.04 ppm, hard clams 0.42 ppm, and 18.5 ppm in herring gulls. One striking case of human involvement in a marine food web is that of mercury and the Minimata Bay Disaster which resulted in the death and permanent disability of a number of Japanese.

**Nervous System.** Various studies have demonstrated that pollutants may influence the nervous system. For example, mercury has a harmful effect on the central nervous system of humans (Suzuki, 1969). The aberrant locomotor behavior of other species after exposure to mercury has a neurological basis. Also, Kleerekoper (1974) has demonstrated the influence of parathion (an organic pesticide) on the chemoreceptors of fish.

**Other Factors.** Numerous other life processes are influenced by pollutants, such as reproduction, growth, development, osmoregulation, enzyme activity, and endocrine regulation. More details on these various life processes are discussed in a recent publication, *Pollution and Physiology of Marine Organisms*, edited by Vernberg, 1974.

**Ecosystems.** Although the above examples dealt with the responses of individual species to pollutants, each of these species is part of a broader ecological unit, the ecosystem. Since the various parts of an ecosystem including man are interrelated, harmful effects on one segment could disrupt the entire system. Just as an organism exhibits lethal and sublethal responses to environmental perturbations, so must an ecosystem. We must analyze these responses. Unfortunately at the present time attempts to

produce predictive models of ecosystems are in their infancy and environmental scientists can only guess at the capacity for disruption or destruction of an ecosystem.

In the absence of pertinent data on which to base a decision on the management of natural resources, human society must be conservative in their action. If not, one day we will find that some of our important ecosystems have been altered to the extent that they are not only unproductive to mankind, but they may be uninhabitable. Policy makers must be provided with environmental data and models by environmental scientists in order to make better informed decisions concerning our various states, countries, and our planet.

#### LITERATURE CITED

- BRETT, J.R. 1970. *Temperature and fish*. In O. Kinne (ed.), *Marine Biology*, 1, Interscience Publishers, London.
- DeCOURSEY, P.J. and W.B. VERNBERG. 1972. Effect of mercury on survival, metabolism, and behavior of larval *Uca pugnator*. *Oikos*, 23: 241-247.
- FRY, F. E. J. 1974. *Animals in aquatic environments: fishes*. In D. B. Dill (ed.), *Handbook of Physiology*, Section 4, *Adaptation to the Environment*, pp. 715-728. Am. Physiol. Soc., Washington, D. C.
- HUTCHINSON, V. 1961. Critical thermal maxima in salamanders. *Physiol. Zool.*, 34: 92-125.
- KLEEREKOPER, H. 1974. Effects of exposure to a subacute concentration of parathion on the interaction between chemoreception and water flow in fish. In F. J. Vernberg and W. B. Vernberg (eds.), *Pollution and Physiology of Marine Organisms*, Academic Press, New York.
- RISEBROUGH, R. W. 1968. Polychlorinated biphenyls in the global ecosystem. *Nature*, 220: 1098-1102.
- SALISBURY, F. B. 1975. *Multiple factor effects on plants*. In F. J. Vernberg (ed.), *Physiological Adaptation to the Environment*. pp. 501-520. Intext Educational Publishers, New York.
- SOMERO, G. N. and A. L. DeVRIES. 1967. Temperature tolerances of some Antarctic fishes. *Science*, 156: 257-258.
- SUZUKI, T. 1969. *Neurological symptoms from concentration of mercury in the brain*. In M. W. Miller and G. G. Berg, (eds.), *Chemical Fallout*, pp. 245-256. Charles C. Thomas, Springfield, Illinois.
- VERNBERG, F. J. 1959. Studies on the physiological variation between tropical and temperature zone fiddler crabs of the genus *Uca*. IV. The influence of temperature acclimation on oxygen consumption of whole organisms. *Biol. Bull.*, 117: 582-593.
- VERNBERG, F. J. 1974. *Pollution and Physiology of Marine Organisms*. (ed.) Academic Press, New York.
- VERNBERG, F. J., M. S. GURAM, and A. SAVORY. 1976. Survival of larval and adult fiddler crabs exposed to Aroclor 1016 and 1254. In F. J. Vernberg, A. Calabrese, F. Thurberg, and W. B. Vernberg (eds.), *Physiological Responses of Marine Biota to Pollutants*. Academic Press, New York. (in press).

- VERNBERG, F. J. and R. E. TASHIAN. 1959. Studies on the physiological variation between tropical and temperate zone fiddler crabs of the genus *Uca*. I. Thermal death limits. *Ecol.*, 40: 589-593.
- VERNBERG, F. J. and W. B. VERNBERG. 1967. Thermal lethal limits of southern hemisphere *Uca* crabs. Studies on the physiological variation between tropical and temperate zone fiddler crabs of the genus *Uca*. IX. *Oikos*, 18: 118-123.
- VERNBERG, F. J. and W. B. VERNBERG. 1970. *The Animal and the Environment*. (eds.) pp. 1-398. Holt, Rinehart and Winston, New York.
- VERNBERG, W. B. 1975. *Multiple factor effects on animals*. In F. J. Vernberg (ed.), *Physiological Adaptation to the Environment*, pp. 521-538. Intext Educational Publishers, New York.
- VERNBERG, W. B., P. J. DeCOURSEY, and J. O'HARA. 1974. Multiple environmental factor effects on physiology and behavior of the fiddler crab, *Uca pugilator*. In F. J. Vernberg and W. B. Vernberg (eds.), *Pollution and Physiology of Marine Organisms*. pp. 381-425. Academic Press, New York.
- VERNBERG, W. B. and F. J. VERNBERG. 1972. The synergistic effects of temperature, salinity and mercury on survival and metabolism of the adult fiddler crab, *Uca pugilator*. *Fish. Bull.*, 70: 415-420.
- WALDICHUK, M. 1974. Some biological concerns in heavy metals pollution. In F. J. Vernberg and W. B. Vernberg (eds.), *Pollution and Physiology of Marine Organisms*. pp. 1-57. Academic Press, New York.
- WOODWELL, G. M., C. F. WURSTER, Jr., and P. A. ISAACSON. 1967. DDT residues in an east coast estuary: a case of biological concentration of a persistent insecticide. *Science*, 156: 821-824.

## QUELQUES ASPECTS DE L'EVOLUTION ACTUELLE DE LA BIOLOGIE MARINE

Maurice Fontaine

Membre de l'Académie des Sciences et de l'Académie  
Nationale de Médecine, Paris

Il y a une vingtaine d'années, ayant participé à un symposium tenu à La Jolla, en tant que représentant de l'Université de São Paulo et du Conseil national de la Recherche, le Professeur Paulo SAWAYA attirait l'attention de ses compatriotes sur l'importance de la biologie marine (21). Et depuis lors, par ses recherches, ses enseignements, ses activités et ses qualités d'organisateur, le Professeur Paulo SAWAYA a joué au Brésil un rôle capital dans le développement de la biologie marine et il occupe dans le monde une place de premier plan dans l'épanouissement de cette science. Aussi ai-je pensé que le meilleur hommage que je pouvais rendre au Professeur Paulo SAWAYA était de tenter de cerner les principales tendances évolutives actuelles de cette biologie marine qui lui doit tant. Sans doute peut-on trouver des origines très anciennes à la biologie marine, mais, comme toutes les sciences dont la fécondité reste remarquable, elle a beaucoup évolué et continue sous nos yeux à évoluer.

Rappelons donc d'abord que l'histoire de la biologie marine se confond avec l'histoire de notre civilisation. On en trouvera témoignage dans le remarquable volume publié à la suite du colloque qui se tint, il y a dix années, au Laboratoire Arago de Banyuls-sur-Mer (4). La biologie marine est sans doute née pour une large part de la curiosité et de l'esprit d'observation des pêcheurs, curiosité spontanée de l'esprit humain, mais curiosité qui était aussi nécessaire à l'exercice de leur activité et fut à l'origine d'une partie des connaissances qui ont été communiquées par les grands naturalistes de l'Antiquité, tels Aristote et Pline l'Ancien. Comme toutes les sciences naturelles, la biologie marine fut d'abord essentiellement descriptive (description des morphologies, des anatomies, des comportements), puis elle chercha à

expliquer et à comprendre. Toutefois, dès le 17<sup>e</sup> siècle, l'orientation biomécaniste des élèves de Galileo Galilei apparaissait dans leurs études sur la vessie natatoire des poissons, études inspirées par Galilée lui-même, qui proposait une fonction d'équilibration de cet organe (5). Cette conception suscita une longue série d'expérimentations dans laquelle on peut trouver, dès cette époque, non seulement une oeuvre de biologie expérimentale, mais les prémises de ce que nous appelons aujourd'hui la bionique, cette science qui vise à obtenir de la connaissance des systèmes vivants, la solution de problèmes techniques. Actuellement, la bionique tire des enseignements de la biologie marine, notamment des caractères hydrodynamiques des surfaces des poissons et des mammifères marins, en ce qui concerne par exemple la performance des navires et engins sous-marins. Quant à l'étude de la torpille faite par Alexander von Humboldt (15) au début du 19<sup>e</sup> siècle et à la suite de ses recherches sur les Gymnotes, elle conduisit Carlo Matteucci à son célèbre traité des phénomènes électrophysiologiques des animaux (18) et inaugura donc une discipline nouvelle, l'électrophysiologie.

De son côté, Cuvier, le fondateur de l'anatomie comparée, fut, très jeune, un biologiste marin puisqu'à 19 ans, au sortir de l'Académie Caroline, il accepta un poste de précepteur en Normandie, poste qui lui laissait d'amples loisirs passés presque toujours sur les grèves et qui lui révélèrent les inépuisables trésors de l'océan. C'est sans doute l'une des raisons pour lesquelles Cuvier a basé l'anatomie comparée, pour une large part, sur l'étude de divers animaux marins et l'a considérée comme régulatrice des autres sciences naturelles, de la zoologie classique et de la physiologie notamment. Bien plus, pour lui, l'anatomiste doit com-



mencer son étude par une considération étendue des fonctions organiques les plus importantes et chaque division des célèbres leçons d'anatomie comparée est consacrée à une différente fonction organique, sensibilité, mouvement, digestion, respiration, génération, etc. Toutefois Cuvier insiste bien sur le fait que toutes les parties d'un corps vivant sont liées; elles ne peuvent agir qu'autant qu'elles agissent toutes ensemble. Cuvier a donc bien souligné la nécessité d'étudier les phénomènes de régulation, d'intégration, qui assurent, par une coordination des diverses fonctions, le bon fonctionnement d'un être vivant.

Mais au 19<sup>e</sup> siècle, avec la naissance de l'écologie, une nouvelle étape était franchie; ce n'était plus seulement les corrélations au sein des organismes qui étaient étudiées, mais c'étaient les corrélations interorganismes (au sein des biocoenoses) et les corrélations entre les divers organismes et le milieu (dans les écosystèmes). Cependant, si l'écosystème d'un étang, d'un lac peut être plus ou moins aisément individualisé, il n'en est pas de même des océans, qui communiquent entre eux et qui sont parcourus par des courants, par certains grands migrants, les Thons par exemple, qui peuvent se déplacer d'une extrémité d'un océan à l'autre et même passer d'un océan à une mer, certains oiseaux et cétacés qui peuvent, au cours de leur cycle vital, évoluer dans plusieurs océans. D'où cette notion d'un immense écosystème marin, notion que traduit parfaitement cette phrase de Paul Valéry: "L'océan, ce grand corps vivant liquide". Sans doute, il n'en reste pas moins que le biologiste marin, pour pouvoir appréhender les problèmes, doit étudier à fond le fonctionnement d'écosystèmes plus restreints, les nombreux écosystèmes littoraux (mangroves, estuaires, par exemple), les écosystèmes coralliens, les écosystèmes abyssaux, pélagiques, édaphiques, etc. Le Professeur SAWAYA et ses collaborateurs ont beaucoup contribué au développement de cette écophysiologie. Pour comprendre le fonctionnement de ces écosystèmes très divers, le biologiste marin est appelé à réaliser des microécosystèmes expérimentaux souvent moins complexes que les milieux naturels, mais qui lui permettent de contrôler plusieurs facteurs et de suivre de façon précise les fluctuations de diverses fonctions physiologiques (photosynthèse, respiration, par exemple) et de la biomasse de certaines populations en fonction des variations de ces facteurs. Ce type de recherches a été désigné sous le nom de méthode microcosmique par Odum et Hoskin (19) et connaît actuellement un large développement, en particulier pour l'étude des modes d'action des polluants et des agents chimiques utilisés pour la

lutte contre certains d'entre eux (11, 16). Mais le biologiste marin doit considérer aussi qu'aucun de ces écosystèmes n'est complètement indépendant de ce grand écosystème qu'est l'océan mondial. Cela le conduit à rechercher, comme il le fait pour un organisme, quels sont les phénomènes de régulation qui assurent la pérennité de la vie de ce grand écosystème, des écosystèmes secondaires et comment des pulsations de ces régulations peuvent expliquer ou non les fluctuations cycliques qui ont été signalées en des zones variées. C'est une science nouvelle très importante, la chronobiologie marine, qui doit se développer en ce qui concerne les rythmes de courtes, de moyennes et de longues périodes et qui intéresse non seulement la science fondamentale, mais la science appliquée (pêcheries, par exemple).

La biologie marine a vu s'étendre considérablement son champ d'investigation écologique par les moyens de pénétration de plus en plus profonde de l'homme au sein des océans et par les perfectionnements des instruments d'observation et de prélèvement. Depuis longtemps, certains engins utilisables en profondeur avaient pu rapporter quelques espèces des faunes abyssales, mais cet inventaire était fort incomplet et l'éthologie des espèces rapportées restait inconnue. Le perfectionnement rapide des engins de plongée, et notamment les bathyscaphes, les soucoupes, les maisons sous la mer, permet et permettra de combler de vastes lacunes de nos connaissances en ce domaine. Ici, c'est une technologie, la technologie de la plongée, qui permet des progrès considérables de l'écologie marine, mais plusieurs autres sciences et techniques sont aussi impliquées dans ceux-ci et notamment la biochimie marine qui a déjà identifié, identifie et identifiera demain maintes substances ectorines impliquées dans les régulations des écosystèmes, ce qui a conduit à promouvoir une biochimie écologique. La biochimie marine, dont le développement est beaucoup plus récent que celui de la chimie minérale marine, éclaire de nombreux autres secteurs de la biologie marine, apporte à la biologie et à la biochimie générales des données extrêmement précieuses. Il doit être ici rappelé que de la conjonction des progrès de la biochimie, de ceux de la biophysique, de la génétique et de la microscopie électronique, est née la biologie moléculaire, qui n'a jusqu'ici que très insuffisamment exploité le monde vivant marin. Mais cette situation est en voie de rapide évolution et c'est ainsi qu'en France, la direction du plus ancien des laboratoires maritimes de ce pays, celui de Concarneau en Bretagne, vient d'être confié à l'un de nos plus brillants biologistes moléculaires, le Professeur François GROS, du Collège de France. Dans le

milieu océanique où l'on admet généralement qu'est née la vie, les biologistes moléculaires contribueront-ils à combler le vide existant actuellement entre "la soupe primitive" et les êtres vivants les plus simples capables de se reproduire et possédant un programme génétique, les bactéries. Trouveront-ils les types les plus simples d'eucaryotes permettant d'établir les premières étapes d'une évolution allant des procaryotes aux Vertébrés supérieurs? Quoi qu'il en soit, il est probable que c'est là qu'ils disposeront de la gamme la plus variée de sujets expérimentaux pour résoudre les nombreux problèmes qui restent posés à cette jeune discipline.

Il faut aussi souligner que l'humanité, ayant pris brusquement conscience des dangers qui la menaçaient (sous-alimentation, en raison de l'accroissement démographique considérable, pollutions, maladies de la civilisation et de l'industrialisation), s'est tournée vers l'Océan, où naquit la vie, pour sauver la sienne. L'homme a intensifié considérablement ses pêches dans de nombreuses régions, de telle façon que multiples sont les stocks qui ont diminué si dangereusement que plusieurs réunions internationales ont essayé ou essaient d'élaborer des règlements visant à protéger les richesses marines. Mais ces tentatives ne peuvent être menées à bien que si elles sont basées sur des études rigoureuses de dynamique des populations. Voilà encore une voie dans laquelle les biologistes marins doivent s'engager nombreux, car c'est sur leurs données que doit se baser l'élaboration d'une police de l'exploitation des ressources vivantes de l'océan.

Les poissons migrateurs représentant pour l'homme, dans l'état actuel du marché, la plus grande masse d'aliments d'origine océanique, la connaissance de ces migrations est essentielle pour l'halieutique. Les biologistes marins recueillant les observations des pêcheurs, puis marquant les poissons, d'abord de marques aphones, puis de marques émettrices, d'ultra sons font rapidement progresser nos connaissances en ce domaine. Mais il faut comprendre les mécanismes de ces migrations, dont certains peuvent inspirer des techniques de pêche moins "stressantes" pour l'animal, donnant une chair de meilleure qualité pour le consommateur et économisant aussi les efforts des pêcheurs. Cette préoccupation oriente les biologistes marins vers l'étude physiologique des migrants et en particulier vers la physiologie des comportements (7, 9).

Mais on se rend bien compte que la pêche ne pourra pas apporter à l'humanité, aux besoins alimentaires sans cesse croissants, la masse supplémentaire d'aliments qui lui sera nécessaire. Alors,

ces dernières décennies, s'est considérablement développée la mariculture. Elle s'est développée parfois trop empiriquement et certains échecs ont bien démontré qu'elle ne pouvait connaître le succès que si ses méthodes techniques étaient basées sur une parfaite connaissance de la biologie et en particulier de la physiologie des espèces. Ces échecs n'ont d'ailleurs pas été toujours inutiles, car certains ont eu le mérite de montrer que nos connaissances étaient bien insuffisantes sur certains points et ont suscité des recherches fécondes. Il est sûr que cette biologie marine appliquée suscitera et suscitera des progrès, notamment dans les domaines de la nutrition, de développement, de la reproduction et de la génétique des animaux marins. Sachant combien les glandes endocrines jouent un rôle capital dans les phénomènes de croissance, de déterminisme du sexe, de fécondité on peut être assuré que les recherches d'endocrinologie doivent tenir désormais une place importante dans la biologie marine. C'est ainsi que pour posséder des dosages radioimmunologiques valables des hormones gonadotropes de poissons, dosages permettant de mieux comprendre de nombreux phénomènes liés à la reproduction et plus ou moins perturbés par les conditions d'élevage, il fut nécessaire d'obtenir à un état de pureté suffisante certaines hormones gonadotropes de Téléostéens (2, 12). L'hormonologie marine sensu stricto a permis de comprendre bien des comportements d'Invertébrés (mue des Crustacés) et de Vertébrés (migration des poissons, notamment) (8 bis). Elle permettra probablement de résoudre certains problèmes posés par la mariculture, mais il faut aussi souligner son vaste développement dans le domaine des ectohormones, ces substances biologiques actives à faible dose et libérées dans les eaux marines par la flore ou la faune étant susceptibles soit d'accélérer ou de freiner certains développements, soit de déclencher des comportements d'attraction ou de répulsion, ou encore des comportements alimentaires, soit enfin, et d'une façon très générale, d'assurer une part importante de la coordination des divers mécanismes réglant un écosystème. L'étude de ces ectohormones constitue donc un secteur essentiel de l'hormonologie écologique océane. Il est sûr que pour de nombreux problèmes d'océanologie appliquée à la pêche et à la mariculture, une meilleure connaissance de ces ectohormones ou substances ectocrines, de leur nature, de leur seuil et de leur mode d'action se révélera essentielle.

Toutefois, la condition primordiale à une exploitation des Océans pour l'alimentation des hommes — récolte ou élevage — est que les océans et les mers restent sains. Or, ils sont menacés de

toute part:

— le long des côtes: les populations, de plus en plus nombreuses, viennent s'y agglutiner pour des vacances de plus en plus longues, avec tous les dangers de souillure et de destruction que comportent ces agglomérations d'individus trop souvent très mal instruits des dangers qu'ils peuvent faire courir à l'océan et ne trouvant pas les structures qui seraient nécessaires à l'épuration de leurs rejets; les usines s'y installent pour bénéficier des ressources en eau qui manquent de plus en plus le long des fleuves, dont les eaux d'ailleurs chargées de déchets de nature très diverse parviennent à l'océan;

— dans toute leur masse, parce que les courants et les animaux migrateurs transportent certains de ces polluants: fort loin dans les eaux marines, et parce que de nombreux polluants sont véhiculés par des courants aériens dans les régions du globe les plus lointaines des sources de pollution.

La lutte contre la pollution marine à l'échelle mondiale est donc une nécessité urgente, sur laquelle l'attention a été attirée depuis plusieurs décennies par certains d'entre nous, mais cette nécessité n'a été comprise par les pouvoirs publics que depuis relativement peu de temps. Cette lutte doit se faire dans des directions et sur des plans très divers. Elle doit comporter un état des lieux, une étude des formes sous lesquelles se trouvent ces polluants, de leur aptitude à être fixés par certaines parties du biotope ou de la biocoenose, de leur transmissibilité dans la chaîne alimentaire et du pouvoir de concentration qui peut se manifester tout au long de cette chaîne, de leur biodégradabilité, du degré de nuisance des produits de dégradation, du mécanisme d'action des polluants sur les êtres vivants, et des remèdes qui peuvent être apportés à une pollution actuelle. Mais elle doit aussi prévoir, mettre tout en œuvre pour réduire les sources actuelles de pollution, éviter celles qui apparaîtront ou pourraient apparaître par suite du développement des techniques industrielles. Le problème est si complexe, fait intervenir tant de sciences variées qu'il est indispensable, à mon sens, qu'une science nouvelle s'élabore, la molysmologie marine (10), qui ait pour but d'assurer la coordination de toutes les sciences et techniques impliquées dans ces recherches, leurs interventions en temps opportun, de combler les lacunes qu'elles laissent inéluctablement, en bref d'apporter une méthodologie à l'étude de problèmes qui ne sont souvent abordés que de façon très fragmentaire.

Une orientation de la biologie marine qui s'est progressivement développée depuis la fin du siècle dernier est l'application de la biologie marine

à la thérapeutique. Deux grands exemples montrent, dans cette voie, la fécondité de cette discipline: les découvertes de la phagocytose et de l'anaphylaxie.

Au cours des dernières décennies du 19<sup>e</sup> siècle, Metchnikoff procéda à l'étude comparative des feuillets embryonnaires des Invertébrés et du sort ultérieur de leurs éléments constitutifs. C'est dans ses travaux sur les Méduses que l'on peut le mieux à la fois connaître les idées fondamentales de Metchnikoff sur la physiologie des Métazoaires et comprendre la démarche intellectuelle qui l'avait conduit à ses brillantes découvertes de la phagocytose et de son rôle dans l'humanité (1). Metchnikoff, en 1882, avait organisé à Messine un laboratoire dans le salon de son appartement. Un jour, étudiant les cellules mobiles d'une larve d'Etoile de mer, il eut l'idée que des cellules analogues devaient pouvoir servir à la défense des organismes, dans toute la série animale. Il introduisit alors des épines de rosier dans de telles larves, qui ont l'avantage d'être transparentes. Le lendemain, il constata que les épines étaient entourées par les cellules mobiles. Comparant cela à une écharde au doigt de l'homme et à la formation du pus, Metchnikoff en conclut que l'inflammation est une réaction de cellules mobiles contre un agent extérieur, notamment contre les microbes. Il appela ces cellules des phagocytes. Cette découverte faite par un biologiste marin et sur un animal marin fut l'un des facteurs les plus importants dans la connaissance de l'immunité et l'une des sources de la médecine moderne. Il est frappant de constater que deux décennies après cette découverte, c'est sur d'autres Coelentérés marins qu'allait être découvert le contraire de l'immunité: l'anaphylaxie. C'est en effet à partir d'expériences d'abord réalisées sur des physalies capturées au voisinage des Açores, sur le yacht du Prince Albert Ier de Monaco, puis poursuivies en France sur des actinies que Portier et Richet découvrirent qu'il y avait des substances qui pouvaient sensibiliser l'organisme et c'est ce phénomène qu'ils désignèrent d'un mot nouveau, l'anaphylaxie, qui, depuis, a vu son usage diminuer au bénéfice du mot allergie (6, 20). Mais enfin, l'essence du phénomène que représentent ces mots est la même et c'est bien la biologie marine qui en suscita la découverte et, par là, ouvrit les voies à la guérison de nombreuses affections.

Or, tout au cours de ce siècle, la biologie marine a apporté, et elle apportera sans aucun doute dans l'avenir, des éléments très importants de progrès thérapeutiques. Des exemples ont été donnés de la contribution importante du milieu marin au développement des sciences pharmaceu-

tiques (8), mais je voudrais signaler la découverte récente selon laquelle la calcitonine de saumon est, pour certaines affections osseuses, tel le Paget, plus active chez l'homme que la calcitonine de Mammifère (13, 17), la mise en évidence de nombreuses substances antibiotiques et antivirales isolées à partir d'organismes marins très variés, choisis souvent comme matériel d'expérience en raison d'observations faites par les biologistes marins. Tel est le cas d'antibiotiques isolés des éponges, d'une substance antisarcomateuse, l'holothurine, extraite des holothuries (3). Au cours d'un symposium consacré aux travaux sur les antimétabolites et le cancer, le Professeur Rhoads disait que, pour résoudre des problèmes difficiles, il faut avoir confiance dans l'inattendu, savoir s'évader de la recherche conventionnelle dans laquelle s'installent confortablement trop de chercheurs parce qu'ils s'y trouvent assurés d'une information conformiste et de résultats positifs incontestés, de telle sorte que leur carrière s'écoule comme l'eau d'un paisible canal dans une propriété soigneusement enclose. Or l'Océan offre sans aucun doute cet inattendu, en particulier dans le champ de la biologie marine, comme en témoignent certaines grandes découvertes évoquées ci-dessus. Il reste certainement à découvrir, dans l'immense Océan mondial, une multitude de phénomènes inattendus. Sachons les déceler et tentons de les interpréter.

J'ai conscience d'avoir séparé trop schématiquement les divers aspects qui me sont apparus les plus saillants de l'évolution de la biologie marine, car tous sont étroitement associés. Si un changement de faune, de flore ou de biocoenose apparaissant plus ou moins subitement en une zone déterminée, la question est posée à un biologiste marin de savoir si ce phénomène est naturel ou résulte d'une action humaine (pollution ou activité détruisant l'équilibre de l'écosystème considéré), le biologiste doit rechercher si, dans le passé, des phénomènes de cette nature n'ont pas déjà été signalés et s'ils ne peuvent relever de rythmes biologiques; il doit donc faire de la chronobiologie, ce qui, bien entendu, ne le dispense pas des recherches de chimie et de physioécologie auxquelles il a été fait précédemment allusion et qui ont pour but de rechercher une cause exogène. En ce qui concerne aussi les variations de sensibilité des organismes marins à certains polluants en fonction de la saison, par exemple, ou de l'heure de la journée à laquelle ils agissent à leur concentration maximale, molysmologie et chronobiologie marines sont étroitement liées. De même, molysmologie marine et progrès de la biologie médicale marine peuvent apparaître fortement dépendants. Ainsi, alors que

dans des eaux normales, les *Mercenaria mercenaria* élaborent une substance antitumorale, celle-ci n'est plus produite quand les eaux sont polluées. Donc une pollution peut annihiler l'élaboration d'un principe luttant contre un dérèglement cellulaire ou l'altérer de telle façon qu'il perde son action bénéfique et donc, indirectement, apporte une nuisance à l'humanité (14).

Mais si la biologie marine a évolué et doit toujours évoluer comme doit le faire toute oeuvre humaine pour rester créatrice, le biologiste marin lui aussi évolue, non seulement par les nouveaux thèmes de recherche qu'il doit aborder et par les techniques de plus en plus perfectionnées qu'il peut utiliser, mais il évolue dans sa condition psychique. Il fut d'abord un homme curieux et heureux, heureux sans réserve de toutes les magnifiques découvertes et sensations que lui procurait son dialogue avec l'Océan. Il est toujours curieux, mais est aujourd'hui soucieux, soucieux de la lourde responsabilité qui est devenue la sienne: défendre la vie de l'Océan, tout en puisant dans celle-ci les enseignements et matériaux pouvant servir à préserver l'avenir de l'humanité, avenir lourdement menacé par la prolifération d'une espèce qui trop souvent ne sait plus raison garder du fait de ses appétits, ses pollutions et ses inconséquences.

Depuis la plus haute antiquité, les Chinois ont dit: "Plus un pays produit de poissons, plus il produit d'hommes". Le drame est qu'aujourd'hui, il est certains d'entre nous qui affirment: "L'humanité produit des hommes à un rythme de plus en plus accéléré, la mer doit produire de plus en plus d'aliments". Or, nous n'en sommes pas encore au point de pouvoir augmenter les rendements d'une zone donnée d'océan dans les mêmes proportions que certaines terres. Et c'est un grave danger que d'intensifier les pêches, comme on le fait dans certaines zones, avant de s'être assuré qu'on ne menace pas l'équilibre naturel et la permanence des stocks indispensables à cet équilibre. Les biologistes marins ont donc un important rôle à jouer dans l'avenir de l'humanité, celui de sages conseillers et, pour remplir correctement cette tâche, de chercheurs acharnés. Leur tâche est lourde, aux multiples facettes, extrêmement complexe, mais qu'importe; ils savent, comme l'écrivait Mauriac, que notre vie ne vaut que ce qu'elle a coûté d'efforts, et si l'on veut bien partager, au Brésil, ce point de vue — et tout porte à croire qu'il en est bien ainsi dans cette nation en plein effort et en étonnante expansion —, il est sûr que la valeur exemplaire de la vie de chercheur, d'enseignant, d'organisateur et d'animateur du Professeur PAULO SAWAYA ne peut être mise en doute.

## REFERENCES

- (1) BESREDKA, A. (1921). *Histoire d'une idée. L'oeuvre de Metchnikoff*. Masson, Paris, 135 p.
- (2) BURZAWA-GERARD, E. (1973). Etude biologique et biochimique de l'hormone gonadotrope d'un Poisson Téléostéen, la Carpe (*Cyprinus carpio*). Thèse; Paris.
- (3) Colloque: Biochemistry and Pharmacology of compounds derived from marine organisms. *Ann. New York Acad. Sci.* (1960), 90 (3): 615-950.
- (4) Colloque international sur l'Histoire de la Biologie marine. Banyuls-sur-Mer, 2-6 septembre 1963, paru comme supplément n° 19 de "Vic et Milieu".
- (5) Discorsi e dimostrazioni metematiche intorno a due nuove science attinenti alla meccanica e i movimenti locali, Leyde 1638. Le opere di Galileo Galilei. Edition Nationale, VIII, p. 113-114.
- (6) FONTAINE, M. (1951). Le cinquantenaire de la découverte de l'anaphylaxie. *Bull. Inst. océanogr.*, 997: 1-9.
- (7) FONTAINE, M. (1954). Du déterminisme physiologique des migrations. *Biol. Rev.*, 29(4): 390-418.
- (8) FONTAINE, M. (1962). Les sciences pharmaceutiques et l'exploitation des océans. *Ann. franc. pharmac.*, 20: 73-85.
- (8 bis) FONTAINE, M. (1967). Quelques aspects des mécanismes physiologiques des phénomènes migratoires. In: "La distribution temporelle des activités animales et humaines", Ed. Masson, Paris, p. 136-145.
- (9) FONTAINE, M. (1970). *Les hormones et le comportement*. Problèmes actuels d'endocrinologie et de nutrition. Série n° 14. Glandes endocrines et comportements chez les poissons. Expansion scientifique française, Paris, p. 335-348.
- (10) FONTAINE, M. (1972). A new science - marine molysmology. Session A1, Marine Environment, special lectures, Proc. 2nd Internat. Ocean Development Conf., Tokyo, 1972, p. 1-10.
- (11) FONTAINE, M. et J. C. LACAZE (1972). Considérations sur la méthodologie des recherches concernant les effets écologiques et biologiques des rejets en mer. 23<sup>e</sup> Congr. Assemblée plénière de la C.I.E.S.M., Athènes, 3-11 novembre 1972, Comité de lutte contre les pollutions marines.
- (12) FONTAINE, Y. A. et E. GERARD (1963). Purification d'un facteur gonadotrope de l'hypophyse d'un Téléostéen, la Carpe (*Cyprinus carpio*). *C. R. Acad. Sci.*, 256: 5634.
- (13) GALANTE, L., HORTON, R., JOPLIN, G. F. et al. (1971). Comparison of human, porcine and salmon synthetic calcitonins in man and in the rat. *Clin. Sci.*, 40: 9-10.
- (14) HALSTEAD, B. (1972). Pharmaceutical from the sea. *New Scientist*, 17: 564.
- (15) HUMBOLDT (Von) (1819). Sur les Gymnotes et autres poissons électriques. *Ann. Chimie et Physique*, 11: 408-437.
- (16) LACAZE, J. (1972). Utilisation d'un dispositif expérimental simple pour l'étude de la pollution des eaux in situ. Effets comparés de trois agents émulsionnants anti-pétrole. *Téthys*, 3 (4): 705-716.
- (17) LANGER, B., PEYREMAN, A., RUFFENER, C. et al. (1971). Effets comparés de l'administration d'une dose unique de calcitonine synthétique (de type humain et de type saumon) chez l'homme normal et les sujets atteints de maladie de Paget ou d'hypercalcémie. *Schw. Med. Wschr.*, 101: 69-80.
- (18) MATTEUCI, C. (1844). *Traité des phénomènes électrophysiologiques des animaux, suivi d'études anatomiques sur le système nerveux et sur l'organe électrique de la torpille* par Paul Savi. Fortin et Masson, Paris, 348 p., 3 pl.h.t.
- (19) ODUM, H. T. and HOSKIN, C. M. (1957). Metabolism of a laboratory stream microcosm. *Publ. Inst. Mar. Sci. Tex.*, 9 (2): 115-133.
- (20) FORTIER, P. et Ch. RICHEL (1902). De l'action anaphylactique de certains venins. *C.R. Soc. Biol.*, 54: 170-172.
- (21) SAWAYA, P. (1954). Perspectivas em Biologia Marinha. *Ciência e Cultura*, 6 (3): 115-117.
- (22) VALETTE, G. (1954). De l'intérêt de l'emploi des animaux marins en pharmacodynamie. *Bull. Inst. océanogr.*, 1042: 1-15.

# CHEMICAL MEDIATION IN COELENTERATA

Erasmio G. Mendes

Departamento de Fisiologia, Instituto de Biociências,  
Universidade de São Paulo & Departamento de Fisiologia  
Animal e Zoologia, Faculdade de Filosofia Ciências e Letras,  
Rio Claro, São Paulo - Brazil

(With 4 text-figures)

Although relatively simple in structure, Coelenterates are an interesting group of animals for the physiologist. The interest arises precisely from this structural simplicity that makes them a sort of natural "experimental models" in the investigation of problems, which in animals structurally more complex are much more harder to approach. Furthermore, the fact that Coelenterates are the simplest Eumetazoan animals renders them a suitable starting point to study the evolution of functions. PANTIN, perhaps, bore that in mind when, in 1935, he started his classic series of works on the nervous net of the Actinozoa, which so largely increased our knowledge about facilitation, polarity and after-discharge.

A few years after the pioneer work of LOEWI (1921-1926) on the chemical nature of neuromuscular transmission, PANTIN (1935 b) tried to find out the extent to which cholinergic and adrenergic systems occur in animals and expended the opinion that both systems existed in all Coelomates, thence, exclusive of Coelenterates, Sponges and Protozoans. In the same year, BACQ started his own investigation on the problem and concluded that, at least in two Coelomates, namely, Crustaceans (and probably other Arthropods) and Tunicates, there were no cholinergic junctions. Recent works, however, in the latter group (FLOREY, 1963; MENDES & ZINGALES, 1972) quite clearly showed that Tunicates are no exception to the rule that transmission in Coelomates is mediated by cholinesters. Thus, Coelenterates and Arthropods remained as the sole groups in which neuromuscular transmission was considered as not mediated by acetylcholine.

The reluctance, however, to accept the alternative, that is, that in these animals, transmission is electrical (as in many neuro-neural

sinapses) motivated the search of a chemical mediator. In Crustaceans, it seems already found in l-glutamate (for excitation) and G.A.B.A. (for inhibition), as first reported by ROBBINS & van der KLOOT (1958). In Coelenterates, however, attempts to activate neuromuscular junctions with drugs of known pharmacological action in other animals have generally resulted in failures.

In fact, as emphasized by WESTFALL (1973), quoting LENTZ (1968), nothing definitive is known in Coelenterates regarding neurotransmitters. BULLOCK & NACHMANNISOHN (1942) found some cholinesterase activity in *Tubularia* (Hydrozoa) and in the anthozoan *Metridium* and *Sagartia*, but not in the scyphozoan *Cyanea* and *Aurelia*. BULLOCK (1943) reported that acetylcholine is ineffective in *Cyanea*, even protected by eserine.

In 1964, ROSS began an important series of works on chemical mediation in Coelenterates, using the anthozoans *Metridium senile* and *Calliactis parasitica*. In a first phase, ROSS (1946 a, b; 1952; 1957 a, b; 1958) and NEEDLER & ROSS (1958) investigated the effect of drugs in the responses to electrical stimulation. Tyramine and serotonin enhanced both the "slow" and "fast" responses, whereas atropine and nicotine acted as depressants and acetylcholine and adrenaline had no effect. Tyramine increased 3-4 times facilitation, allowing even response to single stimulus. Body wall extracts exhibited a component (probably tyramine), which also promoted facilitation. In a second phase, drugs (and ions) were tested in column and sphincter preparations, without electrical stimulation. Acetylcholine (and associated substances), sympathomimetic amines (adrenaline, nor-adrenaline), indolalkylamine (tryptamine, serotonin), histamine and other drugs of known pharmacological action exhibited different activity

in physiological concentrations. The preparations also responded to the extracts of the animal's body wall (ROSS, 1960 a, b). Recently, CARLYLE (1974), in sphincter preparations of the sea anemone *Actinia equina*, informed that l-glutamic acid reversibly inhibits the response to electrical stimulation, but G.A.B.A. does not.

### EXPERIMENTS

The facilities found in the Laboratory of the Instituto de Biologia Marinha of the University of São Paulo, located at São Sebastião, led me to approach the question of the chemical mediation in Coelenterata, using the sea anemone *Bunodosoma caissarum* (Correia, 1964), a common local species.

Body wall strips and sphincter rings were mounted in the bath of sea-water and isotonic contractions in response to treatment were recorded in a drum, using a frontal lever. As a rule, a final concentration of  $1.10^{-4}$  M was used as "trial dose" of the drugs used.

The body wall or sphincter preparations were not obtained with anaesthesia or used after a two-day resting in sea water, as Ross did, but were used one hour after dissection and mounting in the bath. With any of the two procedures, the preparations exhibit intermittent slow contractions and relaxations. Over long periods, the record shows an irregular rhythm of big movements. Over this background of rhythmic activity the effect of drug application was recorded. The results of ca. 20 assays are in table I, and in Figs 1-4.

TABLE I

Drug	Final Conc. (M)	Effect	Fig.
Adrenaline	$10^{-4}$	-	1
Nor-adrenaline	$10^{-4}$	-	1
Serotonin	$10^{-4}$	-	1
Tryptamine	$10^{-4}$	-	
Tyramine	$10^{-4}$	-	1
Histamine	$10^{-4}$	-	
L-glutamate	$10^{-4}$	-	
G.A.B.A.	$10^{-4}$	-	
Body wall homogenates	?	+	1-3
Acetylcholine	$10^{-4}$	+	3,4

Acetylcholine, as a rule, produced sustained contractions, sometimes large ones. In Fig. 4, eserine is seen to potentiate this contraction. Relaxation was rapid on washing both homogenates and acetylcholine and, with both agents, the rhythmic activity persisted at the top of the sustained contraction. In the repeated application

of the homogenates, however, the amplitude of the induced response to a same dose gradually decreased (Fig. 2).

### DISCUSSION

While the two sympathomimetic amines tested in *Bunodosoma* were ineffective, Ross (l.c.) found that adrenaline & phenylethylamine (more) and nor-adrenaline & isoamylamine (less) were effective in *Metridium* and *Calliactis*; ephedrine, nor-sympatol and other members of the class had no action. Certain types of indolalkylamines (tryptamine and derivatives, but not serotonin) also caused rise in tonus in preparations of the two anthozoans, but histamine, strychnine, guanidine, GABA were totally ineffective, whereas ATP showed moderate contractile and tonic effects. Tetramethylammonium, acetylcholine, carbachol and nicotine were also found without action in the preparations of *Metridium* and *Calliactis*, leading Ross to conclude, in accordance with Bacq, that the sea anemones, and perhaps the whole phylum Coelenterata, do not employ acetylcholine as a neurotransmitter or neurohumour. The actinian neuromuscular system, he added, has few links with nerve and muscle in other animals.

The present result that there is an active component in extracts or homogenates of the body wall of *Bunodosoma* confirms Ross' earlier information. But, the responses obtained with acetylcholine do not fit in Ross' interpretation of the neuromuscular system of Coelenterates. Besides, this is not the first report of the action of acetylcholine on the actinian muscle. WINKLER & TILTON (1962), studying the predation of the California Sea Hare (= *Aplysia californica*) by the Solitary Great Green Sea Anemone (= *Anthopleura xanthogrammica*), reported that the anemone muscles were very sensitive to both acetylcholine and the sea hare toxin. They used this as an argument that the toxin is cholinergic or acetylcholinelike, but apparently they were unaware of the fact that they were reporting the first case of action of acetylcholine in muscles of a Coelenterate.

### SUMMARY

This paper reports the results of a pharmacological survey of drug action on muscle preparations of the anthozoan *Bunodosoma caissarum*. A critical review of previous results of drug action on Coelenterate neuromuscular junction is also given. The preparations responded only to body wall homogenates and acetylcholine. Sympathomimetic

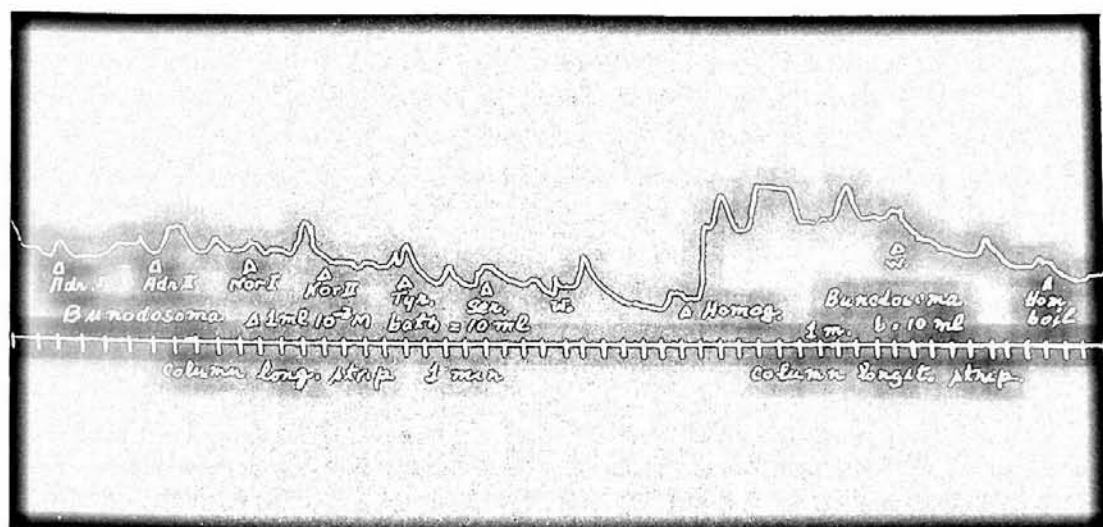


Fig. 1. The action of adrenaline, nor-adrenaline, tyramine and serotonin on the body wall muscles of *Bunodosoma caissarum*. The effect of body wall homogenates is also seen.

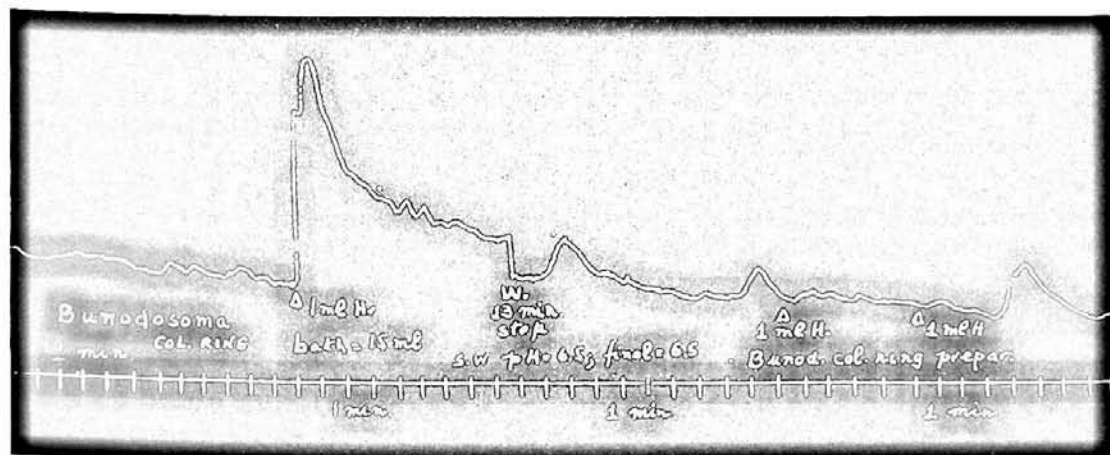


Fig. 2. The responses of a body wall strip of *Bunodosoma caissarum* to its body wall homogenate.

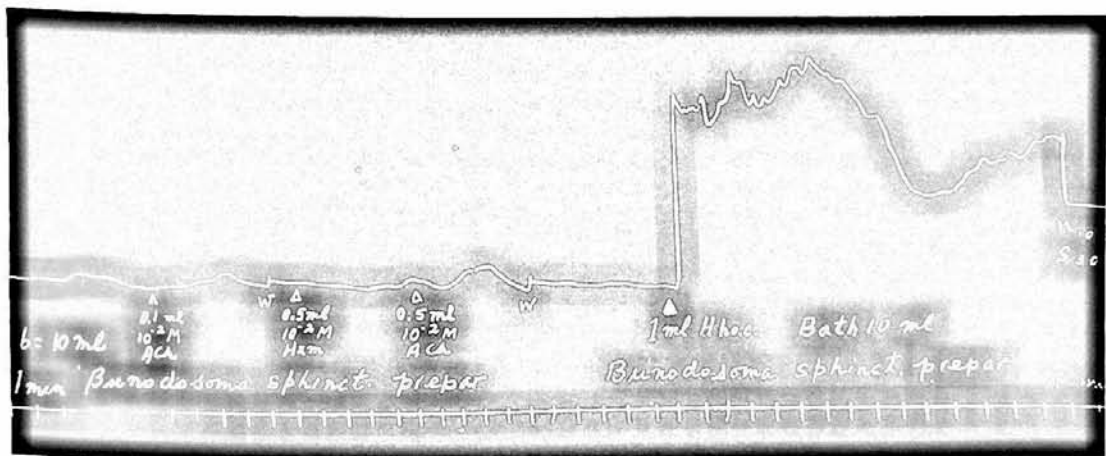


Fig. 3. The response of a sphincter preparation of *Bunodosoma caissarum* to acetylcholine and body wall homogenates.



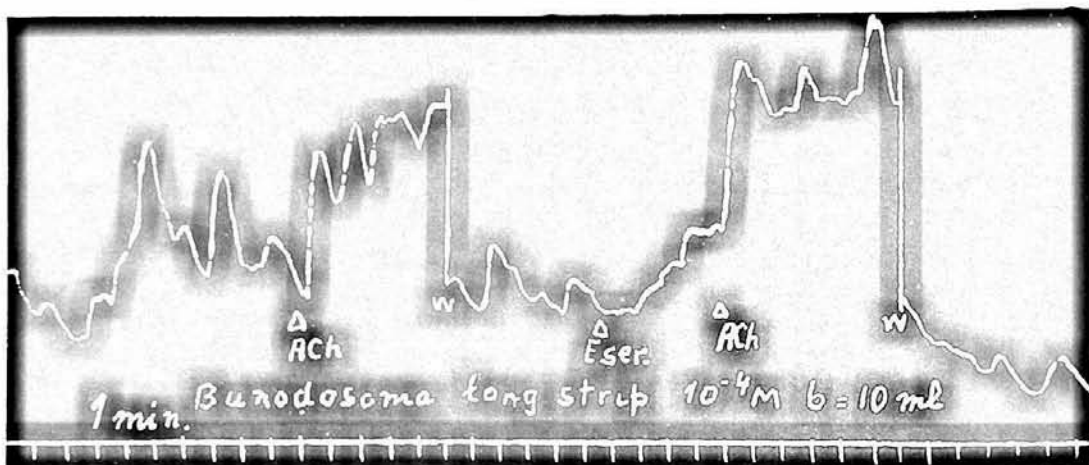


Fig. 4. The response of a body wall strip of *Bunodosoma caissarum* to acetylcholine before and after treatment with eserine.

amines (adrenaline and nor-adrenaline), indolalkylamines (tryptamine, serotonin) and other drugs (tyramine, histamine, l-glutamate and GABA) showed no action. The view that the Coelenterates do not employ acetylcholine as a neurotransmitter is discussed.

### SUMÁRIO

Este trabalho relata os resultados de uma investigação farmacológica de ação de drogas sobre preparações musculares do antozoário *Bunodosoma caissarum*. Uma revisão crítica de resultados prévios é também oferecida. As preparações responderam somente a homogêneos da parede do corpo e à acetilcolina. Aminas simpatomiméticas (adrenalina e nor-adrenalina), indolalquilaminas (triptamina, serotonina) e outras drogas (tiramina, histamina, l-glutamato e GABA) demonstraram-se sem ação. A opinião de que os Celenterados não empregam a acetilcolina como neurotransmissor é discutida à luz dos resultados.

### LITERATURE

- BACQ, Z. M., (1935), Recherches sur la physiologie et la pharmacologie du système nerveux autonome. 17. Les esters de la choline dans les extraits de tissus des Invertébrés. *Arch. Intern. Physiol.*, 42: 24-46.
- BULLOCK, T. H., (1943), Neuromuscular facilitation in Scyphomedusae. *J. Cell & Compar. Physiol.*, 22: 251-272.
- BULLOCK, T. H. & D. NACHMANNSSOHN, (1942), Cholinesterase in primitive nervous systems. *J. Cell & Compar. Physiol.*, 20: 239-242.
- CARLYLE, R. F., (1974), The occurrence in and actions of amino-acids on isolated supra-oral sphincter preparations of the sea anemone *Actinia equina*. *J. Physiol.*, 236: 635-652.

- FLOREY, E., (1963), Acetylcholine and cholinesterase in Tunicates. *Comp. Bioch. & Physiol.*, 8: 327-330.
- MENDES, E. G. and B. S. ZINGALES, (1972), Pharmacological studies on the Invertebrate non-striated muscles. II. The Tunicate siphon muscle. *Comp. & Gener. Pharmacol.*, 3: 261-270.
- NEEDLER, M. and D. M. ROSS, (1958), Neuromuscular activity in sea anemone *Calliactis parasitica* (Couch). *J. Mar. Biol. Assoc. U. K.*, 37: 789-805.
- PANTIN, C. F. A. (1935a), The nerve net of the Actinozoa. I. Facilitation. *J. Exp. Biol.*, 12: 119-138.
- PANTIN, C. F. A. (1935b), Responses of the leech to acetylcholine. *Nature*, 135: 875.
- ROBBINS, J. & W. G. van der KLOOT, (1958), The effect of picrotoxin on peripheral inhibition in the crayfish. *J. Physiol.*, 143: 543-551.
- ROSS, D. M., (1946a), Facilitation in sea anemones. I. The action of drugs. *J. Exp. Biol.*, 22: 21-31.
- ROSS, D. M., (1946b), Id. II. Tests on extracts. *J. Exp. Biol.*, 22: 32-36.
- ROSS, D. M., (1952), Id. III. Quick responses to single stimuli in *Metridium senile*. *J. Exp. Biol.*, 29: 235-254.
- ROSS, D. M., (1957a), The action of tryptamine and 5-hydroxytryptamine on muscles of sea anemones. *Experientia*, 13: 192-194.
- ROSS, D. M., (1957b), Quick and slow contractions in the isolated sphincter of the sea anemone, *Calliactis parasitica*. *J. Exp. Biol.*, 34: 11-28.
- ROSS, D. M., (1960a), The effect of ions and drugs on neuro-muscular preparations of sea anemones. I. On preparations of column of *Calliactis parasitica* and *Metridium senile*. *J. Exp. Biol.*, 37: 732-752.
- ROSS, D. M., (1960b), Id. II. On sphincter preparations of *Calliactis parasitica* and *Metridium senile*. *J. Exp. Biol.*, 37: 753-774.
- WESTFALL, J. A., (1973), Ultrastructural evidence for neuromuscular systems in Coelenterates. *Amer. Zool.*, 13: 237-246.
- WINKLER, L. R. & B. E. TILTON, (1963), Predation on the California sea hare *Aplysia californica* Cooper, by the Solitary Great Green sea anemone *Anthopleura xanthogrammatica* (Brandt) and the effect of sea hare toxin and acetylcholine on anemone muscle. *Pacific Sci.*, 16: 286-290.

# CONTRIBUIÇÃO DOS ANIMAIS MARINHOS AOS ESTUDOS DE CITOLOGIA

Giorgio Schreiber

Departamento de Biologia Geral, Instituto de Ciências Biológicas  
Universidade Federal de Minas Gerais

(Com uma figura no texto)

## TRABALHOS CLÁSSICOS

A citologia e a embriologia tiveram enorme êxito, e foram executadas entre o fim do século passado e as primeiras décadas deste século. Algumas das mais importantes pesquisas neste campo foram feitas em animais marinhos.

Incluo neste trabalho as pesquisas de embriologia pois o estudo da fertilização e das primeiras fases de segmentação implica fenômenos citológicos. Lembramos somente alguns dos mais importantes deste período.

Deixamos de lado Anton Dohrn que fundou a *Stazione Zoologica di Napoli*, a fim de estudar a evolução. Driesch usou os equinodermos para o estudo da *totipotência dos blastômeros*. Boveri definiu a importância da *constituição cromossômica* para o desenvolvimento normal nos equinodermos. Wilson abriu o campo totalmente novo do estudo do "cell lineage" ou genealogia celular, nos *hidrôides*, *moluscos* e *turbelários*, todos marinhos. Child estudou nos *hidrôides*, e nos *ctenóforos* o problema dos "gradientes no desenvolvimento". Lillie usou o *Chaetopterus* e os *hidrôides* para definir os *problemas fundamentais da fertilização*. Warburg descobriu nos ovos de ouriço de mar as *relações entre glicose e respiração*.\*

Como se vê deste resumido relato os invertebrados marinhos foram objeto de escolha nas pesquisas cito-embriológicas.

## PESQUISAS RECENTES

Passando a outros campos de pesquisa citológica, limitar-nos-emos aqui a ilustrar os traba-

\* Foundation of Experimental Embryology. B.W. Willer & G. M. Oppenheimer. New Jersey - 1964.

lhos de *Citologia Quantitativa* executados nestes últimos anos pelos pesquisadores do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Minas Gerais, sobre materiais fornecidos pelo Instituto de Biologia Marinha da Universidade de São Paulo.

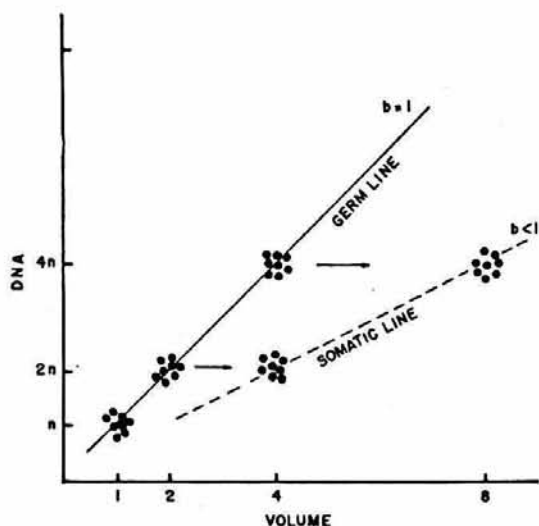
O problema é o estudo citoquantitativo da diferenciação celular. O método usado foi a determinação citofotométrica do DNA, a determinação do volume nuclear e o cálculo do coeficiente "b" de regressão entre estes dois parâmetros. Foi feita a comparação do valor do coeficiente de regressão da série espermatogênica com aquele da série endopoliploide nos tecidos especializados, prevalentemente secretores. Considerando arbitrariamente igual a 1, o coeficiente de regressão dos meiócitos, verifica-se que nos tecidos especializados ele é sempre menor que 1. Este desvio do coeficiente "b" representa o grau de especialização devido ao aumento do volume em relação ao conteúdo em DNA. O aumento do volume nuclear, corresponde ao aumento das proteínas não histônicas no núcleo que libertam o DNA antes reprimido pelos histonas.

As pesquisas de BLOCH\* indicaram a existência de dois tipos de crescimento interfásico, diferenciando a "interfase autosintética" durante o período de multiplicação, e a "interfase heterosintética" no período de especialização do núcleo. Os dois períodos de crescimento nuclear resultam evidentes comparando o coeficiente de regressão entre DNA e volume nuclear da série dos meiócitos, com aquele dos valores "rítmicos" do volume nuclear nos tecidos especializados.

Este fato foi verificado pelos trabalhos de

\* D. BLOCH - Changes in deoxyribonucleic complex during the cell cycle. In "Frontiers in Cytology" - New Haven University Press - 1958.

SCHREIBER e col. no estudo dos tecidos glandulares dos Vertebrados e foi sucessivamente aplicado ao estudo dos blastômeros em *Aplysia* e *Bulla*, e ao estudo dos tecidos glandulares nos Molluscos (hepatopâncreas, glândula salivar, etc.).



Outro campo destas pesquisas foi o estudo da diferenciação histogenética do "endostilo" das Salpas. No estolão prolífero das Salpas encontram-se todas as fases de desenvolvimento deste órgão. A diferenciação das regiões secretivas e ciliadas deste endostilo mostram com grande clareza o excesso do valor do volume nuclear na especialização celular.

Estas pesquisas são facilitadas, pela existência de séries endopoliploides especialmente nos tecidos glandulares nos Moluscos. Assim o desvio do valor do coeficiente de regressão, é um índice estatístico da diferenciação histogenética.

Outro assunto de citologia quantitativa, estudado neste ciclo de pesquisas, foi a variação do teor em DNA na série filogenética animal. Foi comparado o teor em DNA nas células diplóides — determinado citofotometricamente — com o teor em DNA de algumas categorias celulares determinado com meios químicos (esperma, eritrócitos nucleados). Assim foi determinado o valor do conteúdo em DNA absoluto (em picogramas) em Moluscos, Tunicados, Cefalocordados e Hemicordados). Em geral, verifica-se um aumento progressivo de teor em DNA na série filogenética. Dentro de cada categoria sistemática há grupos sistemáticos que apresentam valores do DNA superiores àqueles indicados pela posição no "trend" filogenético (Onicóforos, Dipnóicos, *Balanoglossus*

*gigas* etc.) sugerindo uma situação de poliploidia ou politenia.

A colaboração do Instituto de Biologia Marinha de São Sebastião com o Departamento de Biologia Geral da Universidade Federal de Minas Gerais, permitiu a realização deste fecundo campo de pesquisas na Citologia Quantitativa. A lista dos trabalhos executados documenta esta colaboração:

1. SCHREIBER, G. Estudo cariométrico do hepatopâncreas de *Aplysia* (Moll. Gast.). *An. Acad. Bras. de Ciências*, 31:44, 1959.
2. SCHREIBER, M. R. & SCHREIBER, G. Relações entre ploidia, volume nuclear e secreção "PAS" nas glândulas salivares de *Aplysia*. *Ciência e Cultura*, 15 (4): 251-252, 1963.
3. SCHREIBER, M. R. & SCHREIBER, G. Researches on quantitative cytology. XVII. The somatic ploidy in gland tissues of Gastropods. *Riv. Biologia*, 57 (4): 263-300, 1964.
4. SCHREIBER, G., SCHREIBER, M. R. & FALLIERI, L. A. La sintesi dell'ADN nei blastomeri di opistobranchi (Moll. Gaster.). (Ricerche di Citologia quantitativa XX). *Archivio Zoologico Italiano*, 51: 447-472, 1966.
5. SCHREIBER, G., FALLIERI, L. A. & SCHREIBER, M. R. The synthesis of DNA in Molluscan blastomeres. Brazilian Society of Genetics. Annual Meeting, July, 1966, Piracicaba, São Paulo: 11-13.
6. SCHREIBER, G., SCHREIBER, M. R. & FALLIERI, L. A. Interfase sutossintética e heterossintética nas glândulas de *Aplysia brasiliana* Rang. *Ciência e Cultura*, 19 (2): 473-474, 1967.
7. FALLIERI, L. A., CAMEY, T., SCHREIBER, M. R. & SCHREIBER, G. DNA and nuclear size in early development of some invertebrates. *Genetics* (Supplement), 61 (1): 171-181, 1969 (Apresentação no Simpósio Internacional de Fisiologia Nuclear e Diferenciação — Belo Horizonte, 1-6 de dezembro de 1968).
8. SCHREIBER, G. & SCHREIBER, L. R. Researches on quantitative cytology. XX. Caryometric studies on neurosecretory cells of the eyestalk of Crustacea *Brachiura*. *Rev. Bras. de Pesq. Med. e Biol.*, 2 (3): 185-190, 1969.
9. SCHREIBER, L. R. & SCHREIBER, G. Pesquisas cariométricas nos neurônios do pedúnculo ocular dos crustáceos. (Apresentado na Sociedade de Biologia de Minas Gerais, em 27/12/1968).
10. RESENDE, E. S. & SCHREIBER, G. Problemas citométricos do desenvolvimento das Ascídias. *Resumos apresentados na XXII Reunião Anual da S.B.P.C.* — Salvador — Bahia — Julho de 1970: pag. 305.
11. SCHREIBER, M. R., SCHREIBER, G. & WAISBERG, Y. DNA e volume nuclear na "glândula de albumen" de *Aplysia brasiliana* Rang. *Ciência e Cultura*, 23 (supl.): 425-426, 1971.
12. SCHREIBER, M. R. & SCHREIBER, G. Pesquisas de Citologia Quantitativa. XXI: Relação entre DNA e volume nuclear na "glândula albumen" de *Aplysia brasiliana* Rang. *Ciência e Cultura*, 23 (5): 661-666, 1971.

13. SCHREIBER, G. Evolução do conteúdo em DNA por núcleo. *Ciência e Cultura*, 24 (5): 428-431, 1972.
14. SCHREIBER, G. & CAVENAGHI, T.M.C.M. Teor em DNA por núcleo nos *Cephalocordata* e *Tunicata*. *Ciência e Cultura*, 24 (6) (Suplemento): 146, 1972.
15. CAVENAGHI, T.M.C.M. & SCHREIBER, G. Aspectos citométricos do diferenciamento histológico do endóstilo nas salpas. *Ciência e Cultura*, 24 (6) (Suplemento): 211, 1972.
16. SCHREIBER, G., SALLES, J. M., LAVALLE, D., CAVENAGHI, T.M.C.M., AMORIM, F.M.O., PINHO, A. C. & LÁUAR, N. S. Novos dados sobre teor em DNA per núcleo na série animal. (Apresentado no Congresso de Zoologia, São Paulo, 1972).
17. SCHREIBER, G. & CAVENAGHI, T.M.C.M. DNA e volume nuclear em Enteropneusta, Tunicata e Cephalochordata e suas implicações filogenéticas. *Atas do Simpósio de Biologia Marinha*, São Sebastião, São Paulo, 1972 (no prelo).
18. SCHREIBER, G. & CAVENAGHI, T.M.C.M. O problema do DNA no *Balanoglossus gigas* F., Muller. *Boletim de Zoologia e Biologia Marinha* (nova série), 30: 757-760, 1973.
19. CAVENAGHI, T.M.C.M. & SCHREIBER, G. Researches on Quantitative Cytology. XXIII. DNA and nuclear volumes in the histodifferentiation of the endostyle of *Salpa democratica* Forsk. *Ciência e Cultura*, 26 (3): 226-271, março de 1974.
20. CAVENAGHI, T.M.C.M. & SCHREIBER, G. Teor em DNA por núcleo em alguns Equinodermas. *Ciência e Cultura* (suplemento), 26 (7): 354, 1974.
21. SCHREIBER, G. & LÁUAR, N. S. DNA e volume nuclear nos blastômeros de *Artemia salina* Leach. *Ciência e Cultura* (Suplemento), 26 (7): 268, 1974.

# LABORATORY STUDIES ON THE COPEPOD *EUTERPINA ACUTIFRONS* (DANA)

Glória S. Moreira

Instituto de Biologia Marinha and Departamento de Fisiologia,  
Instituto de Biociências da USP

Although the benthic copepods develop relatively well in the laboratory, the planktonic ones usually do not resist aquarium conditions. The harpacticoid *Euterpina acutifrons* is one exception. Several laboratory studies were done with this species and may be summarized in the following items:

## 1) REARING AND CULTIVATION

Bernard (1960, 1963), Neunes and Pongolini (1965) and Nassogne (1967, 1970), working in the Mediterranean coast, developed techniques which permit to keep and breed the copepods under culture conditions. In their experiments, they have tested several kinds of food, antibiotics and environments.

## 2) DIMORPHISM IN THE MALE

Haq (1965, 1972 and 1973), working in the Anglesey coast (N. Wales, U. K.), experimentally verified that the temperature has a direct and parallel influence on the size of the dimorphs, but the characteristic differences between them are not affected. His laboratory and field investigations have shown also that the male is a breeding form, and is apparently an adaptation of the species for carrying out successful breeding in the colder areas of its distribution. Experiments conducted by crossing different males with virgin females have shown that both kinds of males could produce the other type and he suggested that environment may induce the production of small males by intrinsically activating some changes in the system more closely associated with genes, and that such influences probably become effective only before the formation of the germ cells. Haq pointed out that

this problem obviously merits further investigation as to environmental dependence and genetical basis of dimorphism.

## 3) PHYSIOECOLOGICAL STUDIES

Phonlor (1968), Tundisi and Tundisi (1968) conducted short-term experiments on the salinity-temperature tolerances of some planktonic copepods, including *Euterpina acutifrons*, in the Oceanographic Laboratory, Cananéia coast. They observed that *E. acutifrons* is the second in the order of salinity tolerance and that this tolerance is greater at 28°C than in other temperatures.

Moreira and Vernberg (1968) have studied comparatively the thermal metabolic patterns in *Euterpina acutifrons* dimorphic males from Beaufort Channel, North Carolina, USA. The copepods were acclimated either to 15 or 25°C. Metabolic measurements were made at the two acclimation temperatures, using the Cartesian Diver respirometric technique. At 25°C, the small males had a higher rate than the large ones. At 15°C, the large males had the higher rate. Small males showed metabolic adaptation at the lower acclimation temperature, but not at the higher acclimation one. In the large males the acclimation patterns were reversed, i.e., these males acclimated at the higher temperature, not at the lower. The authors speculate that these dimorphic males could be of great value in the wide distribution of this species in space and time. If one male is better adapted to high temperatures, the other to low, this would permit penetration over a wider geographical range.

Vernberg (1972) determined the metabolic-temperature responses for nongravid females from South Carolina coast (USA). These results showed that cold exposure increases the metabolic rate at

both high and low temperatures. She speculates that, there is always some question about whether or not enhanced metabolic rates following cold exposure are an indication of ability to acclimate. However coupled with the change in abundance in the estuary with water temperature, it would seem that in these copepods increased metabolism does reflect acclimation to cold. Assuming this, then, the female would appear to be more labile metabolically than either large or small males.

Moreira and Yamashita (1973) have done some experimental studies on physiological and behavioural response mechanisms of *E. acutifrons* from São Sebastião Channel to various salinities. These experiments showed that *E. acutifrons* is capable of regulating its body volume inside the range of 25 to 35% and has no behavioural escape response to variations in salinity concentrations when the specimens can choose between different alternatives. They concluded that, for a planktonic animal, regulation and adaptation must have a higher ecological importance than escape responses.

Vernberg and Moreira (1974) determined the metabolic-temperature responses of cold — and warm — acclimate females and small males from the São Sebastião Channel, Brazil. The results showed that females acclimated less to cold temperatures than small males. When the metabolic temperature curves of females and small males from Brazil are compared with those from water off North and South Carolina, there is good indication that physiological races have evolved. Both populations of small males show the same patterns of response to thermal acclimation, i.e., greater metabolic adaptation to low temperature than to high temperature. At high temperatures, however, the metabolic rate of the northern hemisphere population was significantly higher than that of Brazilian copepods. Differences in metabolic-temperature response in non-gravid females from Brazil and South Carolina are striking. Copepods from Brazilian population showed the greatest acclimation at high temperature, those from South Carolina, at low temperature. It seems quite probable that these responses reflect the thermal regime each encounter in nature.

Moreira (1975) studied the salinity resistance of females caught in two different regions along the São Paulo state coast: São Sebastião Channel and Santos Bay, with emphasis on the effects of temperature acclimation in the resistance. The results showed that warm acclimated animals from both areas survived longer in normal and high salinities; the cold acclimated ones survived longer in low salinities. Beside that, animals from Santos, where the salinity usually is lower than in São Se-

bastião, are much more tolerant to lower salinities than animals from São Sebastião. Inversely, the animals from São Sebastião are much more tolerant to high salinities than animals from Santos. Another difference is the time to death. Animals from Santos lived longer than animals from São Sebastião in all salinities lower than 50 o/oo. These results showed marked differences between these populations.

Besides the papers mentioned above, there are some other references to experiments and rearing techniques, such as Fanta (1972) who kept ovigerous females in laboratory and reared the nauplii for anatomical studies, Nival, Nival and Palazzoli (1972) with three data on the oxygen-consumption at 15°C.

It seems that many more studies must be done with *E. acutifrons*, mainly if one considers the wide range of distribution of this species, its economical importance as food for various clupeid fishes, the interesting problem of the dimorphism in the males and the relative facility in maintaining laboratory cultures.

## REFERENCES

- BERNARD, M. — 1960 — Adaptation de quelques Copépodes pélagiques méditerranéens à différents milieux de survie en aquarium. *Rapp. & P. V. C.I.E.S.M.M.*, 16 (2).
- BERNARD, M. — 1963 — Le cycle vital en Laboratoire d'un Copépode pélagique de Méditerranée, *Euterpina acutifrons* Claus. *Pelagos*, 2: 35–48.
- FANTA, E. S. — 1972 — Anatomy of the nauplii of *Euterpina acutifrons* (Dana) (Copepoda, Harpacticoida). *Crustaceana*, 23 (2): 165–181.
- HAQ, S. M. — 1965 — Development of the copepod *Euterpina acutifrons* with special reference to dimorphism in the male. *Proc. Zool. Soc. London*, 144 (2): 175–201.
- HAQ, S. M. — 1972 — Breeding of *Euterpina acutifrons*, a harpacticoid copepod, with special reference to dimorphic males. *Marine Biology*, 15: 221–235.
- HAQ, S. M. — 1973 — Factors Affecting Production of Dimorphic Males of *Euterpina acutifrons*. *Marine Biology*, 19: 23–26.
- MOREIRA, G. S. — 1975 — Studies on the salinity resistance of the copepod *Euterpina acutifrons* (Dana). In *Physiological Ecology of Estuarine Organisms*. Ed. John Vernberg. The Belle W. Baruch Library in marine science number 3: 73–79.
- MOREIRA, G. S. and W. VERNBERG — 1968 — Comparative thermal metabolic patterns in *Euterpina acutifrons* dimorphic males. *Marine Biology*, 1 (4): 282–284.
- MOREIRA G. S. and C. YAMASHITA — 1973 — Experimental studies on physiological and behavioural response mechanisms of the planktonic copepod *Euterpina acutifrons* (Dana) to various salinities. *Bol Zool. Biol. Mar.*, N. S., 30: 233–244.

- NASSOGNE, A. - 1969 - La coltura dei Copepodi in laboratorio. *Pubbl. Stz. Zool. Napoli*, 37 suppl.: 203-218.
- NASSOGNE, A. - 1970 - Influence of food organisms on the development and culture of pelagic copepods. *Helv. wiss. Meer.* 20: 333-345.
- HEUNES, H. W. and PONGOLINI, G. - 1965 - Breeding a pelagic copepod, *Euterpina acutifrons* (Dana) in the laboratory. *Nature*, 208 (5010): 571-573.
- NIVAL, P. S. NIVAL and I. PALAZZOLI - 1972 - Données sur la Respiration de Différents Organismes Communs dans le Plancton de Villefranche-sur-Mer. *Marine Biology*, 17: 63-76.
- PHONLOR, G. - 1968 - Salinity-Temperature Tolerances of some planktonic copepods. *Araucariana*, 1: 9-25.
- TUNDISI, J. and T. M. TUNDISI - 1968 - Plankton studies in a mangrove environment. V. Salinity tolerances of some planktonic crustaceans. *Bolm Inst. oceanogr. S. Paulo*, 17 (1): 57-65.
- VERNBERG, W. B. - 1972 - Metabolic-environmental interaction in marine plankton. Fifth European Marine Biology Symposium, pp. 189-196. Piccin Editore-Padova.
- VERNBERG, W. B. and G. S. MOREIRA - 1974 - Metabolic-Temperature responses of the copepod *Euterpina acutifrons* (Dana) from Brazil. *Comp. Biochem. Physiol.*, 49A: 757-761.

## BIOLOGY OF ENTEROPNEUSTA

Paulo Sawaya

The famous Hemichordata, the largest in the world – *Balanoglossus gigas* – was discovered by Fritz Müller, a German Naturalist who came from Germany on 1852 directly to the State of Santa Catarina.

The history of this discovery is really very interesting. F. Müller has joined the colonial group of Germans invited by Dr. Hermann Blumenau to populate the State of Sta. Catarina. Fritz Müller and his family came to Brazil and lived in a desert region building up one small hut near the river Itajaí, which crosses the town of Blumenau. At the age of 23 he got his doctor degree in medicine and at 27 his Ph.d.

The story of the discovery of the *Balanoglossus gigas* can be briefly summarized. May I use the own words of F. Müller: "One day I and my brother Wilhelm took a small amount of dry meat and flour and by foot started from Blumenau. Three days after 150 km of road, by foot we reached a small beach just in front of the north part of the Island of São Francisco. During low tide we saw several casts of one animal. Digging out around the casts we could collect an enormous worm-like animal, 1.5 m long, which has been preserved in the Brazilian rum". They did not have at that time alcohol for preservation the collected animals. Some of them have been sent to the National Museum in Rio de Janeiro, and one small piece, including the head and part of the body delivered to Dr. Spengel in Jena. The late described the new species and named it as *Ptychodera gigas* but did not add his name after the new species, as he could do according to the rules of nomenclature, but that of Fritz Müller, the discoverer.

Fritz Müller died in Blumenau in 1892. From that time to 1966 no news from this interesting animal were appeared in zoological periodi-

cal. In 1966, however, Prof. Wladimir Besnard, at the time head of the Oceanographic Institute of S. Paulo, joined us for doing some observations on the intertidal animals of littoral of S. Paulo. Besnard went to S. Sebastião and we to Bertioga. One week later we were gathered in the Department of Physiology for discussing the results, and Prof. Besnard presented one small piece of the body of the animal collected at the Araçá beach. He did not know what animal he had in his hands and gave the piece to me for study. Two years after I knew that the animal was the *Balanoglossus gigas* discovered by Fritz Müller in 1883. As it is known taxonomy of the Hemichordate is not an easy task. It demands a lot of work on histology. To be sure that we have had the same species caught by Fritz Müller, several trips have been made to the same place where Müller, by the first time, have collected the animal. In 1952 we were lucky digging out some specimens. The study demonstrated that it was really the *Balanoglossus gigas*. In meantime several excursions were made to the Araçá beach, and large amount of *Balanoglossus* were obtained. As you know this animal has a strange morphology described first by Spengel and after by van der Horst, who simply summarized Spengel's description.

Some aspects of the biology of this very interesting animal have been studied in this Institute.

Briefly we can point out some topics: 1. the feeding mechanism; 2. the digestive mechanism; 3. regeneration and bioluminescence.

After the new description of the *B. gigas*, Dra. Tagea Björnberg collected several Hemichordate from the littoral of the neighbour South State of Paraná and described several larvae *Tornaria*. These papers are also fundamental in the study of



the biology of our Hemichordate.

### 1. FEEDING MECHANISM

Processes of alimentation in the Enteropneusta have been limited to the studies of Barrington (1941) and Knight Jones (1953) on small species. The largest known species of Enteropneusta one of the most robust, made a more detailed study by Bourdon-Jones (1962) who has spent some time in this Institute, on 1962. Using Aquadag and suspensions of graphite, talc, titanium oxide and copper phthalocyanide, having particles size range of 1 to 50  $\mu$  the paths of the ciliary currents were shown. A range of digestive enzymes are present, although individual enzymes have not been fully characterized or correlated in distribution with any regional differentiation of the intestinal epithelium. There are indications that *B. gigas* has the capacity for digesting starch, glycogen, maltose, casein, sucrose and triacetin, as Barrington has shown in *Glossobalanus minutus*.

His work admit that in this Hemichordata the secretion of the proboscis contains an amylase, so that the food is at least mixed up with this enzyme before it enters the mouth. Moreover, in this animal and also in other member of the family Ptychoderidae the dorsal, or respiratory part of the pharynx is prolonged backwards into a small postbranchial chamber.

In this laboratory Rosa & Sawaya (1973) has done several experiments not yet published to confirm what Barrington did with *Saccoglossus*. Specimens of *B. gigas* were collected after the tide had receded and were located by numerous casts they produce during the ebb. The frequency and volume of the casts produced indicated the considerable amount of activity either just prior or during the ebb of the tide. We have count several times more that than loo casts in an area of 20 square m. There was no apparent tendency for the animal to aggregate at any one particular level of the shore.

*Proboscis* - 12 macerated into glycerin (Willstättes et al. method) - producing maltose by the digestion of starch through the amylase. Iniciate the digestion by the proboscis. Ciliary current has been shown working out through the postoral ciliary organ.

According to the experiments here be performed, by collecting mucus from the proboscis, and after incubation with glycose, it has been demonstrated that *B. gigas* has an extraintestinal digestion and does the same as *Saccoglossus*.

### 2. REGENERATION

Some experiments have been done also to determine some aspects of the regenerative mechanisms of this Enteropneusta. Parts of the animal, recently captured, and cut from its large body, have been put deeply into the mud collected from the same place where the animal was caught. Periodical examinations of these different parts of the body were done. After three months a small *B. gigas* have been dug out from the mud. It was a complete animal, but no longer than 20cm.

### 3. BIOLUMINESCENCE

This a difficult topic for research, for the density of the mucus is high and luminescence is very brief. For study of this topic we need special equipment not yet available in this Institute. Anyhow some observations have been done, and by dropping some drops of a solution of Calcium chloride 1% into the dish containing and adult *B. gigas*. The time of luminescence has been extended from half minute to 2 minutes. It was supposed that ions  $Ca^{++}$  have interfered in this delay of extinction of luminescence. As we can see, a new problem has appeared, and the question: does ions  $Ca^{++}$  interfere in the mechanism of the luminescence? The preliminary experiments done in S. Paulo, seems to indicate that ions  $Ca^{++}$  can reinforce the luminescence of *B. gigas*.

### REFERENCES

- BARRINGTON, E. W. - 1965 - *The biology of Hemichordata & Protochordata*. S. Francisco, W. H. Freeman & Co., 176 p.
- BOURDON-JONES, C. - 1962 - The feeding mechanism of *Balanoglossus gigas*. *Bol. Fac. Cien. Letr. Zool.*, 24: 255-280.
- van der HORST, C. J. - 1939 - *Hemichordata*. In: Bronns Kl. Ordn. Tierreichs, bd. 4, IV Abt., 2 Buch, teil 2, Leipzig Akad. Verlag., 737 p.
- KNIGHT JONES, C. - 1953 - Feeding in *Saccoglossus* (Enteropneusta). *Proc. zool. Soc. Lond.*, 123: 637.
- MULLER, F. - 1898 - Observações sobre a fauna marinha da Costa de Santa Catharina. *Rev. Mus. Paulist.*, 3: 31-40.
- SAWAYA, P. & ROSA, L.L. - 1973 - Regeneração em *Balanoglossus gigas* (Hemichordata). *Cien. & Cult.*, 25 (6): 355.
- SPENGLER, J. W. - 1893 - Die Enteropneusten des Golfes von Neapel. *Fauna u. Flora d. Golfes von Neapel*, 18: 756 p.

# INFESTATION OF THE MUSSEL *PERNA PERNA* BY DIGENETIC TREMATODES OF THE BUCEPHALIDAE FAMILY, GEN. *BUCEPHALUS*

Sati Umiji, João Edmundo Lunetta  
and Rosa Maria Veiga Leonel

Departamento de Fisiologia Geral do Instituto de Biociências  
e Instituto de Biologia Marinha da Universidade de São Paulo

The Biology of the mussels has been studied in the Department of General Physiology and at the Institute of Marine Biology in its most varied aspects, aiming, besides aspects of the pure science, at the culture of these mussels for rational exploration as a new source of food for the population mainly the coast one.

In December 1963, Professor Pierre Lubet from the University of Lyon, France, was invited to give some guidance to the researchers interested in Biology and in the techniques of the mussels culture, which were already very well known in Europe.

The first experimental park of the mussel culture was installed, on that occasion, on Cabelo Gordo Beach, near the laboratory of the Institute of Marine Biology, in São Sebastião. Since then, the Institute has maintained in that place an experimental park for the culture of the mussels, forming a very important source for numerous researches in course at this Institute in collaboration with the Department of General Physiology.

The culture park is periodically supplied with placing of the new ropes of the young mussels of 2 to 2.5 cm. long, collected from natural populations.

In 1974 the presence of the parasitized animals by Trematodes cercariae was verified for the first time, through histological examination of the mantle, thus causing serious damage to the researches in course.

The examination of the infestation length was proceeded at once as well as the possible origin of the parasites.

In the culture park, the percentage of the parasitized animals was high, from 30 to 35%. In

order to verify the origin of parasites the collecting and the examination of mussel samples from natural population of the beaches near the Institute was followed, especially of those from where the young mussels "the seeds" were brought to be raised in the park.

The analysis of the data obtained showed that the natural population of the mussels which develop on the rocks in the zone exposed to the impacts of the waves of the open sea were not parasitized whereas those from sheltered places of more polluted water as of São Sebastião Port and Ubatuba Port presented 15 to 20% of parasitized animals.

The highest incidence of parasitized animals was however, verified in those animals raised in the experimental park of the Institute of Marine Biology, on Cabelo Gordo Beach.

The parasitized animals are easily distinguished by mantle coloration due to the sporocyst pigmentation of the trematodes which develop there, giving it a bright orange color which made Cole (1935) call this kind of infestation "orange sickness" of mussels.

The sporocysts inside which cercariae develop and branch out, expand between the mantle tissue and the underlying conjunctive tissue, causing a complete atrophy of the gonad of the host. The sporocysts observed with the help of a proper magnifying-glass present themselves as branched out tubes, presenting contritions which delimitate compartments of irregular sizes, containing in their interior, cercariae in different stages of development. Some sporocysts are more voluminous and less pigmented, making it possible to observe cercariae because of their transparency.

The grown up cercariae are eliminated together with mucous and also as pseudofeces of the host by the paleal cavity, discharging themselves into the surrounding water. These cercariae present a contractile body, tail stem and furcae. The swimming of the cercariae is helped and orientated by the movement of the "furcae" which are long and contractile.

The furcae and the tail stem are also important elements of contact between the cercariae and the surface of the intermediate host.

The free-swimming cercariae try to fix themselves in the second intermediate host that offers a good condition for their encystment becoming metacercariae. According to Howell (1966) this second intermediate host may be a fish, taking about 70 to 80 days to the cercariae reach the stage of an adult metacercariae.

The majority of the mussels examined were carriers of numerous cysts in the region between the stomach wall and the digestive gland and in the mantle along the line of the insertion of the gills. If these cysts found in the mussels were the metacercariae of trematode bucephalid cercariae, the possibility of the cycle completing itself in the culture park increases; the presence of a definite host will be enough for that to happen. Cheng et al. (1966) succeeded in encysting trematode cercariae in different species of bivalves, mussels included.

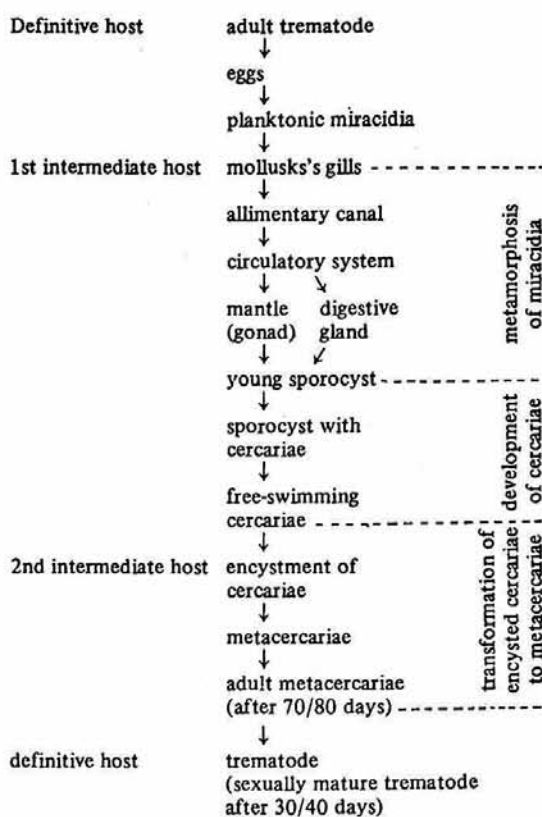
Experimentally, at laboratory, we succeeded in the encystment of the cercariae on the fins and on the skin of the small gobiid fish, popularly known "amboré".

Canzonier (1972) discusses the problem of the infestation of the mussels by trematode larvae and their importance in the culture of these mollusks. The life history study of these Bucephalidae was accomplished by several authors (Tennent, 1906; Woodhead, 1929, 1930; Cheng & Burton, 1965; Howell, 1966) that indicate different families of the fish as a definite host.

In Brasil, Narchi (1966) reported, during the studies on the functional morphology of *Anomalocardia brasiliensis* (Mollusca Bivalvia) the occurrence of several specimens parasitized with *Bucephalopsis haimeana*.

At present study it is possible that the definite host is the fish "amboré" which lives near the mussel ropes feeding on them. The objective data, however, don't allow us to define the cycle of trematode parasites of the mussels and also the host through which the different phases of the cycle proceed yet.

The life cycle of Bucephalidae according to the authors mentioned may be summarized as follows:



After observing the life cycle of these trematodes and the intermediate hosts involved in this process, we can justify the high incidence of the parasitized animals in the culture park of the Institute of Marine Biology in relation to other places of collecting mollusks for the following reasons:

a) The culture park would be presenting best conditions of life for the definitive host.

b) Possibility of the mussels itself being the 2nd intermediate host, i.e, it is in proper conditions to the encystment of cercariae and their development into metacercariae.

c) The presence of the definitive host of trematode which may be the predator of mussels, possible carrier of metacercariae of Bucephalidae.

At laboratory we observed that the fish "amboré" feeds very well on the mussels.

The life history study as well as the determination of the hosts in which develop different stages of these trematodes are of great importance if we bear in mind the intended construction of the culture park for the mussels on the State coast of São Paulo.

## LITERATURE CITED

- CANZONIER, W.J. - *Cercaria tenuans*, larval trematode parasite of *Mytilus* and its significance in the mussel culture, *Aquaculture*, 1: 267-278, 1972.
- CHENG, T.C. & BURTON, R.W. - Relationship between *Bucephalus* sp and *Crasostrea virginica*: histopathology and sites of infection. *Chesapeake Sci.* 6 (1): 1-16, 1965.
- CHENG, T.C., SHUSTER, C.N.Jr. & ANDERSON, A.H. - A comparative study of the susceptibility and response of eight species of marine pelecypods to the trematode *Himasthia quissetensis*. *Trans. Amer. micr. Soc.*, 85 (2): 248 - 295, 1966.
- COLE, H.A. - On some larval trematode parasites of mussel (*Mytilus edulis*) and cockle (*Cardium edule*). *Parasitology*, 27: 276 - 280, 1935.
- HOWELL, M.A. - A contribution to the life history of *Bucephalus longicornutus*. *Zool. Publ. Victoria Univ. Wellington*, N. Zealand, 40: 1 - 40, 1966.
- NARCHI, W. - Encontro de *Bucephalopsis haimeana* (Lacaze - Duthiers) no Brasil. *Ciênc. Cult.*, São Paulo, 18 (1): 22 - 24, 1966.
- TENNENT, D.H. - A study of the life history of *Bucephalus haimeanus*, a parasite of the oyster. *Quart. J. Micr. Sci.*, 49 (4): 635 - 690, 1906.
- WOODHEAD, A.E. - Life history studies on the trematode family Bucephalidae. *Trans. Amer. Micr. Soc.*, 48 (3): 256 - 274, 1929.
- WOODHEAD, A.E. - Life history studies on the trematode family Bucephalidae. II. *Trans. Amer. Micr. Soc.*, 49 (1): 1 - 17, 1930.

# O ESTUDO DA DISTRIBUIÇÃO DO PLÂNCTON EM ÁGUAS BRASILEIRAS (UM RESUMO)

Tagea K. S. Björnberg

Departamento de Zoologia, Instituto de Biociências,  
Universidade de São Paulo

Falta na literatura um apanhado geral sobre o que já foi pesquisado em plâncton brasileiro. Daí a apresentação deste resumo, que, longe de ser completo, por não ter sido baseado em pesquisa bibliográfica profunda, é, entretanto, um ponto de partida para o principiante em planctologia brasileira. No levantamento da literatura procurou-se citar os principais trabalhos estrangeiros em cada grupo de plâncton brasileiro estudado e, na medida do possível, as publicações nacionais e de autores sulamericanos que trabalharam com plancton-tes marinhos de nossas águas.

O plâncton marinho em águas brasileiras foi estudado em três etapas principais: a) a das grandes expedições, b) a dos pioneiros, c) a dos institutos (oceanográficos, de biologia marinha e de pesca).

Na primeira etapa cientistas de renome internacional estrangeiros estudaram coletas feitas durante expedições como a U. S. Exploring Expedition (1838-42), a Vitor Pisani (1882-85), a "Challenger" (de 1872-76), a "Plankton" (de 1889), a "Terra Nova" (de 1910), a "Albatross" (de 1887), a "Meteor" (1925-27), e mais modernamente as do "M. Lomonosov", "Calypso", "Toko-Maru", "R. V. Chain" entre outras. Graças a estas expedições fez-se o levantamento de muitas espécies de plâncton principalmente de alto-mar (Apstein, 1894, 1900, 1909; Beneden, 1897; Borgert, 1894, 1905, 1907, 1909, 1910, 1911, 1913, 1922; Brandt, 1906, 1907; Brady, 1883; Burfield, 1930; Chun, 1897, 1898; F. Dahl, 1894; M. Dahl, 1912; Dreyer, 1913; Häcker, 1898; Haeckel, 1887, 1888; Hansen, 1895; Hentschel, 1933; Immermann, 1904; Käsler, 1938; Klevenhusen, 1933; Leloup e *et. al.*, 1935; Lohmann, 1896, 1904; Lohmann e Hentschel, 1939; Maas, 1893; Mortensen, 1898; Ortmann, 1893; Pelsener, 1887, 1888, Peters, *et. al.*, 1934; Pfeffer, 1912; Popofsky,

1926; Ramner, 1933; Reibisch, 1895; Rhumbler, 1909; Ritter-Záhony, 1911; Schmidt, 1908; Schutt, 1895; Seeliger, 1895; Smith, 1888; Stebbing, 1888; Steuer *et. al.*, 1937; Thiel, 1935; Traustedt, 1893; Vanhöffen, 1892; Vávra, 1906; Vosseler, 1901; Zelinka, 1907). O plâncton de algumas águas costeiras como o da Baía de Rio de Janeiro e o de Salvador, por serem portos de abastecimento, e o da desembocadura do Rio Amazonas, o Rio-Mar, foram também mais estudados pelas grandes expedições estrangeiras (p. ex. Calif e Grice, 1967; Dahl, 1894; Garstang e Georgeson, 1935; Farran, 1929; Hulburt e Corwin, 1969; Wilson, 1950).

Fritz Müller (Müller, 1915), João de Paiva Carvalho (1945, 1950, 1952), Lejeune de Oliveira, (1945, a e b, 1947, 1950) e Dom Carlos Müller-Melchers (1955, 1957) estão entre os pioneiros a se dedicarem à pesquisa de plâncton no Brasil, tendo identificado espécies e caracterizado grupos de espécies, o primeiro em águas ao largo de Santa Catarina, o segundo em águas costeiras e salobras ao largo do Paraná e de São Paulo e o terceiro em águas do Rio de Janeiro. Müller-Melchers iniciou o estudo do fitoplâncton no Brasil e deixou discípulos que continuam seus trabalhos até hoje.

Fundados o Instituto Oceanográfico em São Paulo sob a direção de W. Besnard, o Instituto de Pesquisas da Marinha no Rio de Janeiro sob a orientação do Com. Moreira da Silva, e o Laboratório de Ciências Marinhas no Recife sob a direção de Ottmann, os estudos de plâncton tornaram-se mais sistematizados, tomando um aspecto ecológico já que as amostras acompanhadas de dados físicos e químicos da água do mar, permitiam correlacionar a ocorrência da espécie com a meio ambiente em que era encontrada. O trabalho passou a ser em equipe de pessoal treinado em diferentes ramos de

pesquisa. É nesta fase que se fez sentir a influência de Vannucci (1957; 1958; 1961; 1962 a, b; 1963 a-b) no estudo do zooplâncton brasileiro. As diferentes massas d'água ao largo do Brasil foram então caracterizadas por meio de espécies e de grupos de espécies que nelas vivem, determinou-se em geral a distribuição horizontal do plâncton, e em parte com amostras doadas por navios oceanográficos estrangeiros iniciou-se o estudo do plâncton de profundidade. Atualmente existem institutos e laboratórios de estudos do mar desde o Rio Grande do Sul até o Norte do Brasil, mas, são principalmente voltados para a investigação de espécies do nécton e do bêntos de interesse comercial.

Em algumas regiões como a de Santos, de Cananéia no Estado de São Paulo, no Canal de Santa Cruz e em Recife no Estado de Pernambuco, em certas regiões da Baía de Todos os Santos (Estado da Bahia) e da Baía do Rio de Janeiro e de Cabo Frio (Estado da Guanabara) iniciou-se o estudo das variações anuais do aplancton com coletas mensais ou sazonais. Este tipo de trabalho é impossível de ser feito baseado em amostras esporádicas coletadas durante as grandes expedições. Destas regiões, a de Cananéia foi a melhor estudada do ponto de vista ecológico em investigações hidrográficas, meteorológicas combinadas com pesquisas de produtividade, complementadas com determinação de ciclos, de cadeias alimentares, etc. feitos pelos pesquisadores e estagiários do Instituto Oceanográfico (Univ. S. Paulo) (Carvalho, 1950; Carvalho e Ramos, 1943; Kato, 1966 a - d; Kutner, 1972; López, 1966; Machado, 1950, 1952; Montes, 1953; Occhipinti, 1959; Occhipinti *et. al.*, 1961; Prado, 1968, 1972, 1974; Santos, 1967; Sadowsky, 1958; Teixeira, 1969; Teixeira e Kutner, 1961, 1963; Teixeira *et. al.*, 1965; Teixeira *et. al.*, 1967, 1969; Tundisi, 1972; Tundisi e Tundisi, 1968; Watanabe e Kutner, 1965; e outros). Recife e Canal de Santa Cruz são as regiões seguintes melhor estudadas do ponto de vista ecológico-planctônico (Eskinazi, 1967; Eskinazi-Leça, 1970, 1974; Eskinazi-Leça, *et. al.*, 1972; Eskinazi e Sato, 1966; Macedo, 1974; Macedo *et. al.*, 1973; Okuda *et. al.*, 1960, 1961; Okuda e Nobrega, 1960; Paranaguá, 1966 a, b, 1970; Sato *et. al.*, 1966; Ottman e Ottman, 1959; Passavante, no prelo).

Os grupos planctônicos mais estudados quanto à sua distribuição em águas brasileiras são as diatomáceas (Carvalho, 1950; Müller-Melchers, 1955, 1957; Andrade e Teixeira, 1957; Teixeira e Kutner, 1961; Moreira Filho, 1961; Eskinazi, 1967; Kutner, 1972; Eskinazi-Leça, 1970, 1974; Corte-Real e Aguiar, 1971; Macedo e Valentin, 1974, entre outros); os Chaetognatha (Vannucci e Hosoe, 1952; Prado, 1961 a, b, 1968; Costa, 1970; Santos, 1970,

e outros); Copepoda (Carvalho, 1945, 1952; Oliveira, 1945 a e b, 1947; Jakobi, 1953; Gaudy, 1963; Björnberg, 1963, 1972; Santos, 1970; Tundisi, 1972); Medusas (Vannucci, 1957, 1958; Vannucci e Moreira, 1966; Paranaguá, 1966 b; Moreira, 1961; Moreira e Yamashita, 1972); Apendiculárias (Björnberg e Forneris, 1955, 1956, 1958; Forneris, 1957, 1965; Tundisi, 1970). As *Convoluta* brasileiras (Turbellaria, Acoela) também foram bem pesquisadas (Marcus, 1949; E. B. R. Marcus, 1955).

Atualmente continuam os levantamentos de plâncton em diferentes pontos das águas brasileiras (Barth, 1973; Meneghetti, 1973 a, b; Monteiro *et. al.*, 1975; Navas Pereira, 1974; Prado, 1974; Valentin *et. al.*, 1975). Em regiões onde o plâncton foi mais estudado, começou-se a pesquisa de seu comportamento e das causas que o determinam (Barth, 1963 a, b; Tundisi e Tundisi, 1968; Phonlor, 1968). Assim no Departamento de Zoologia (Instituto de Biociências - U. S. P.), graças a amostras coletadas por M. G. B. S. Moreira (1973) vem sendo estudada a migração vertical de vários planctontes em águas ao largo de Santos. No Departamento de Fisiologia Animal do mesmo Instituto e no Instituto de Biologia Marinha de São Sebastião desenvolvem-se há algum tempo estudos de fisiologia de medusas, de copépodos e de larvas de moluscos pela equipe orientada por Moreira em cooperação com Vernberg (Moreira, 1975; Vernberg e Moreira, 1974; Yamashita, 1972).

## RESUMO

Foi feito um apanhado geral sobre o estudo do plâncton marinho brasileiro em suas três etapas: a das grandes expedições, a dos pioneiros no estudo do plâncton; e a dos institutos. A literatura listada não é completa, mas, contém os principais trabalhos.

## ABSTRACT

Marine plankton in Brazilian waters was studied in three phases: that of the great expeditions; that of the pioneers in plankton research, and in the institutes. The literature presented is not complete but contains the most important work done on Brazilian plankton.

## LITERATURA

ABDALLA, J.S., L.M. BRAGA e R. BARTH - 1966 - Observações planctonológicas na costa do Brasil. *Notas Tec. Inst. Pesqu. Marinha*, Rio de Janeiro, 24: 1-18.

- ANDRADE, M.C. e Teixeira, C. — 1957 — Contribuição para o conhecimento das diatomáceas do Brasil. *Bolm. Inst. oceanogr. S. Paulo*, 8 (1-2): 171-215.
- APSTEIN, C. — 1894 — Die Thaliacea der Plankton Expedition B. Verteilung der Salpen. *Ergebn. der Plankton Exped. der Humboldt-Stift.* Bd II. E. a. B. 68 pp. Taf II-IV.
- APSTEIN, C. — 1900 — Die Alciopiden und Tomopteriden der Plankton Exped. *Ergebn. d. Plankton-Exped. d. Humboldt-Stift.* Bd II. H.b. 61 pp. taf 7 map.
- APSTEIN, C. — 1909 — Die Pyrocysteen der Plankton Exped. *Ergebn. d. Plankton Exped. d. Humboldt-Stift.* Bd. IV. M.c. 27 pp. 2 taf.
- BARTH, R. — 1960 — Observações sobre duas amostras de plâncton da Ens. Copacabana. *An. Acad. Brasil. Ciênc.*, 31 (4): 617-622.
- BARTH, R. — 1963 a — Observações micro-anatômicas sobre a locomoção de certos copépodos (Crust.). *Min. Mar. Inst. Pesqu. Marinha N. T.*, 5: 1-14.
- BARTH, R. — 1963 b — Estudo sobre o conteúdo intestinal de alguns Copepoda e Chaetognatha. *Min. Mar. Inst. Pesqu. Marinha N. T.*, 663: 18 pp.
- BARTH, R. — 1964 — Observações em indicadores biológicos na corrente do Brasil. *An. Acad. Brasil. Ciênc.*, 36 (2): 217-225.
- BARTH, R. — 1966 — Estudos planctonológicos em material da operação Tridente III. *Notas Tecn. Inst. Pesqu. Marinha*, Rio de Janeiro, 29: 1-27.
- BARTH, R. — 1967 — Indicateurs biologiques dans le littoral du Brésil. *Cr. Seances Soc. Biol.*, (Paris), 161 (2): 489-492.
- BARTH, R. — 1968 — Estudos planctonológicos entre Cabo Frio e Mar del Plata. *Publ. Inst. Pesqu. Mar. Rio de Janeiro*. 26: 1-14.
- BARTH, R. — 1969 a — Observações sobre nectoplanctones na costa norte do Brasil. *Publ. n° 036. Inst. Pesqu. Marinha*. 16 pp. 8 graf. + 2 mapas.
- BARTH, R. — 1969 b — Estudo planctonológico em uma estação de fundeio fora da Barra da Baía de Guanabara. *Publ. 34. Inst. Pesqu. Marinha*. 9 pp. 9 graf. 3 tab.
- BARTH, R. — 1970 — Caracterização biológica de diferentes corpos d'água em uma estação de fundeio. *Publ. 048 do Inst. Pesqu. Marinha*. 9 pp., 5 figs.
- BARTH, R. — 1972 a — Interrelação entre ambiente e reprodução de *Evadne tergestina* (Cladocera). *Publ. Inst. Pesqu. Marinha* 67: 8 p., 2 figs 4 graf., 3 map.
- BARTH, R. — 1972 b — Observações em navio e ultraplâncton na Baía de Guanabara. *Publ. Inst. Pesqu. Marinha n° 68*, Rio de Janeiro. 9 pp., 3 graf.
- BARTH, R. — 1973 — Observações em nanoplâncton em uma estação fundeada. *Publ. Inst. Pesqu. Marinha n° 70*. Rio de Janeiro. 7 pp., 4 gráficos.
- BARTH, R. e M.L.R.O. e CASTRO — 1964 — Sobre Sili-coflagelados como indicadores biológicos na costa sul do Brasil. *Notas Tec. Inst. Pesqu. Marinha*, Rio de Janeiro, 14: pp. 22.
- BARTH, R. e da COSTA, P.F. — 1968 — Estudos sobre os Leuciferinae na região entre Recife e Cabo Orange. *Publ. 30. Inst. Pesqu. Marinha*. 25 pp., 12 mapas; 5 graf.
- BARTH, R. e HAUILLA, G. — 1968 — Estudos volumétricos em plâncton capturado na costa brasileira entre Recife e Cabo Orange. *Publ. 28. Inst. Pesqu. Marinha*. 23 p., 9 perfís, 1 graf., 12 mapas.
- BARTH, R., RIBAS, L.B., e OSORIO e CASTRO, M.L. — 1965 — Estudos na zona terminal na Corrente do Brasil. *Not. Tecn. Inst. Pesqu. Marinha*, Rio de Janeiro, 23: 1-13.
- BENEDEN, E. V. — 1897 — Les Anthozoaires de la Plankton Exped. *Ergebn. d. Plankton Exped. d. Humboldt-Stift.* Vol. II — K.e. 222 pp., 17 Taf.
- BJORNBERG, T.K.S. — 1959 — On Enteropneusta from Brasil. *Bolm. Inst. Oceanogr.* 10 (1): 104 pp.
- BJORNBERG, T.K.S. — 1963 — On the marine free-living copepods off Brasil. *Bolm. Inst. Oceanogr. São Paulo*, 13 (1): 3-142.
- BJORNBERG, T.K.S. — 1972 — Developmental stages of some tropical and subtropical planktonic copepods. *Stud. Faun. Curaçao and Caribb. Is.*, 40 (136): 185 pp.
- BJORNBERG, T.K.S. & FORNERIS, L. — 1955 — Result. cient. do Cruzeiro do "Baependi" e do "Vega" à Ilha de Trindade. *Copelata 1. Contr. Av. Inst. Oceanogr. São Paulo*. 1: 1-68.
- BJORNBERG, T.K.S. & FORNERIS, L. — 1956 — On the uneven distribution of the Copelata of the Alcatrazes area — *Bolm. Inst. Oceanogr.*, 7 (1/2): 113-115.
- BJORNBERG, T.K.S. & FORNERIS, L. — 1958 — Resultados científicos de los Cruceiros del "Baependi" y del "Vega" a la Isla Trindade. *Copelata II. Neotropica*, 4 (15): 81-85.
- BOLTOVSKOY, E. — 1961 — Línea de convergencia sub-antártica en el Atlántico Sur y su determinación usando los indicadores biológicos — Foraminíferos. *Argentinas Serv. Hidr. Nav.* H. 1018.
- BORGERT, A. — 1894 — Die Trypileen Radiolarien der Plankton Exped. C. Verteilung der Doliolen. *Ergebn. d. Plankton Exped. Bd II E.a.C.* 68 pp., Taf. V-VIII.
- BORGERT, A. — 1905 — Die Tripyleen Radiolarien d. Plankton Exped. — Tuscaroridae. *Ergebn. d. Plankton Exped. Bd III, L.h. 2.* — pp. 95-112, Taf. IX (1).
- BORGERT, A. — 1905 — Atlanticellidae. *Ergebn. d. Plankton Exped. Bd. III L.h. 4* pp. 133-192, Taf. IX-XIV.
- BORGERT, A. — 1907 — Concharidae. *Ergebn. d. Plankton Exped. Bd. III, L.h. 5* pp. 195-230, Taf. XV-XVII.
- BORGERT, A. — 1909 — Phaeodinidae, Caementellidae und Cannorrhaphidae. *Ergebn. d. Plankton Exped. Bd. III, L.H. 7* — pp. 283-315, Taf. XXII-XXIII.
- BORGERT, A. — 1909 — Circoporidae. *Ergebn. d. Plankton Exped. Bd. III, L.h. 8* — pp. 319-350, Taf. 24-26.
- BORGERT, A. — 1909 — Cannosphaeridae. *Ergebn. d. Plankton Exped. Bd. III, L.h. 9* — pp. 355-379, Taf. 27-28.
- BORGERT, A. — 1910 — Porpspathidae und Cadiidae. *Ergebn. d. Plankton Exped. Bd. III — L.h. 10*, pp. 383-413, Taf. 29-30.
- BORGERT, A. — 1911 — Chaelengeridae. *Ergebn. d. Plankton Exped. Bd. III, L.h. 11*, pp. 419-536, Taf. 31-35.
- BORGERT, A. — 1913 — Atlanticellidae. *Ergebn. d. Plankton Exped. Bd. III, L.h. 12*, pp. 539-610, Taf. 36-43.
- BORGERT, A. — 1922 — Die Tripyleen Radiolarien d. Plankton Exped. —II. Allgemeiner Teil. Bau und Fortpflanzung der Tripyleen. *Bd. III — L.h. II.* — pp. 1-200, 11 taf.
- BRADY, G. S. — 1883 — Report on the Copepoda collected by the H.M.S. Challenger during the years 1873-76. *Rep Challenger Exped. Zool.* 8, 23: 142 pps, 55 pr.
- BRANDT, K. — 1906 — Die Tintinnodeen der Plankton Exped. *Ergebn. d. Plankton Exped. d. Humboldt*

- Stift. Bd. III - L.a. 33 pp., 70 taf.
- BRANDT, K. - 1907 - Die Tintinnodeen der Plankton Exped. Systematischer Theil. Ergebn. d. Plankton Exped. d. Humboldt Stift. Bd. III L.a., 488 pp.
- BRATTEGARD, T. - 1969 - Marine Biological investigation in the Bahamas. 10. Mysidacea from shallow waters in the Bahamas and Southern Florida. 1. *Sarsia*, 39: 17-106.
- BRUM, I. N. da SILVA - 1966 - *Oxyurostylis salinoi* sp. n. do litoral brasileiro (Crustacea, Cumacea). *Rev. Bras. Biol.*, 26 (1): 59-67.
- BRUM, I. N. da SILVA - 1970 - Ocorrência de *Leptocuma* Kinbergii G.O. Sars 1873, no litoral brasileiro (Crustacea, Cumacea). *Rev. Bras. Biol.*, 30 (1): 87-90.
- BURFIELD, S. T. - 1930 - Chaetognatha. *Brit. Ant. (Terra Nova) Exped. 1910 - Nat. Hist. Rep. Zool.* 7 (4): 203-228.
- CALEF, G.W. and G.D. GRICE - 1967 - Influence of the Amazon River outflow on the Ecology of the western Tropical Atlantic II. Zooplankton abundance, copepod distribution, with remarks on the fauna of low-salinity areas. *J. Mar. Res.*, 25 (1): 84-94.
- CARVALHO, J. P. - 1945 - Copépodos de Caiobá e Baía de Guaratuba. *Arqu. Mus. Paranaense*, 4: 83-116.
- CARVALHO, J.P. - 1950 - O plâncton do rio Maria Rodrigues (Cananéia). I. Diatomáceas e Dinoflagelados. *Bolm. Inst. Paul. Oceanogr.*, 1 (1): 27-44.
- CARVALHO, J.P. - 1952 - Sobre uma coleção de Copépodos, não parasíticos da baía de Santos e suas adjacências. *Bolm. Inst. Oceanogr. S. Paulo*, 3 (1/2): 131-187.
- CARVALHO, J.P. - 1955 - Sobre a ocorrência de *Prorocentrum signoides* Bohm no plâncton do canal de Santos. *Duseña*, 4 (1).
- CARVALHO, J.P. e RAMOS, A.F. - 1943 - Contribuição para o conhecimento da fauna do Rio Ribeira de Iguape. *Bolm. Industr. Anim.*, (142): 16-37.
- CHUN, C. - 1897 - Die Siphonophoren der Plankton Exped. Ergebn. d. Plankton Exped. d. Humboldt Stift. Bd. II K.b. 126 pp., 8 taf.
- CHUN, C. - 1898 - Die Ctenophoren der Plankton Exped. Ergebn. d. Plankton Exped. d. Humboldt Stift. Bd. II K.a. 30 pp., 3 taf.
- CIECHOMSKI, J. D. de - 1970 - Distribucion y abundancia de huevos de anchoita en el plancton frente a la Argentina, Uruguay y Sur de Brasil: Resultados de diez campanas oceanográficas, agosto 1968 - agosto 1969. *Proyecto Desarrollo Pesq. Ser. Inf. Tecn. Publ.* 25: 1-10.
- CORTE-REAL, M. & L.W. AGUIAR - 1971 - Diatomáceas da Ilha de Santa Catarina e regiões vizinhas: I: Baía Norte e Palhoça. *Iheringia, Bot.*, 15: 53-73.
- COSTA, H. R. - 1964 - Notas sobre os Mysidacea da costa brasileira. *Bolm. Mus. Nac. Rio de Janeiro*, n. s. Zool., (247): 1-9.
- COSTA, P. F. da - 1970 - Nota preliminar sobre a ocorrência de *Sagitta friderici* e *S. enflata* (Chaetognatha) na baía de Guanabara. *Publ. n° 047. Inst. Pesqu. Marinha* 9 pp., 5 figs.
- DAHL, F. - 1894 - Copepodén des unteren Amazonas. *Ber. Naturf. Ges. Freiburg*, 8: 10-23.
- DAHL, M. - 1912 - Die Copepoden der Plankton Exped. Ergebn. d. Plankton. Exped. d. Humboldt Stift I. Die Corycaeinien. Bd. II. G. t. 134 pp., 16 taf.
- DREYER, F. - 1913 - Die Polycystinen der Plankton Exped. (Radiolaria). *Ergebn. d. Plankton Exped. d. Humboldt Stift. Bd. III - L.d.e.* 160 pp., 16 pr.
- ESKINAZI, E. - 1967 - Estudo da Barra das Jangadas. VI. Distribuição das diatomáceas. *Trab. Inst. Oceanogr. Univ. Fed., Pernambuco* 718: 17-32.
- ESKINAZI-LEÇA, E. - 1970a - Estudo da plataforma continental na área do Recife (Brasil) III. Diatomáceas do fitoplâncton. *Trab. Oceanogr. Univ. Fed. Pernambuco* 9/11: 159-172.
- ESKINAZI-LEÇA, E. - 1970b - Shelf off Alagoas and Sergipe (Northeastern Brazil) 3. Diatoms from the São Francisco river mouth. *Trab. Oceanogr. Univ. Fed. Pernambuco* 9/11: 181-192.
- ESKINAZI-LEÇA, E. - 1974 - Composição e distribuição do Microfitoplâncton na região do Canal de Santa Cruz (Pernambuco, Brasil). Tese de Livre-docência apresentada ao Inst. de Biociências da UFPE. - 129 pp.
- ESKINAZI-LEÇA e PASSAVANTE, J.Z.O. - 1972 - Estudo da plataforma continental na área do Recife (Brasil). IV. Aspectos quantitativos do fitoplâncton. *Trab. Oceanogr. Univ. Fed. Pernambuco* 13: 83-106.
- ESKINAZI, E. e SATO, S. - 1966 - Contribuição ao estudo das diatomáceas da praia da Piedade. *Trab. Inst. Oceanogr. Univ. Fed. Pernambuco* 5/6: 73-114.
- ESKINAZI-LEÇA, E. e VASCONCELOS FILHO, A.L. - 1972 - Diatomáceas no conteúdo estomacal de *Mugil* spp. (Pisces - Mugilidae). *Trab. Oceanogr. Univ. Fed. Pernambuco* 13: 107-118.
- FARRAN, G. P. - 1929 - Crustacea X. Copepoda. *British Antarctic (Terra Nova) Exped. 1910. Nat. Hist. Rep.*, 8 (3): 203-306.
- FERRANDO, H. J., - 1957 - Hipotesis sobre productividad en el area bioceanográfica correspondiente a los litorales marítimos de Argentina, Uruguay y sur del Brasil. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. S. Paulo*, 8 (1/2): 225-237.
- FORNERIS, L. - 1957 - The Geographical Distribution of the Copelata. *An. Acad. Bras. Ciênc.*, 29 (2): 273-284.
- FORNERIS, L. - 1965 - Appendicularian species groups and southern Brazil water masses. *Bolm. Inst. Oceanogr. S. Paulo*, 14: 53-114.
- GARSTANG W. e GEORGESON, E. - 1935 - Report on the Tunicata. Part II. Copelata. *Nat. Hist. Rep. Brit. Antarctic ("Terra Nova") Exped. Zool.* 4 (8): 263-282.
- GAUDY, R. - 1963 - Campagne du navire océanographique "Calypso" dans les eaux cotières du Brésil (Janvier - Février, 1962). Copépodes pelagiques. *Rec. Trav. St. Mar. Endoume, Bull.* 30 (45): 15-42.
- HAECKEL, E. - 1887 - Rep. on the Radiolaria collected by H.M.S. Challenger dur. the years 1873-76. 1. Porulosa (Spumellaria & Acantharia). 2. Osculosa (Nassellaria & Phaeodaria). *Atlas 18: CLXXXVIII + 1803 pp., 140 pr. + 1 map.*
- HAECKEL, E. - 1888 - Rep. on the Siphonophorae collected by the H.M.S. Challenger during the years 1873-76. vol. 28: viii + 379 pp., 50 pr.
- HÄCKER, V. - 1898 - Die Pelagischen Polychaeten - und Achaetenlarven der Plankton. *Exped. Ergebn. d. Plankton Exped. d. Humboldt Stift. Bd. II. H. d.* 50 pp.
- HANSEN, H. J. - 1895 - Isopoda, Cumaceen u. Stomatopoden der Plankton Exped. *Ergebn. d. Plankton Exped. d. Humboldt. Stift. Bd. II G.c.* 105 pp + 8 taf.
- HANSEN, H. J. - 1899 - Die Cladoceren und Cirripeden



- der Plankton Expedition Ergebn. d. Plankton Exped. d. Humboldt-Stift. Bd. II G 2 Keil u. Leipzig 58 pp.
- HENSEN, V., - 1911 - Das Leben im Ozean nach Zuhlungen seiner Bewohner. Uebersicht u. Resultate der quantitativen Untersuchungen von Prof. Dr. Hensen. Ergebn. der Plankton-Expedition der Humboldt Stiftung. Bd. V. O. pp. V + 406; 77 text figs.
- HENTSCHEL, E., 1929 - Grundzuge der Planktonverteilung im Sudatlantik. Int. Rev. d. ges. Hydrobiol. u. Hydrographie 21.
- HENTSCHEL, E., - 1933 - Das Pelagial der Obersten Wasserschicht. Wiss. Ergb. Deutschen Atl. Exp. "Meteor" 1925-1927, 11, (1): 168 pp.
- HENTSCHEL, E., - 1936 - Allgemeine Biologie des Sudatlantischen Ozeans. Wiss. Ergbn. der Deutschen Atlant. Exped. "Meteor", 11: 344 pp.
- HENTSCHEL, E., - 1936 - Die Biologischen Methoden und das Biologische Beobachtungsmaterial der "Meteor" Expedition. Wiss. Erg. Deutschen Atlant. Exp. "Meteor" 1925-27, 10: 274 pp.
- HENTSCHEL, E., - 1941 - Das Netzplankton des Sudatlantischen Ozeans. Eine Zusammenfassung von E. Hentschel. Wiss. Ergbn. Deutschen Atlantische Exped. "Meteor", 13 Bd. 4 fig.
- HULBERT, E. M. e CORWIN, N. - 1969 - Influence of the Amazon river outflow on the ecology of the western tropical Atlantic. III. The planktonic flora between the Amazon river and the Windward Island. *J. mar. Res.*, 27 (1): 55-72.
- IMMERMANN, F. - 1904 - Die Tripyleen - Faunilie der Aulacanthiden. Ergebn. d. Plankton Exped. d. Humboldt Stift. Bd. III L.h. 1-92 PP., 8 taf.
- JAKOBI, H. - 1953 - Sobre a distribuição da salinidade e do pH na Baía de Guaratuba. *Arq. Mus. Paranaense*, 9: 3-35.
- Japão - 1958 - Relatório das Pesquisas de Campo de Pesca das Américas Central e Sul, efetuadas pelo "Toko-Maru", outubro de 1956 - julho de 1957. (Em japonês). Ed. Departamento Nacional de Pesca (Japão) - 1958, 228 pp.
- KANAEVA, I. P. - 1960 - The distribution of plankton along the 30° W meridian in the Atlantic. Soviet Fisheries Investigation in North European Seas. Moscou. (em russo).
- KASLER, R. - 1938 - Die Verbreitung der Dinophysiales im Sudatlantischen Ozean. Wiss. Erg. Deutschen Atlant. Exped. "Meteor" 1925-1927, 12 (2).
- KATO, K. - 1966a - Chemical investigations on the hydrographical system of Cananéia Lagoon. *Bolm. Inst. Oceanogr. S. Paulo*, 15 (1): 1-12.
- KATO, K. - 1966b - Geochemical studies on the mangrove region of Cananéia, Brazil. I. Tidal variations of water properties. *Bolm. Inst. Oceanogr. S. Paulo*, 15 (1): 13-20.
- KATO, K. - 1966c - Geochemical studies on the mangrove region of Cananéia, Brazil. II. Physico-chemical observations on the reduction states. *Bolm. Inst. Oceanogr. S. Paulo*, 15 (1): 21-24.
- KATO, K. - 1966d - Studies on the Calcium content in sea water. III. Calcium in the waters of Cananéia lagoon and its adjacent regions. State of S. Paulo, Brazil. *Bolm. Inst. Oceanogr. S. Paulo*, 15 (1): 41-45.
- KLEVENHUNSEN, W. - 1933 - Die Bevölkerung des Südatlantischen Ozeans mit Corycaen. *Wiss. Ergebn. Deutsche Atlant. Exped. Meteor*, 12: 60-110.
- KUTNER, M.B.B. - 1972 - Variação estacional e distribuição do fitoplâncton na região de Cananéia. Tese de doutoramento apresentada ao Dep. de Botânica. Inst. Biociências, U.S.P. 104 pp.
- LELOUP, E., E. HENTSCHEL, M. E. THIEL, A. STEUER & R. KASLER - 1938 - Biologische Sonderuntersuchungen. Calyophore Syphonophoren, Hydro-medusen, Copepoden-Gattungen (Sapphirina, Copilia, Miracia, Pleuromamma, Rhincalanus U. Cephalophanes), Dinophysiales. *Wiss. Ergbn Dtsch. Atlant. Exped. "Meteor" 12 (2): 236 pp.*
- LOHMANN, H. - 1896 - Die Appendicularien der Plankton-Expedition. *Ergeb. Plankton-Exped.*, Bd. 2 E.c., p. 1-148, 20 taf., 30 Kart., 1 Diagr.
- LOHMANN, H. - 1904 - Eier u. Sogenannte Cysten der Plankton Exped. Anhang Cyphonautes. *Ergebn. d. Plankton Exped. d. Humboldt-Stift. Bd. IV N. 61 pp.*, 7 taf.
- LOHMANN, H. & E. HENTSCHEL, - 1939 - Die Thaliaceen der Meteor Expedition. Die Appendicularien im Sudatlantischen Ozean. *Wiss. Erg. D. Atl. Exp. "Meteor" 13 (2/3): 110 pp.*
- LÓPEZ, M. T. - 1966 - Biologia de *Lucifer faxoni* Borradaile 1915, en Cananéia, Brazil (Crustacea, Decapoda, Luciferiidae). *Bolm. nst. Oceanogr. S. Paulo*, 15 (1): 47-54.
- MAAS, O. - 1893 - Die craspedoten Medusen, *Ergebn. d. Plankton Exped. d. Humboldt Stift. Bd. II. K.c.* 107 pp 6 taf. & 2 map.
- MACEDO, S. J. - 1974 - Fisiocologia de alguns estuários do Canal de Santa Cruz Itamaracá, Pe. Tese de mestrado apresentada ao Dep. de Fisiologia, Inst. Biociências, U.S.P. 121 p.
- MACEDO, S. J., IDRA, M.E.F. e SILVA, J. E. - 1973 - Condições hidrológicas do Canal de Santa Cruz, Itamaracá, Pe. *Bolm. Rec. Nat. SUDENE*, 11 (1/2): 55-60.
- MACEDO, F. E. e J. VALENTIN - 1974 - O Plâncton na ressurgência de Cabo Frio (Brasil) III. Primeiras observações sobre o microfitoplâncton (período de 04/02 a 16/04/73). *Publ. do Inst. Pesqu. Marinha nº 084: 10 pp + 3 figs.*
- MACHADO, L. B. - 1950 - Pesquisas Físicas e químicas do sistema hidrográfico da região lagunar de Cananéia. I. Cursos de água. *Bol. Inst. Paulista Oceanogr.* 1 (1): 45-68.
- MACHADO, L. B. - 1952 - Pesquisas físicas e químicas do sistema hidrográfico da região lagunar de Cananéia. II. Águas de junção. Estudos iniciais das águas comuns da região da I. da Casca. Nota preliminar sobre as águas, na junção do canal de Ararapira e Baía de Trepandé. *Bol. Inst. Oceanogr. U.S.P.*, 3 (1, 2): 55-76.
- MARCUS, E. - 1949 - Turbellaria brasileiros. *Zoologia 14. Bolm. Fac. Fil. cienc. Let. - U.S.P. - S. Paulo: 7-156.*
- MARCUS, E. B. R. - 1955 - On Tubellaria and *Polygordius* from the Brazilian coast. *Zoologia 20. Bolm. Fac. Fil. cienc. Let., U.S.P., S. Paulo 20: 19-53.*
- MARTI, YU-YU & G. V. MARTINSEN - 1966 - Biological and commercial productivity of the Atlantic Ocean and the adjacent seas. *Okeanologiya*, 6 (2): 326-339. (em russo).
- MENEGHETTI, J. O. - 1973a - Zooplankton from Southern Brazil: 2. Its Composition, distribution and density in space and time. *Iheringia, Ser. Zool.*, 43: 100-125.

- MENEGHETTI, J. O. - 1973b - 1. Quantitative aspects. *Iheringia*, Ser. Zool., 43: 60-74.
- MÖLLER, A. - 1915 - Fritz Müller - Werke, Briefe und Leben. Verlag Gustav Fischer, Jena 1510 pg + Atlas 85 pr.
- MONTEIRO, W. M.; MUREB, M. A. e VALENTIN, J. - 1975 - O plâncton da ressurgência de Cabo Frio (Brasil) IV. Zooplâncton, primeiras considerações sobre a composição e abundância dos principais grupos. Publ. Inst. Pesqu. Mar. 85: 10 p.
- MONTES, M.L.A.H. de - 1953 - Notas sobre a alimentação de alevinos de Sardinha verdadeira *Sardinella aurita* Cuv. e Val. *Bolm. Inst. Oceanogr. S. Paulo*, 4 (1/2): 161-180.
- MOREIRA FILHO, H. - 1960 - Diatomáceas do tracto digestivo da *Tegula viridula* Gmelin. *Bolm. Univ. Paraná*, Botânica, 1.
- MOREIRA FILHO, H. - 1961 - Diatomáceas da baía de Guaratuba (Paraná-Brasil). *Bolm. Univ. Paraná*, Bot., 3: 1-35.
- MOREIRA FILHO, H. e KUTNER, M.B.B. - 1962 - Contribuição ao estudo das diatomáceas do manguesal de Alexandra. *Bolm. Univ. Fed. Paraná*, Bot., 4: 1-24.
- MOREIRA FILHO, H. MARUAO, Y e MOREIRA, Im. M. V. - 1967 - Diatomáceas da enseada de Porto Belo (Estado de Santa Catarina, Brasil). *Bolm. Univ. Fed. Paraná*, Bot., 19: 1-13.
- MOREIRA, M. G. SOARES - 1961 - Sobre *Mastigias scintillae* sp. nov. (Scyphomedusae Rhisostomeae) das costas do Brasil. *Bolm. Inst. Oceanogr. S. Paulo*, 11 (2): 1-29.
- MOREIRA, M. G. SOARES - 1973 - On the diurnal vertical migration of hydromedusae off Santos, Brazil. in Recent Trends in Research in Coelenterate Biology ed. T. Tokioka and S. Nishimura. Nippon Printing & Publish. Co., Osaka. pp. 537-566.
- MOREIRA, M. G. SOARES - 1975 - Studies on the salinity resistance of the copepod *Euterpina acutifrons* (Dana) in Physiological ecology of Estuarine Organisms ed. F. J. Vernberg, The Belle W. Baruch library in Marine Science, nº 3, pp. 73-79.
- MOREIRA, G. S. e C. YAMASHITA - 1972 - Aglauropsis kawari (Limnomedusae: Olindiasidae) a n. sp. from the South Atlantic Ocean. *Mar. Biol. (Berl.)*, 14 (3): 271-274.
- MORTENSEN, Th. - 1898 - Die Echinodermen-larven der Plankton Exped. Ergebn. d. Plankton Exped. d. Humboldt Stift. Bd. II J. 120 pp. 10 Taf.
- MÜLLER-MELCHERS, F. C. - 1955 - Las diatomeas del plancton marino de las costas de Brasil. *Bolm. Inst. Oceanogr. S. Paulo*, 6 (1/2): 93-138.
- MÜLLER-MELCHERS, F. C. - 1957 - Plankton diatoms of the "Toko Maru" voyage (Brazil coast). *Bolm. Inst. Oceanogr. S. Paulo*, 8 (1/2): 111-138.
- NAVAS-PEREIRA, D. - 1974 - Estudo das hidromedusas (Cnidaria, Hydrozoa) na região da plataforma continental do Rio Grande do Sul. Tese de doutoramento apresentada ao Dep. de Zoologia, U.S.P. 75 pp. + 4 tabs e 34 figs.
- OCCHIPINTI, G. A. - 1959 - Radiação solar global e insolação em Cananéia. Contr. Inst. Oceanogr. S. Paulo ser. Oceanogr. Fis. 1 + 40 pp.
- OCCHIPINTI, G. A., MAGLIOCCA, A. e TEIXEIRA, C. - 1961 - Diurnal variation of phytoplankton production and solar radiation in coastal waters off Cananéia. *Bolm. Inst. oceanogr. S. Paulo*, 11 (3): 17-39.
- OKUDA, T. - 1960 - Chemical oceanography in the South Atlantic Ocean, adjacent to the North-eastern Brazil. *Trab. Inst. Biol. Mar. e Ocean. Univ. Recife* 2 (1): 155-174.
- OKUDA, T. - 1962 - Physical and Chemical Oceanography over Continental shelf between Cabo Frio and Vitória (Central Brazil) p. 514. *J. Ocean. Soc. Japan*, 20th. Aniversary vol.
- OKUDA, T., L. CAVALCANTI, & M. P. BORBA - 1960 - Estudo da Barra das Jangadas. III. Variação de Nitrogênio e fosfato durante o ano. *Trab. Inst. Biol. Mar. e Ocean. Univ. Recife*, 2 (1): 207-218.
- OKUDA, T. & R. NÓBREGA - 1960 - Estudo da Barra das Jangadas. Parte I. Distribuição e movimento da clorinidade - quantidade da corrente. *Trabalho IBMO - U. Recife* 2 (1): 175-191.
- OKUDA, T., CAVALCANTI, L. e BORBA, M. P. - 1961 - Estudo da Barra das Jangadas. II. Variação do pH, oxigênio dissolvido e consumo de permanganato. *Trab. Inst. Biol. Mar. Oceanogr. Univ. Recife*, 2: 139-205.
- OLIVEIRA, L.P.H. - 1945a - Contribuição ao conhecimento dos crustáceos do Rio de Janeiro. Ordem Eucepoda. *Mem. Inst. Osw. Cruz*, 42 (2): 449-472.
- OLIVEIRA, L.P.H. - 1945b - Contribuição ao conhecimento dos crustáceos do Rio de Janeiro. (Ordem Eucepoda). *Mem. Inst. Oswaldo Cruz*, 43 (2): 191-200.
- OLIVEIRA, L.P.H. - 1947 - Estudo sobre o microplâncton capturado durante a viagem do navio hidrográfico "Lahmeyer" nas baías de Ilha Grande e Sepetiba. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz*, 44 (3): 441-488.
- OLIVEIRA, L.P.H. - 1950 - Levantamento biogeográfico da Baía de Guanabara. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz*, 48: 362-391, 2 pls., 19 figs.
- ORENSANZ, J. M. e F. C. RAMIREZ - 1973 - Taxonomia y Distribución de los Poliquetos Pelágicos del Atlantico Sudoccidental. *Bolm. Inst. Biol. Mar. Mar del Plata*, 21: 1-94, 14 tab., 16 pr.
- ORTMANN, A. - 1893 - Decapoden und Schizopoden. *Ergebn. Plankton Exped. d. Humboldt - Stift.* 2 (G.b): 1-120.
- OTTMAN, F. & J. M. OTTMAN - 1959 - La Marée de salinité dans le Capibaribe. *Trab. Inst. Biol. Mar. e Oceanogr. Univ. Recife* 1 (1): 39-49.
- PARANAGUÁ, M. N. - 1966a - Sobre o plâncton da região compreendida entre 3° lat. S. e 13° lat. S. ao largo do Brasil. *Trab. Inst. Oceanogr. Univ. Recife* 5/6: 125-139.
- PARANAGUÁ, M. N. - 1966b - Sobre uma nova ocorrência de *Blackfordia virginica* Mayer 1910 e *Ostrumovia inkermanica* Hadzi (1928) (Hydromedusae). *Trab. Inst. Oceanogr. Univ. Recife* 5/6: 141-145.
- PARANAGUÁ, M. N. - 1970 - Primeiros resultados sobre o desenvolvimento larvar de *Mytella falcata* (d'Orbigny 1846) (Mollusca, Pelecypoda). *Trab. Inst. Oceanogr. Unid. Fed. Pernambuco* 9/11 (1967-1969): 275-284.
- PARANAGUÁ, M. N. - 1972 - Distribuição, ecologia e desenvolvimento de *Mytella falcata* (d'Orbigny, 1846) nos Estados do Rio de Janeiro e Guanabara. Tese de doutoramento. Dep. de Zoologia, Inst. Biociências. Univ. de S. Paulo. 65 p. + 13 figs.
- PASSAVANTE, J.Z.O. - (no prelo) Estudo preliminar dos dinoflagelados, ocorrentes na plataforma continental de Pernambuco. *Trab. Oceanogr. Univ. Fed. Pernambuco*. 14.
- PELSENEER, P. - 1887 - Rep. on the Pteropoda

- collected by H.M.S. Challenger during the years 1873-76. Part 1 Gymnosomata. Vol. 19, 74 pp + 3 pr.
- PELSENEER, P. - 1888a - Rep. on the Pteropoda collected by H.M.S. Challenger during the years 1873-76. The Thecosomata vol. 23, parts I and II, 132 pp., 2 pr.
- PELSENEER, P. - 1888b - Rep. on the Pteropoda collected by H.M.S. Challenger during the years 1873-76. Vol. 23, part III - Anatomy, 97 pp., 5 pr.
- PEREIRA, C.A.F. DUTRA - 1969 - Recent foraminifera of southern Brazil collected by hydrographic vessel "Baependi". *Iheringia*, Zool., 37: 37-95.
- PETERS, N., L. KLEVENHUSEN, W. RANNER, K. THIENEMANN, K. GEMEINHARDT & E. HENTSCHEL - 1934 - Biologische Sonderuntersuchungen. *Wiss. Erg. Deut. Atl. Exp. "Meteor"*, 12 (1): 312 pp.
- PFEFFER, G. - 1912 - Die Cephalopoden der Plankton Exped. Ergebn. d. Plankton Exped. d. Humboldt Stift. Bd. II, F.a., 815 pp.
- PHONLOR, G. - 1968 - Salinity-temperature tolerances of some planktonic copepods. *Araucariaria*, Zool., 1: 9-25.
- POPOFSKY, A. - 1926 - Die Tripyleen Radiolarien der Plankton Exped. Coelodendridae. Ergebn. d. Plankton Exped. d. Humboldt Stift. Bd. III L.h. 13, pp 1-101, Taf. 1-6.
- PRADO, M.S.A. - 1961a - Chaetognatha encontrados em águas brasileiras. *Bolm. Inst. Oceanogr. S. Paulo*, 11 (2): 31-55.
- PRADO, M.S.A. - 1961b - Distribuição de Chaetognatha no Atlântico Sul Ocidental. *Bolm. Inst. Oceanogr. S. Paulo*, 11 (4): 15-49.
- PRADO, M.S.A. - 1963 - Sobre o plâncton da enseada do Mar Virado e os métodos de coletas. *Bolm. Inst. Oceanogr., S. Paulo*, 12: 49-68.
- PRADO, M.S.A. - 1968 - Distribution and annual occurrence of Chaetognatha off Cananã and Santos coast (S. Paulo, Brasil). *Bolm. Inst. Oceanogr. S. Paulo*, 17 (1): 33-55.
- PRADO, M.S.A. - 1972 - Mysidacea (Crustacea) da região lagunar de Cananã. Tese de doutoramento apresentada ao Dep. de Zoologia - Inst. Biociências, U.S.P. 85 pp; 68 figs.
- PRADO, M.S.A. - 1974 - Sistemática dos Mysidacea (Crustacea) na região de Cananã. *Bolm. Inst. Oceanogr., S. Paulo*, 23: 47-87.
- RAMIREZ, C. - 1973 - Eufausidos de la Campaña Oceanográfica "Walter Herwing" 1966. *Physis*, Sección A, 32 (84): 105-114.
- RAMMNER, W. - 1933 - Die Cladoceren der "Meteor" Expedition. *Wiss. Ergebn. Dt. Atlant. Exped. "Meteor"* 1925-27 Berlin ü. Leipzig 12: 111-121.
- REIBISCH, J. - 1895 - Die pelagischen Phyllocoiden und Typhlocoleciden der Plankton Exped. Ergebn. d. Plankton Exped. Bd. II, H.c., 59 pp., 8 taf.
- RHUMBLER, L. 1909 - Die Foraminiferen (Thalamophoren) der Plankton Exped. Ergebn. d. plankton Exped. Bd. III, L.c., 476 pp. 39 taf, 1 map.
- RITTER-ZÁHONY, R.v. - 1911 - Die Chatognathen der Plankton Exped. Ergebn. d. Plankton Exped. Bd. II, H.c., 48 pp., 3 taf.
- RYTHER, J. H., D. W. MENZEL and N. CORWIN - 1967 - Influence of the Amazon River outflow on the ecology of the western tropical Atlantic. I Hydrography and nutrient chemistry. *J. Mar. Res.*, 25 (1): 69-83.
- SADOWSKY, V. - 1958 - Contribuição para o conhecimento da alimentação de jamantas jovens *Manta ehrenbergii* Mueler & Henle. *Bolm. Inst. Oceanogr. S. Paulo*, 9 (1/2): 37-39.
- SANTOS, J. J. - 1970 - Plâncton da Baía de Todos os Santos com especial referência aos copépodes. São Paulo. Tese de Mestrado. Dep. Zoologia, Inst. Biociências, U.S.P. - 49 pp.
- SANTOS, N. Q. - 1967 - Principais nutrientes e alguns dados físico-químicos da região lagunar de Cananã. *Bolm. Inst. Biol. Mar. Univ. Fed. R. G. Norte*, 4: 1-14.
- SATO, S., PARANAGUÁ, M. N. e ESKINAZI, E. - 1966 - On the mechanism of the redd tide of *Trichodesmium* in Recife, Northeastern Brazil, with some considerations of the relation to the human disease, "Tamarandé fever". *Trab. Inst. Oceanogr. Univ. Recife* 5/6: 7-49.
- SCHMIDT, W. J. - 1908 - Die Tripyleen Radiolarien d. Plankton Exped. Castanellidae. *Ergebn. d. Plankton Exped.*, Bd. III - L.h. 6, 235-277 pp. Taf. XVIII-XXI.
- SCHÜTT, F. - 1895 - Die Peridineen der Plankton Exped. *Ergebn. d. Plankton Exped. d. Humboldt Stift. Bd. IV, M.a.A.*, 170 pp. 27 pr.
- SEELIGER, O. - 1895 - Die Pyrosomen der Plankton Exped. *Ergebn. d. Plankton Exped. Bd. II, E.b.*, 95 pp., XII taf.
- SEGUIN, G. - 1965 - Contribution à la connaissance du plancton des eaux côtières du Brésil (Copépodes et amphipodes exceptés) et comparaison avec celui du Sénégal. Campagne de la "Calypso" (Janvier-Février 1962). *Pélagos*, 2 (3): 5-44.
- SMITH, E. A. - 1888 - Rep. on the Heteropoda coll. by H.M.S. Challenger during the 1873-76. vol. 23: 51 pp.
- SOUTO, SARA - 1970 - Tintinnidos de la costa Brasileira colectados por el Walther Hertwig (Protozoa, Ciliata). *Physis* (B. Aires), 30 (80): 209-224.
- STEBBING, T.R.R. - 1888 - Rep. on the Amphipoda coll. by H.M.S. Challenger during the year 1873-76. XXIV + 1737p. Vol. 29 + 210 pl + 1 map.
- STEUER, A. & E. HENTSCHEL - 1973 - Biologische Sonderuntersuchungen. 2. Die Verbreitung der Copepodengattungen Sapphirina, Copilia, Miracia, Rieuromamma, Rhincalanus und Cephalophanes im Sudatlantischen Ozean. Nachtrag über die Verbreitung von Pleuromamma und Rhincalanus auf Verticalschnitten. *Wiss. Erg. Deut. Atl. Exp. "Meteor"*, 12 (2): 101-163, 85 mapas.
- TAKAHASHI, A. e R. BARTH - 1968 - Estudos de produtividade primária em nanoplâncton por C14 na Corrente do Brasil. *Publ. Inst. Pesqu. Marinha*, 10: 1-12.
- TATTERSALL, W. M. - 1923 - Crustacea. VII - Mysidacea Brit. Antarct. "Terra Nova" Exped. 1910., *Zool.* 3 (10): 273-304.
- TATTERSALL, W. M. - 1951 - A review of the Mysidacea of the United States National Museum. *Bull. U. S. natn. Mus.*, (201): 1-292.
- TAVARES, D. Q. - 1967 - Occurrence of doliolids and salps during 1958, 1959 and 1960 off the São Paulo coast. *Bolm. Inst. Oceanogr. S. Paulo*, 16: 87-97.
- TEIXEIRA, C. - 1969 - Estudos sobre algumas características do fitoplâncton da região de Cananã e seu potencial fotossintético. Tese de doutoramento. U.S.P. 82 pp.
- TEIXEIRA, C. e KUTNER, M. B. - 1961 - Contribuição

- para o conhecimento das diatomáceas da região de Cananéia. *Bolm. Inst. Oceanogr. S. Paulo*, 11 (3): 41-65.
- TEIXEIRA, C. e KUTNER, M.B.B. - 1963 - Plankton studies in a mangrove environment I. First assessment of standing stock and principal ecological factors. *Bolm. Inst. Oceanogr. S. Paulo*, 12 (3): 101-124.
- TEIXEIRA, C. TUNDISI, J. e KUTNER, M. B. - 1965 - Plankton Studies in a mangrove environment. II. The standing-stock and some ecological factors. *Bolm. Inst. Oceanogr. S. Paulo*, 14: 13-41.
- TEIXEIRA, C., TUNDISI, J. e SANTORO, Y. J. - 1967 - Plankton studies in a mangrove environment. IV. Sice fractionation of the phytoplankton. *Bolm. Inst. Oceanogr. S. Paulo*, 16: 39-42.
- TEIXEIRA, C., TUNDISI, J. e SANTORO, Y. J. - 1969 - Plankton studies in a mangrove environment. VI. Primary production, zooplankton Standing-stock and some environmental factors. *Int. Rev. Ges. Hydrobiol.*, 54 (2): 289-301.
- THIEL, M. E. - 1935 - Die Besiedlung des Südatlantischen Ozeans mit Hydromedusen. *Wiss. Ergbn. dt. atlant. Exped. "Meteor"*, 12 (2): 32-100.
- TRAUSTEDT, M.P.A. - 1893 - Die Thaliacea der Plankton Expedition. A Systematische Bearbeitung Ergebn. d. Plankton Exped. d. Humboldt Stift, Bd. II, E.a.A., 16 pp., Taf 1.
- TUNDISI, T. M. - 1970 - On the seasonal occurrence of Appendicularians in waters off the coast of São Paulo State. *Bolm. Inst. oceanogr. S. Paulo*, 19: 131-144.
- TUNDISI, T. M. - 1972 - Aspectos ecológicos do zooplâncton da região lagunar de Cananéia com especial referência aos Copepoda (Crustacea). Tese de doutoramento apresentada ao Dep. de Zoologia - U.S.P. 190 pp.
- TUNDISI, J. e TUNDISI, T. M. - 1968 - Plankton studies in mangrove environment. V. Salinity tolerances of some planktonic Crustacea. *Bolm. Inst. Oceanogr. S. Paulo*, 17 (1): 57-61.
- VALENTIM, J. - 1974 - O plâncton na ressurgência de Cabo Frio (Brasil). II. Primeiras observações sobre a estrutura física, química e biológica das águas da estação fixa (período de 04/02 a 16/04/1973). Publ. do Inst. Pesq. Marinha 083: 11 pp. + 4 figs.
- VALENTIN, J., MACEDO, F. E., MONTEIRO, W. M. e MUREB, M. A. - 1975 - O Plâncton da ressurgência de Cabo Frio (Brasil). V - Análise comparativa entre duas estações da Baía de Arraial do Cabo e uma estação fixa oceânica. Publ. Inst. Pesqu. Marinha nº 86: 9 pp.
- VANHÖFFEN, E. - 1892 - Die Akalephen der Plankton Exped. Ergebn. d. Plankton Exped. d. Humboldt Stift., Bd. II, K.d., 5 taf.
- VANNUCCI, M. - 1957 - On Brazilian Hydromedusae and their distribution in relation to different water masses. *Bolm. Inst. Oceanogr. Univ. S. Paulo*, 8 (1/2): 23-109.
- VANNUCCI, M. - 1958 - Considerações em torno das Hydromedusas da região de Fernando de Noronha. *Bolm. Inst. Oceanogr. Univ. S. Paulo*, 9: 3-12.
- VANNUCCI, M. - 1961 - Plâncton coletado durante a VI viagem do N/Oc "Almirante Saldanha". *Contrib. Avuls. Inst. Ocean. Univ. S. Paulo*, 1.
- VANNUCCI, M. - 1962a - Preliminary results of the zooplankton standing stock off the South Brazilian coast at 25° Lat. S. *Contrib. Avuls. Inst. Ocean. Univ. S. Paulo*, 3: 28 pp.
- VANNUCCI, M. - 1962b - Zooplankton standing stock off the South Brazilian coast Rapp. Proc. Verb. Const. Int. Expl. Mer, 153-225.
- VANNUCCI, M. - 1963a - On the ecology of Hydromedusae. Proc. XVI Int. Congr. Zool. Washington, D. C.
- VANNUCCI, M. - 1963b - On the ecology of Brazilian Medusae at 25° Lat. S. *Bolm. Inst. Oceanogr. Univ. S. Paulo*, 13 (1): 141-184.
- VANNUCCI, M. e HOSOE, K. - 1952 - Resultados científicos do cruzeiro do "Baependi" e do "Vega" à Ilha da Trindade. Chaetognatha. *Bolm. Inst. Oceanogr. S. Paulo*, 3 (1/2): 5-34.
- VANNUCCI, M. & M.G.B. SOARES MOREIRA - 1966 - New species and new record of Anthomedusae from Southern Brazil (*Otocuna haeckeli* sp. n.). *Bolm. Inst. Oceanogr.* 15 (1): 85-89.
- VÁVRA, V. - 1906 - Die Ostracoden (Halocypriden und Cypridiniden) der Plankton Exped. Ergebn. Plankton-Expedt. der Humboldt-Stift. B. 2 Gg, 76 p., 8 pls.
- VERNBERG, W. B. and G. S. MOREIRA - 1974 - Metabolic-Temperature responses of the Copepod *Euterpina acutifrons* (Dana) from Brazil. *Comp. Biochem. Physiol.*, 49 A: 757-761.
- VOSELER, J. - 1901 - Die Amphipodem der Plankton Exped. 1. Theil Hyperidea 1. Ergebn. d. Plankton Exped. Bd. II G.e., 129 pp, 13 taf.
- WATANABE, K. e KUTNER, M. B. - 1965 - Plankton studies in a mangrove environment II. Bacteriological analysis of waters in Cananéia. *Bolm. Inst. Oceanogr. S. Paulo*, 14: 43-53.
- WILLE, N. - 1904 - Die Schizophyceen der Plankton Exped. - Ergebn. d. Plankton Exped. d. Humboldt-Stift. Bd. IV, M.f., 88 pp. 3 taf.
- WILSON, C.B. - 1950 - Contributions to the biology of the Philippine Archipelago and adjacent regions Copepods gathered by the U.S. fisheries steamer "Albatross" from 1887 to 1909, chiefly in the Pacific Ocean. *U.S. Nat. Mus. Bull.*, 100 (14): 141-441.
- WOOD, E. J. FERGUSON - 1966 - A phytoplankton study of the Amazon region. *Bull. Mar. Sci.*, 16 (1): 102-123.
- WRIGHT, S. - 1936 - A revision of the S. American species of Pseudodiaptomus. *An Acad. Bras. Sci.*, 8 (1): 1-24.
- YAMASHITA, C. - 1972 - Fisiocologia e fisiotologia de *Euterpina acutifrons* (Dana) (Crustacea, Copepoda). Influência da salinidade. Tese de mestrado apresentada ao Dep. de Fisiologia Geral - Inst. Biociências, U.S.P. 49 pp.
- ZELINKA, C. - 1907 - Die Rotatorien der Plankton Exped. Ergebn. der Plankton Exped. Bd. II H.a. 79 pp., 3 taf.
- ZIMMERMANN, C. - 1916 - Flora diatomologica. Salvador. An 5º Congr. Bras. Geogr. 1: 448-461.

# OITHONA OLIGOHALINA SP. N. DE CANANÉIA (EST. DE SÃO PAULO) E CONSIDERAÇÕES SOBRE OITHONA OVALIS HERBST (COPEPODA, CYCLOPOIDA)

Vera Lucia Fonseca

Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo

Tagea K. S. Björnberg

Departamento de Zoologia, Universidade de São Paulo

(Com 14 figuras no texto)

Santos (1970), ao estudar o plâncton da Baía de Todos os Santos verificou a presença de uma *Oithona* muito parecida com a *O. ovalis* Herbst 1955, espécie também ocorrente em águas bahianas. Notou porém que coincidia mais com a descrição de *O. hebes* de águas portoriquenhas (Gonzalez e Bowman, 1965). Mais tarde Bowman (comunicação pessoal) após reverificar o material de Porto Rico e os exemplares brasileiros de "*O. hebes*" duvidou da correção desta identificação.

"*O. hebes*" foi encontrada na costa brasileira (Santos, 1970) em águas de baixa salinidade junto com o *O. ovalis*, típica de águas salobras de mangue, em toda a costa leste e até Paranaguá na costa sul.

Iniciados os estudos do plâncton da desembocadura do Rio Taquari na região de Cananéia foi reencontrada a "*O. hebes*" e, estudada mais a fundo, notou-se que era espécie nova cuja descrição vem a seguir:

## *Oithona oligohalina* sp. n.

*Oithona hebes* Giesbrecht in Santos 1970 p. 23

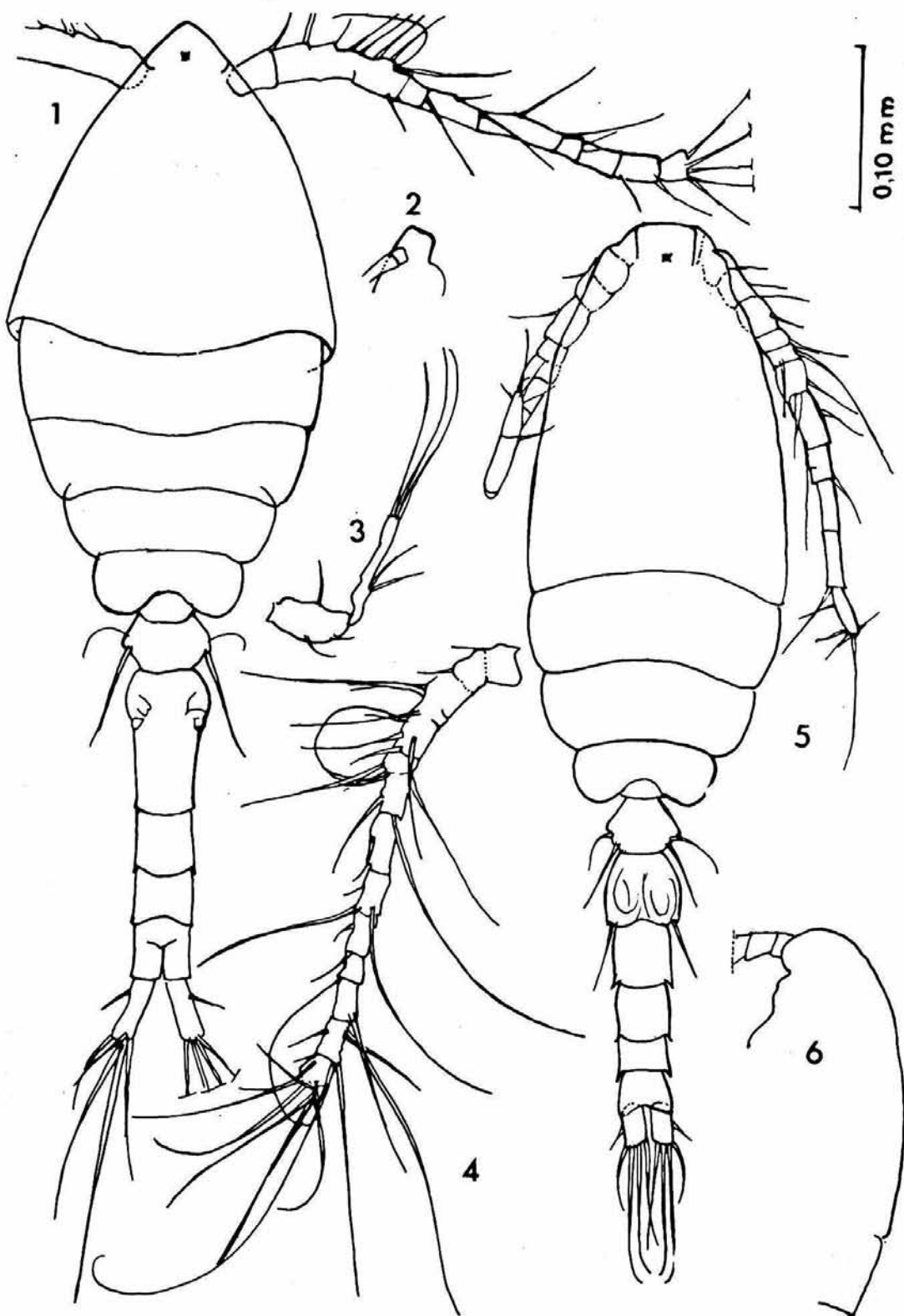
**Fêmea:** Comprimento do corpo de 10 exemplares 582,4  $\mu$  a 644,8  $\mu$ , sendo a moda 644,8  $\mu$ . Comprimento do prosoma 374,4  $\mu$  a 405,6  $\mu$  e do urosoma (incluindo os ramos caudais) de 208 até 260  $\mu$ . O comprimento do segmento anal foi de 36,4 a 39,0  $\mu$ , com a moda em 39  $\mu$ . A largura do comprimento anal foi sempre de 33,8  $\mu$ . O comprimento do ramo caudal variou de 42,9 a 46,8  $\mu$  com a moda em 44,2  $\mu$ . A largura do ramo caudal foi sempre de 13  $\mu$ . A relação prosoma: urosoma é 1,07. A relação entre comprimento do ramo caudal e comprimento do segmento anal varia de 1,1 a 1,28. A região cefálica termina em ponta em

vista dorsal e em vista lateral é quadrada e sem rostro em ponta. A primeira antena com 13 artículos alcança o terceiro segmento torácico. A mandíbula tem 5 cerdas no endópodo e as cerdas grossas, digitiformes, cerduladas marginalmente, do segundo basípodo são terminadas em ponta unciforme e sem bifurcação. As patas da primeira à quarta têm os exópodos com os espinhos externos dispostos segundo as seguintes fórmulas: 1-1-3; 1-1-3; 1-1-3; 1-1-2 e as cerdas internas segundo as fórmulas: 0-1-4; 1-1-4; 1-1-5; 1-1-5. O endópodo da quarta pata com as cerdas proximal do terceiro artículo e distal do segundo, modificadas. A quinta pata tem a cerda dorsal mais ou menos com a metade do comprimento da terminal e esta alcança mais ou menos a metade do segmento genital.

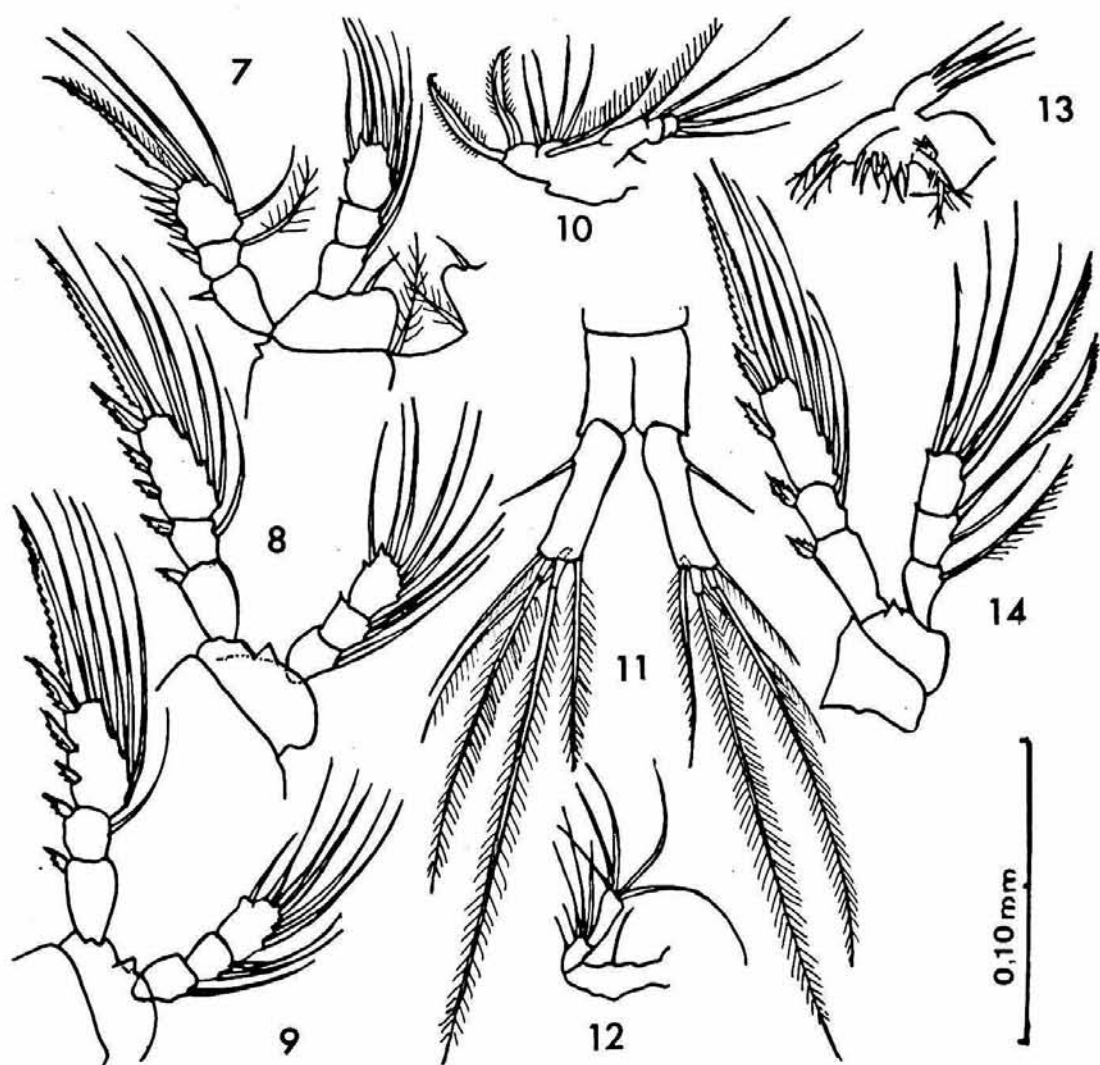
**Macho:** Mais curto que a fêmea; tem de 582,4 a 603,2  $\mu$  com a moda em 592,8  $\mu$ . O prosoma mede de 364,0 até 384,8  $\mu$  com a moda em 384,8  $\mu$ . O urosoma, 197,6 a 218,4  $\mu$ . O segmento anal tem 26  $\mu$ . O segmento anal tem 26  $\mu$  de comprimento e 31,2  $\mu$  de largura; o ramo caudal com o comprimento de 26  $\mu$  e largura de 13  $\mu$ . A relação prosoma: urosoma é de 1,85. Em vista dorsal a região cefálica é achatada frontalmente e de perfil é mais arredondada que na fêmea. O ramo caudal é do mesmo comprimento que o segmento anal, sendo duas vezes mais longo do que largo. As cerdas do endópodo da mandíbula são mais delicadas do que na fêmea. Não apresenta as cerdas modificadas na pata 4.

**Cor:** Tem manchas azuis ímpares na região anterior do prosoma em animais recém-coletados. Santos (1970) faz um estudo detalhado da distribuição das manchas e de sua variação.

**Tipos:** ♀ holótipo depositado no Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo número; o aló-



*Oithona oligohalina* sp. n. — Fig 1. Fêmea dorsal; Fig 2. rostro da fêmea; Fig 3. antena II do macho; Fig 4. antena I da fêmea; Fig 5. macho dorsal; Fig 6. perfil do céfalo anterior do macho.



*Oithona oligohalina* sp. n. — Figs 7 - 9. Patas 1 a 3 esquerdas da fêmea; Fig 10. mandíbula da fêmea; Fig 11. segmento anal e ramos caudais da fêmea; Fig 12. antena II da fêmea; Fig 13. maxila I da fêmea; Fig 14. pata 4 da fêmea.

tipo depositado no Museu da Universidade de São Paulo com número e 18 parátipos no mesmo Museu com número, coletados na desembocadura do Rio Taquarí na região lagunar de Cananéia, Estado de São Paulo, Brasil, por Vera Lúcia Fonseca com uma rede WP<sub>3</sub> reduzida à metade (Zooplankton Sampling — UNESCO — 1968 p. 162) na superfície, em 12/5/73.

A salinidade no local de coleta variou de 3,15‰ até 16,48‰ com o mínimo em fevereiro de 1974 e o máximo em janeiro e a temperatura variando de 19°C a 26,5°C com o mínimo em setembro e o máximo em março.

**Etimologia:** o nome *oligohalina* refere-se à prefe-

rência da espécie por águas de salinidade extremamente baixa. Vem do grego *oligos* = pouco; *halinus* = salgado. A salinidade dos locais onde ocorreu variou de 3,15 a 29,8‰; a temperatura de 19,0 a 29,8°C e o oxigênio de 2,93 a 5,05 ml/l.

**Discussão:** Em trabalho recente Bowman (1975) descreveu *Oithona colcarva* até há pouco erroneamente identificada como *O. brevicornis*. Chamou a atenção para *O. hebes* com características semelhantes mas diferindo pelo aspecto do rostro embora com o mesmo número de cerdas no endópodo da mandíbula e 2 cerdas digitiformes terminais no basípodo. Outras espécies próximas são *O. neotropica*, para a qual o Dr. Bowman gentilmente

QUADRO 1 - Características de seis espécies de *Oithona*

Espécies	<i>colcarva</i>	<i>brevicornis</i>	<i>neotropica</i>	<i>hebes</i>	<i>oligohalina</i>	<i>ovalis</i>
Comprimento total (mm) - moda entre parêntesis.						
a) fêmea	0,48 - 0,60	0,40 - 0,68	0,532	0,65 - 0,67	0,582 - 0,644 (0,644)	0,540 - 0,361 (0,561)
b) macho	mais curto	0,65	0,511	0,58	0,582 - 0,063 (0,592)	0,55 - 0,56
Forma do rostro:						
a) perfil	pontudo	pontudo	quadrado	quadrado	quadrado	quadrado
b) dorsal	achatado	achatado	triangular sem ponta	achatado	pontudo e triangular	triangular sem ponta
Mandíbula						
a) processos digitiformes	cerdulação igual; afilados terminalmente	cerdulação diversa nos 2; grossos até a ponta	cerdulação igual; afilados terminal e proximalmente	cerdulação igual; afilados	afilados terminal e proximalmente	cerdulação igual; afilados terminalmente
b) número de cerdas do endópodo	5	4	4	5	5	4
Comprimento do segmento anal em relação ao do ramo caudal						
a) na fêmea	menor	igual ou menor	menor	igual ou menor	menor	maior
b) no macho	maior	igual	igual ou menor	igual ou menor	maior	maior
Local de Ocorrência	Golfo do México Atlântico Norte (estuarina)	Indonésia Costa da Índia	Laguna Macubaji (Venezuela)	Índico Pacífico	Costa do Brasil (estuarina)	Mangueiras da costa do Brasil
Salinidade do local de ocorrência	10 - 40%	mais de 22%	Agua doce?	4 - 32%	3,15 - 29,8%	13 - 35,8%



nos chamou a atenção, *O. ovalis* o *O. brevicornis*. O quadro adiante computado dos dados de Bowman (1975), Giesbrecht (1892), Herbst (1955), Wellershaus (1969, 1970) e dados próprios mostra as semelhanças e as diferenças das várias espécies entre si. Deste quadro deduz-se que o grupo de espécies em questão é em geral habitante de águas interiores, estuarinas ou até lagoas bem afastadas do mar. São todas aparentadas pelo número de caracteres em comum, e provavelmente evoluíram umas das outras. *Oithona ovalis*, a espécie menor de todas as pertencentes ao grupo apesar de muito parecida com *O. hebes* é, sem dúvida, espécie válida, que merece investigação minuciosa quanto ao ciclo de vida, duração das fases, etc. por ser a mais abundante em águas de manguesal sulamericanas do Atlântico.

*Oithona oligohalina*, muito parecida com *colcarva* e *neotropica*, delas difere pelo rostrão pontudo (no caso de *colcarva*) e pelo número de cerdas no endópodo da mandíbula, pelo tamanho, e pela proporção entre comprimentos do ramo caudal e do segmento anal.

A *Oithona brevicornis* registrada por Bjornberg (1963) em águas bem ao sul do Brasil deve ter sido uma identificação errônea de *O. oligohalina*.

#### SUMMARY

OITHONA OLIGOHALINA SP. N. FROM  
CANANÉIA (STATE OF S. PAULO, BRAZIL)  
AND CONSIDERATIONS ON OITHONA OVALIS  
HERBST (COPEPODA, CRUSTACEA)

Herbst (1955) described *Oithona ovalis* from the brackwater of the mangrove region in Cananéia (Brazil). Santos (1970) found another *Oithona* in the same waters, and identified it as *O. hebes* Giesbrecht 1891, based on the redescription made by Gonzalez and Bowman (1965) from Puerto Rico material. Later on Bowman (personal communication) informed that the *Oithona hebes* from Puerto Rico did not correspond exactly to the original description of Giesbrecht (1891), made from material collected in Guayaquil, Ecuador. He also called our attention to the fact that *Oithona hebes* from Cananéia is very much like *O. neotropica* Herbst (1966) described from Laguna Macubaji, Venezuela, and that *O. ovalis* Herbst is very near to *O. hebes* from Guayaquil.

On comparing the material from Cananéia with the various descriptions and redescriptions of *O. neotropica* Herbst 1966, *O. hebes* Giesbrecht 1891, *O. colcarva* Bowman 1975, and *O. ovalis*

Herbst 1955 the following conclusions were arrived at:

*Oithona ovalis* Herbst 1955 is a species distinct from *O. hebes* Giesbrecht 1891, because it has 4 setae on the endopod of the mandible whereas *O. hebes* has 5, and there are differences in size and proportions.

"*O. hebes*" from Cananéia is really a new species which differs from all others by the following combination of characteristics for the female: pointed head region in dorsal view, which in lateral view has a square outline and no pointed rostrum; with 5 setae on the endopod and two finger-like blunt setae on the basipod of the mandible, which are not bifurcate at the tip, and which end in a minute thin pointed process; the lateral spinulation of the first to fourth legs is represented by the following formulae 1.1.3; 1.1.3; 1.1.3; 1.1.2; the caudal rami are longer than the anal segment in the female and slightly shorter or equal in length in the male. It received the name *oligohalina* because occurs in waters with salinities inferior to 10‰, whereas *O. ovalis* Herbst prefers inshore waters of higher salinity.

#### BIBLIOGRAFIA CITADA

- BJORBERG, T. K. S. - 1963 - On the marine free-living copepods off Brazil. *Bolm. Inst. Oceanogr. S. Paulo*, 13 (1): 3-142.
- BOWMAN, T. E. - 1975 - *Oithona colcarva*, n. sp. an American Copepod incorrectly known as *O. brevicornis* (Cyclopoida: Oithonidae). *Chesapeake Sci.*, 16 (1): 134-137.
- GONZÁLEZ, J. G. e T. E. BOWMAN - 1965 - Planktonic Copepods from Bahia Fosforescente, Puerto Rico, and adjacent waters. *Proc. U. S. Nat. Mus.*, 117 (3513): 241-304.
- HERBST, H. V. - 1955 - Cyclopoida Gnathostoma (Crustacea, Copepoda) von der Brasilianischen Atlantikküste. *Kieler Meeresforsch.*, 11 (2): 214-229.
- HERBST, H. V. - 1966 - Copepoda und Cladocera (Crustacea) aus Südamerika. *Gewässer u. Abwässer*, 44-45: 96-108.
- SANTOS, J. J. - 1970 - Plâncton da Baía de Todos os Santos, com especial referência aos copépodos. *Memória de Mestrado apres. ao Dep. de Zoologia I. B.* - U.S.P. 49 pp.
- WELLERSHAUS, S. - 1969 - On the taxonomy of Planctonic Copepoda in the Cochin Backwater (a South Indian Estuary). *Veröff. Inst. Meeresforsch.*, Bremerhaven, 11: 245-286.
- WELLERSHAUS, S. - 1970 - On the taxonomy of some Copepoda in the Cochin Backwater (a South Indian Estuary). *Veröff. Inst. Meeresforsch.*, Bremerhaven, 12: 463-490.

# A IMPORTÂNCIA DO CONHECIMENTO DOS CICLOS GAMETOGÊNICOS DE BIVALVES COMESTÍVEIS

Walter Narchi

Departamento de Zoologia, Instituto de Biociências da USP

Os poucos trabalhos sobre bivalves comestíveis que ocorrem no litoral brasileiro, não fazem referência a ciclos gametogênicos e tiveram como objetivo principal ou o aspecto sistemático ou a análise química das substâncias nutritivas desses animais.

O estudo dos ciclos gametogênicos de bivalves comestíveis, teve início com a publicação do trabalho de Lunetta (1969) sobre *Perna perna*, onde o autor fez uma análise pormenorizada do ciclo gametogênico, inclusive das modificações bioquímicas da gônada assim como das influências do meio ambiente.

Wakamatsu em 1973 estudou *Crassostrea brasiliiana* e seu cultivo, mas o ciclo gametogênico não foi efetuado. O trabalho preliminar de Narchi (1975) sobre gametogênese de *Anomalocardia brasiliiana*, denominada popularmente de berbigão é mais uma contribuição para o conhecimento sobre os ciclos desses moluscos.

Atualmente vários pesquisadores preocupam-se com o assunto e são inúmeros os trabalhos em andamento, na maioria com espécies de interesse econômico. Entre eles destacam-se Andrade Nascimento, Matos Farani Assis, Paiva Avelar e Lunetta, que estudam respectivamente os ciclos de *Crassostrea rhizophorae*, *Phacoides pectinatus*, *Brachidontes darwinianus* e o de *Pecten ziczac*.

A coleta indiscriminada de bivalves comestíveis poderá acarretar como consequência o perigo da extinção de reservas naturais e seria desejável obter o maior número possível de dados a fim de estabelecer diretrizes que tenham como preocupação não apenas manter as referidas reservas, como propiciar o povoamento de regiões onde os animais não ocorram e talvez, no futuro, repovoar áreas onde eles não mais se encontram.

O pesquisador no início da carreira não tem demonstrado muita inclinação para este tipo de trabalho, talvez por ser ele fundamentalmente técnico.

Durante os fenômenos de gametogênese ocorre uma variação muito grande da quantidade de glicogênio e lípidios presente nas gônadas e vários são os fatores que interferem na maturação sexual, entre os quais estão: a temperatura, salinidade e alimento disponível.

Para um estudo bem feito, o ciclo deve ser completado, no mínimo, durante um ano com coletas mensais ou bimensais e um número relativamente grande de animais devem ser analisados. Na suposição que as coletas sejam bimensais, com a análise quinzenal de um número razoável de animais de ambos os sexos teremos no final da pesquisa centenas de lâminas para estudo e que deverão ser coradas inclusive na mesma fase por métodos diferentes. Além disso, tomadas de temperatura, salinidade e teor de oxigênio fornecerão dados acessórios para complementar o estudo.

Finalmente, a peça básica para o conhecimento dos ciclos gametogênicos é o estudo da histologia da gônada durante o ciclo sexual. Num estudo completo a modificação de componentes bioquímicos da gônada, as condições físico-químicas do meio-ambiente e da histologia da gônada seria o desejável, mas se por qualquer razão isso não for possível, pelo menos dever-se-ia conhecer a histologia da gônada que daria pelo menos os parâmetros básicos para o estudo do ciclo. Narchi (1975) realizou durante dois anos coletas mensais de *Anomalocardia brasiliiana* provenientes da Ponta da Praia, Santos. A conclusão é que existem dois períodos de gametogênese, um no outono (fevereiro-março-abril) e outro na primavera (agosto-setembro-outubro-novembro), sendo que neste, o período

do de maturação é maior. A eliminação de gametas no entanto é praticamente contínua sem nenhum período de repouso sexual como ocorre em *Mytilus*.

#### REFERÊNCIAS

- LUNETTA, J. E. - 1969 - Fisiologia da reprodução dos mexilhões (*Mytilus perna* - Mollusca, Lamelli-branchiata). *Bol. Fac. Fil. Ciências e Letras U.S.P.* nº 324, Zool. & Biol. Mar., 26:33-111.
- NARCHI, W. - 1975 - Ciclo anual da gametogênese de *Anomalocardia brasiliana* (Gmelin, 1791) (Mollusca - Bivalvia). *Bol. Zoologia Univ. S. Paulo* (no prelo).
- WAKAMATSU, T. - 1973 - A ostra de Cananéia e seu cultivo. Ed. Sudelpa e Instituto Oceanográfico U.S.P.: 1-141 pp.

## SOBRE *EUTIMA SAPINHOA* NARCHI ET HEBLING (HYDROZOA, EUTIMIDAE)

Walter Narchi e Nilton José Hebling

Departamento de Zoologia, Instituto de Biociências da USP

*Eutima sapinhua* é um hidróide que vive preso pelo disco basal ao manto, pé, brânquias e palpos labiais do bivalve *Tivela mactroides* (Born, 1778), encontrado nas praias de Ubatuba, litoral norte do Estado de São Paulo. Esse bivalve serve de alimento para a população local e é conhecido com o nome de sapinhoá. O hidróide produz uma leptomedusa que pertence a família Eutimidae. A medusa desenvolve-se a partir de uma protuberância próxima ao disco basal e, depois de 6 1/2 dias alcança o estágio livre-natante, em recipientes abertos, contendo cerca de 200 ml de água do mar filtrada. No laboratório os animais foram mantidos a uma temperatura de 20° a 22°C.

A água foi trocada diariamente e os pólipos foram alimentados por náuplios de *Artemia* sp. uma ou duas vezes ao dia. Se o alimento fosse escasso durante os estágios iniciais, o broto da medusa podia ser reabsorvido; nos estágios mais avançados, a medusa que se formou foi menor.

Depois de 25 dias a medusa apresentou 4 mm de altura, 4 mm de diâmetro; possuía 4 tentáculos radiais, cada um com 8 vesículas marginais, 2 em cada quadrante. O pedúnculo tem o mesmo comprimento da umbrela e, após 25 dias de vida, a medusa tinha 4 gônadas na subumbrela sobre cada canal radial. Os nematocistos são pequenos, com 7 mm de comprimento.

Narchi e Hebling (1975) estudando a associação do hidróide e do bivalve, observaram a infestação de 10% durante Outubro a Janeiro, enquanto

que nos outros meses do ano a percentagem foi menor (10 a 20%). Segundo Crowell (1957), esses dados provavelmente indicam que a infestação inicial é devida a um indivíduo, o qual produz por brotamento um número grande de pólipos. Cerruti (1941) reconheceu a plânula como o causador da infestação.

A espécie estudada não concordou com nenhuma das espécies de *Eutima* já conhecidas e foi descrita como nova por Narchi e Hebling (1975). O hidrante é muito semelhante ao da *Eugymnanthea*, mas a medusa pertence sem dúvida alguma à família Eutimidae.

*Eutima sapinhua* não foi encontrada até agora no plancton ao longo da costa do Estado de São Paulo. Apesar de passar a rede de plâncton, durante o dia e a noite, em diferentes profundidades onde os bivalves ocorrem, nenhuma medusa foi coletada. Este é o primeiro encontro dessa associação no hemisfério sul.

### REFERENCIAS

- CERRUTI, A. - 1941 - *Mytilhydra polymantii* n. gen., n. sp., hidróide vivente sul mantello dei mitili. *Riv. Biol.*, 32: 1-18.
- CROWELL, S. - 1957 - *Eugymnanthea*, a commensal hydroid living in pelecypods *Pubbl. Staz. zool. Napoli*, 30: 162-167.
- NARCHI, W. e N.J. HEBLING - 1975 - The life cycle of the commensal hydromedusa *Eutima sapinhua* n. sp. *Mr. Biol.*, 30: 73-78.

# TAQUIFILAXIA DO CORAÇÃO DE *APLYSIA BRASILIANA* (MOLUSCO-GASTRÓPODE) A FORTES CONCENTRAÇÕES DE 5-HT (SEROTONINA)

Winston M. Leahy

Departamento de Fisiologia Geral, Instituto de Biociências da USP

No estudo da fisiologia muscular de Invertebrados, ainda vários são os pontos que demandam esclarecimentos.

No caso presente, demonstrou-se que 5-HT em forte concentração, após provocar efeito cronotrópico e inotrópico positivos sobre o coração isolado de *Aplysia brasiliana*, produz desensibilização do órgão para doses subsequentes e iguais da droga. Esta taquifilaxia sob o efeito da Serotonina, é praticamente irreversível, não havendo resposta da musculatura cardíaca à monoamina, mesmo após várias horas em sucessivas lavagens da preparação.

Foi demonstrado igualmente, que sob efeito taquifiláxico, a musculatura estudada responde normalmente à Acetilcolina.

Reid e Rand (1952:302) já registravam a presença de taquifilaxia para doses repetidas de Serotonina em preparações de Vertebrados.

Gaddum (1953:363) descreve a ocorrência de desensibilização produzida em fêlo de cobaia, demonstrando a presença de receptores triptamínicos e admitindo a dualidade dos receptores do fêlo de cobaia a 5-HT, sendo um deles bloqueado pelo LSD-25 e anti-serotonícos análogos e o outro, de natureza colinérgica, que seria bloqueado pela morfina. Seriam esses receptores colinérgicos os responsáveis pela taquifilaxia produzida por forte dose de 5-HT.

Igualmente Rocha e Silva *et. al.*, (1953:378) assinalam a presença do fenômeno em fêlo de cobaia, sugerindo uma ação colinérgica pós-ganglionar para explicar a taquifilaxia transitória observada por forte adição de 5-HT.

Por outro lado, Gaddum e Paasonen (1955:479) não obteve taquifilaxia, estudando o coração isolado do Molusco *Spisula solida*.

Deve-se a Greenberg (1960:365), no entanto,

a afirmação da ocorrência em Moluscos, quando observou que não foi possível restabelecer a sensibilidade à 5-HT, após a desensibilização pelo efeito taquifiláxico, no coração de *Venus (Mercenaria) mercenaria*, mesmo depois de sucessivas e prolongadas lavagens da preparação.

A explicação para a ocorrência desse fenômeno em *Aplysia brasiliana*, com base nos autores citados, é que deve ocorrer no coração desse Molusco, receptores triptamínicos. Após a adição de forte dose de 5-HT na preparação, os receptores seriam bloqueados, inibindo assim toda resposta que tenha ação inicial nos referidos receptores.

## ABSTRACT

Physiology of the muscles of the heart of *Aplysia brasiliana*, one common Opisthobranch of the littoral of the State of São Paulo, have been studied.

It was demonstrated that high concentrations of 5-HT provoke a tachyphylaxis when added to the bath containing the heart. When this tachyphylactic effect is produced, the organ does not respond any more to same doses of 5-HT.

It is suggested that tryptaminic receptors are present in the heart of *Aplysia brasiliana*.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- GADDUM, J. H. - 1953 - Tryptamine receptors. *J. Physiol.*, 119: 375-376.  
GADDUM, J. H. & PAASONEN, M. K. - 1955 - The use of some molluscan hearts for estimation of 5-

- hydroxytryptamine. *Br. J. Pharmac. Chemother.*, 10:474-483.
- GREENBERG, M. J. - 1960 - The responses of *Venus* heart to catechol amines and high concentrations of 5-hydroxytryptamine. *Br. J. Pharmac. Chemother.*, 15:365-374.
- REID, G. & RAND, M. - 1952 - Pharmacological Action of Synthetic 5-HT (Serotonin, Thrombocitin). *Nature*, London., 169:801-802.
- ROCHA e SILVA, M.; VALLE, R. & PICARELLI, Z. P. - 1953 - A Pharmacological Analysis of the mode of Funtion of Serotonin (5-HT) upon the Guinea-pig Ileum. *Br. J. Pharmac. Chemother.*, 8:378-388.

RESUMOS - ABSTRACTS

ECOLOGY OF SOME POLYCHAETA  
ANNELIDA AND ITS CONTRIBUTION  
TO THE BENTHIC BIOMASS  
OF THE INTERTIDAL AREA, IN  
THE NORTH COAST OF  
THE STATE OF SÃO PAULO\*

A.C.Z. Amaral

Polychaeta were used as indicator organisms for the study of some physical and biological conditions of the beaches of the northern coast of São Paulo.

Samples were taken in 191 stations at different levels of the tidal zone, on 11 sandy beaches situated along Flamengo Bay (continent) and Palmas Bay (Anchieta Island).

Sediment was analyzed for grain size distribution, porosity, organic matter and calcareous content. Qualitative and quantitative analysis of the Polychaeta fauna and measurements of temperature, dissolved oxygen and salinity of the interstitial water were made.

Macrofauna was found to be completely absent from the beaches of clean coarse sand which may be due to the quite unstable condition of the sand, intensively revolved by waves action.

The fine sand of many beaches offers more consistent protection for a number of burrowing animals. The Enseada and Grande beaches (respectively on the continent and on Anchieta Island) show the same very fine and homogeneous sand, and as we could expect are inhabited by the same species of Polychaeta. *Nerine agilis*, *Arenicola brasiliensis* and also *Diopatra* cf. *cuprea* are frequently found on those fine sand beaches.

The most selective factors were salinity and organic matter content. The euryhaline species *Laeonereis culveri* and *Nerine agilis*, have a wide distribution along the intertidal belt. Their highest density was recorded in areas of salinity below 10,0‰.

The moddy sand of Saco da Ribeira beach showed the highest number of Polychaeta species, the abundance of *Laeonereis culveri* and *Diopatra* cf. *cuprea* contributing significantly to the biomass of this area.

The occurrence of high levels of hydrogen sulphide is a characteristic on the Saco da Ribeira beach, where the sand a few centimeters below the surface is almost quite black. The corresponding very low concentrations of dissolved oxygen seem to be insufficient for many species living inside the sediment. We assume that the Polychaeta species found in those spots probably migrate to surface layers where the diffusion could supply oxygen.

\* This work was supported by a grant from FAPESP. M. Sc. Thesis presented to the Instituto Oceanográfico da USP., 1975.

The Saco da Ribeira and Enseada beaches showed some degree of pollution, which may have affected the selective distribution of the Polychaeta fauna.

COLOR CHANGE IN ANOMURAN  
DECAPOD CRUSTACEANS

Ana Maria de Lauro Castrucci

Departamento de Fisiologia  
Instituto de Biociências, U.S.P.

Most of the Crustaceans have within the chromatophores black, brown, red, yellow, blue and white pigments involved in the color or color change of these invertebrates. There are two kinds of chromatic responses to external stimuli: morphological and physiological. In the former, there occurs a slow and gradual modification in the amount of pigment within the chromatophores or in the number of chromatophores; in the latter, the pigment moves forward and backward in the chromatophores.

In Crustaceans, it is well established that the chromatophoric activity is controlled by chromatophorotropins produced in a cluster of neurosecretory cells called X-organ, which is generally located in the optical lobe. This secretion is stored and possibly modified in another organ, also in the optical lobe, the sinus gland. As in the hypothalamus-neurohypophysis complex of the vertebrates, the sinus glands receive, through specialized axons, the neurosecretion produced in the X-organ and release it on demand.

Concerning the movement of pigment within the chromatophores, there are many indications (Wise, 1969; Elofsson and Kauri, 1971; Castrucci, 1975 a,b; Castrucci and Mendes, 1975) that the presence of microtubules and microfilaments, associated to a well developed smooth endoplasmic reticulum, is necessary, in vertebrate physiological color change as well as in invertebrates.

The present work is part of a plane aiming at the comparative research of physiological color change in Crustaceans and reports on Anomurans, approaching the following itens:

a) the presence or absence of physiological color change in marine and freshwater forms.

b) partial or total absence of chromatophorotropins in forms which do not show physiological color change.

c) light and electronic microscopy of the pigmentary systems in animals showing or not pigment migration.

The first data obtained refer to the anomuran *Aegla* sp. (freshwater) and *Pachycheles haigae* (marine):

1—Both *Aegla* and *Pachycheles* exhibit an extense subepidermal network of erythrophores, when observed with light microscope.

2—*Aegla* as well as *Pachycheles* on a black or



white substrate, illuminated with 410 lux, do not show pigment migration in the erythrocytes, in a experiment lasting two hours.

3—Pieces of isolated carapaces of *Aegla* or *Pachycheles*, immersed in sinus gland homogenates (0.4g/0.05ml) from their own species, also do not exhibit pigment migration in a two hour experiment.

4—Sinus gland homogenates from both *Aegla* and *Pachycheles* injected in the marine isopod (*Ligia exotica*, in the dosis of 0.4g/0.05ml, induced dispersion in the melanophores of the isopod adapted to white substrate. The dispersion went up to 4.5 (Hogben and Slome scale) after one hour using *Pachycheles* sinus gland and 3.5 using *Aegla* material.

5—In the isopods adapted to dark background, the homogenates were ineffective. (The ideal would be to use as receptor another anomuran which does show physiological color change, preferably member of the same superfamily Galathei-dea, but up to now it was not obtained).

6—Ultrastructural studies of the erythrocytes of *Aegla* and *Pachycheles* are in progress.

#### REFERENCES

- CASTRUCCI, A. M. L. — 1975a — Chromatophores of the teleost *Tilapia melanopleura*. I. Ultrastructure and effect of sodium and potassium on pigment migration. *Comp. Biochem. Physiol.*, 50A: 453–456.
- CASTRUCCI, A. M. L. — 1975b — Chromatophores of the teleost *Tilapia melanopleura*. II. The effects of chemical mediators, microtubule-disrupting drugs and ouabain. *Comp. Biochem. Physiol.*, 50A: 457–462.
- CASTRUCCI, A. M. L. and MENDES, E. G. — 1975 — Ultrastructure of the pigmentary system and chromatophoretropic activity in land isopods. *Biol. Bull.* (in press) December issue.
- ELOFSSON, R. T. and KAURI, T. — 1971 — The ultrastructure of the chromatophores of *Crangon* and *Pandalus*. *J. Ultrastr. Res.*, 36: 263–270.
- HOGBEN, L. and SLOME, D. — 1931 — The pigmentary effector system. VI. The dual character of endocrine coordination in amphibian color change. *Proc. Roy. Soc. London*, Ser. B, 108: 10–53.
- WISE, G. E. — 1969 — Dermal chromatophores of *Xenopus laevis*. *J. Ultrastr. Res.*, 27: 472–485.

### EFFECTS OF SALINITY AND TEMPERATURE ON THE DEVELOPMENT AND SURVIVAL OF THE ECHINOIDS *ARBACIA LIXULA*, *ECHINOMETRA LUCUNTER* AND *LYTECHINUS VARIEGATUS*

Ana Maria M. B. de Almeida\*

Institute of Bioscience and Institute of Marine Biology  
University of São Paulo, Brazil

Specimens of *A. lixula*, *E. lucunter* and *L. variegatus*, collected near São Sebastião, on the

coast of São Paulo, Brazil, were used to provide gametes for experiments concerned with the effect of salinity and temperature on the rate of development from egg to pluteus, as well as on the survival of 1–2 days old pluteus when subjected to different combinations of salinity and temperature.

At the collecting sites temperatures range normally from 20°C in the winter (July-September) to 28°C in the summer (January-March); salinities fluctuate from 32.5 to 35‰ (mean 34‰).

For the three species considered normal development has been obtained in the range 26% to 38% (T=24°C), these limits being extended in a few cases to 22% and 42% respectively. It should be noticed that at these extreme values the percentage of insemination is only 10–20% at 22% and 30–40% at 42%, as compared with about 50% at 26%.

Pluteus seem to tolerate, at least for 8–10 days, salinities in the range 26% to 42%; pluteus of *A. lixula* can survive for 4 days at 18% but those of *L. variegatus* and *E. lucunter* die after 2 days.

The effect of temperature on the rate of development from egg to pluteus is quite pronounced: in *L. variegatus* the pluteus stage is reached in 33 hours at 22°C and in only 15 hours at 30°C. No development is usually obtained above 32°C or below 16°C; in *A. lixula*, however, fertilization and development at 15°C has been followed up to pluteus, a number of abnormal forms however being present. The upper lethal limit for pluteus of the three species is in the range 32–34°C; survival of *L. variegatus* pluteus up to 15 days has been observed at 10°C.

*A. lixula* contained some ripe gametes throughout the year; the time for development was different in eggs obtained in summer and winter. *E. lucunter* and *L. variegatus* showed fairly distinct peaks during summer months, in relation to gonad development.

Preliminary experiments on the effect of salinity on adults of *A. lixula*, *E. lucunter*, and *L. variegatus* indicate that the animals can tolerate values ranging from 26 to 38‰, feeding and behaving normally for more than 10 days. In the range 18–22‰ feeding is abolished, most animals losing also the power of adhesion to the substrate.

\*Fellow of CNPq.

### VERTICAL DISTRIBUTION OF CLADOCERA OFF SANTOS

Carlos E. F. da Rocha  
Univ. Federal de Sergipe

Cladocera have been considered predominantly as coastal and surface water species, where they are found forming swarms. Because of their abundance during certain times of the year, when

conditions are favourable, they are important in the food chains of the sea, where they are eaten by carnivorous larvae and adults. Their biology and distribution have been studied in the temperate seas of the Northern Hemisphere, but in the South Atlantic and especially off the Brazilian coast nothing is known of their vertical distribution.

The samples here studied belong to a collection made off Santos, Brazil, at Lat. 24° 16.8'S and Long. 46° 00. 4'W over the 50 m isobath. A Standard closing net n°3 (0.50 m mouth diameter and 1.8 m length) was successively hauled during 15 min at three different levels: at the surface (1m deep), a little above the bottom (45 m) and in between (20–25 m). The hauling was made keeping the vessel at a velocity of 0,5 knot, at intervals of four hours and every three months, during 1960–1961. The volume of water filtered in each sample was estimated as about 45 m<sup>3</sup>. Data of temperature, salinity and dissolved oxygen as well as conditions of the sea, wind and sky were furnished. The salinity varied between 35.3‰ and 36.1‰ and the temperature between 16.5°C and 26.5°C, during the station here studied. The thermocline was at about 20 m depth.

The first series of samples collected on the 8th April 1960 has already been studied. The cladocerans were counted totally or in sub-samples taken by means of the Stempel pipette of 5 ml. The number of parthenogenetic females, of males and of females with resting eggs were registered.

The species found were *Evadne tergestina*, *E. spinifera*, *Podon intermedius*, and *Penilia avirostris*. The most abundant species was *Penilia avirostris* and the most-rare was *E. spinifera* (with only two specimens at the surface and one at 45 m depth). The parthenogenetic forms dominated in all the populations of the different species found.

*P. avirostris* occurred from top to bottom of the water column studied, but with great concentrations in the first 20 m, preferring the water layer just above the thermocline during the day and the surface during the night. Below the thermocline the number of animals is very reduced.

*E. tergestina* is also distributed at all sampled depths preferring the surface waters during the 24h of the day.

*Podon intermedius* is practically restricted to cold waters (16°C) and to 45m depth during the whole day.

Thus, the thermocline which occurs at about 20 m depth does not seem to be an absolute ecological barrier, but a significant one for the vertical distribution of the three species.

## THE PRESENT SITUATION OF THE TAXONOMICAL STUDY OF BRAZILIAN SEA ANEMONES

Diva Diniz Corrêa

Department of Zoology, Biosciences Institute, University of São Paulo

The Brazilian bibliography on the taxonomical study of sea anemones comprises only 6 entries (Corrêa, 1964, 1973a, 1973b; Belém & Preslercravo, 1973; Dube, 1975; Corrêa & Schlenz, in press), describing 18 species from the coast of Brazil. Considering that the Brazilian coast is about 7,000 kilometers long, from Cape Orange, Amapá to the Mouth of Chui River, Rio Grande do Sul, it is evident that this number is very small, and that the study of the Brazilian anemonofauna is just in the beginning.

Espécies - Species	Estados - States							
	SP	RJ	ES	BA	PE	CE		
1- <i>Actinia bermudensis</i> (McMurrich, 1889)	o	o	o	o				
2- <i>Anemonia sargassensis</i> Hargitt, 1908	o							
3- <i>Bunodosoma caissarum</i> Corrêa, 1964	o							
4- <i>Bunodosoma cangicum</i> Corrêa, 1964	o	o	o	o				
5- <i>Anthopleura cascaia</i> Corrêa, 1964	o	o	o	o				
6- <i>Phyllactis praetexta</i> (Dana, 1846)	o	o	o	o				
7- <i>Phymanthus canous</i> Corrêa, 1964	o							
8- <i>Paranthus rapiformis</i> (Lesueur, 1817)	o							
9- <i>Calliactis tricolor</i> (Lesueur, 1817)	o			o	o	o		
10- <i>Aiptasia pallida</i> (Verrill, 1864)	o							
11- <i>Actinoporus elegans</i> Duchassaing, 1850	o							
12- <i>Lebrunia danae</i> (Duch. & Mich., 1860)								o
13- <i>Lebrunia coralligena</i> (Wilson, 1890)					o			
14- <i>Condylactis gigantea</i> (Weinland, 1860)						o		
15- <i>Homostichanthus duerdeni</i> Carlgren, 1900				o				
16- <i>Alicia mirabilis</i> Johnson, 1881						o		
17- <i>Belliactis ilkaliseae</i> Dube, 1975					o			
18- <i>Paracondylactis hertwigi</i> (Wassilieff, 1908)	o							

Of the 16 Brazilian States with a sea coast, species were described from only 6: São Paulo (12 species), Rio de Janeiro (3), Espírito Santo (4), Bahia (9), Pernambuco (2) and Ceará (1).

It is possible to distribute the 18 known species in five artificial groups, according to the absence or presence of special structures in the column: 1) column smooth, *Paranthus rapiformis* (Lesueur, 1817), *Condylactis gigantea* (Weinland, 1860), *Actinia bermudensis* (McMurrich, 1889), *Homostichanthus duerdeni* Carlgren, 1900, *Paracondylactis hertwigi* (Wassilieff, 1908), and *Anemonia sargassensis* Hargitt, 1908; 2) column with vesicles, *Actinoporus elegans* Duchassaing, 1850, *Alicia mirabilis* Johnson, 1881, *Bunodosoma caissarum* Corrêa, 1964, and *Bunodosoma cangicum* Corrêa, 1964; 3) column with verrucae, *Phyllactis praetexta* (Dana, 1846), *Anthopleura cascaia* Corrêa, 1964, and *Phymanthus canous* Corrêa, 1964; 4) column with cinclides, *Calliactis tricolor* (Lesueur, 1817), *Aiptasia pallida* (Verrill, 1864),

and *Bellactis ilkalisae* Dube, 1974; and 5) column with pseudotentacles, *Lebrunia danae* (Duch. & Mich., 1960), and *Lebrunia coralligens* (Wilson, 1890).

#### LITERATURE

- BELÉM, M. J. C. & J. C. PRESLECRRAVO - 1973 - Contribuições ao conhecimento da fauna de cnidários do Espírito Santo, Brasil I - Considerações sobre Actiniária do Município de Aracruz, E.S. (1). *Bolm. Mus. Zool. "Prof. Mello-Leitão", Zool.*, 80: 1-14.
- CORRÊA, D. D. - 1964 - Corallimorpharia e Actiniária do Atlântico Oeste Tropical. *Serv. Documentação R.U.S.P.*, 1-139.
- CORRÊA, D. D. - 1973a - On the sea anemone *Actinoporus elegans* Duchassaing. *Publ. Seto mar. biol. Lab. (Proc. sec. int. Symp. Cnid.)*, 20: 157-164.
- CORRÊA, D. D. - 1973b - Sobre anêmonas-do-mar (Actiniária) do Brasil. *Bolm. Zool. Biol. mar., N.S.*, 30: 457-468.
- CORRÊA, D. D. & E. SCHLENZ - in press. On the sea anemone *Paracondylactis hertwigi* (Wassilioff, 1908). *Bolm. Zool.*, 1:
- DUBE, V. M. C. - 1974 - Anêmonas-do-Mar (Ordem Actiniária) do Estado da Bahia. 80 pp. (Master's Dissertation).

#### SOME ASPECTS OF THE ECOLOGY OF THE BENTHIC ALGAE ALONG THE COASTS OF SÃO PAULO STATE (BRAZIL)

E. C. de Oliveira Filho  
Dep. Botânica - IB - USP

The main vertical zones, from the upper parts of the littoral towards the infralittoral are: *Littorina* zone, *Chthamallus* zone, *Tetraclita* zone, and *Sargassum* zone. So, the widespread features of zonation proposed by Stephenson & Stephenson (1972) can be recognised in the area.

Though all the organisms are not the same, the pattern of colour succession of the belts are much the same the ones described by Lewis (1964) for the British rocky shores: a - a greyish zone of lichens, higher up, adjacent to the pioneer angiosperms; b - an orange zone of encrusting Lichens; c - a black zone of Cyanophyceae; d - a whitish zone of *Chthamallus* and e - a brown yellowish zone of *Sargassum*. All these zones are not always recognised in every place, but usually only in well exposed steep rocky coasts. Bare zones can be present between b and c and c and d belts, and a brown-black plus a red-rose zone is usually present between d and e belts.

The seasonal fluctuation of the belts in the area seems to be correlated with the time of the day in which the low water spring tide occur. A comparison between the flora of exposed and sheltered places will be presented and will be discussed with base on experimental data.

#### EFEITO DA GLÂNDULA DO SEIO SOBRE O METABOLISMO DA CAROTENOPROTEINA AZUL EM *PALAEMON SERRATUS* (CRUSTACEA, DECAPODA)

Godofredo C. Genofre  
Departamento de Fisiologia Geral,  
Instituto de Biociências da USP

Os carotenóides associados a proteína dão as carotenoproteínas, descobertas pela primeira vez no sangue dos mamíferos (Palmer e Eckles, 1914).

Os diferentes tipos de carotenoproteínas que são compostos atualmente mal conhecidos quimicamente, são extremamente numerosos e presentes em uma grande variedade de organismos (Cheesman, Lee e Zagalski, 1967). Particularmente abundantes nos Crustáceos, onde se manifestam por diversas cores, aparece, sob a forma de um pigmento azul difuso em numerosos Decápodes, e em particular na epiderme tegumentar de *Palaemon serratus*, onde Verne (1923) demonstrou pertencer ao grupo das carotenoproteínas.

No presente trabalho visamos o estudo do pigmento azul em *Palaemon serratus*, durante o período de manutenção em laboratório sob diversas condições. Observamos nos animais normais um aparecimento do pigmento azul em fundo escuro, qualquer que seja a alimentação, enquanto que nos animais submetidos à ablação da glândula do seio, ao contrário, o pigmento azul jamais aparece, quaisquer que sejam as condições de luminosidade e nutrição.

Os resultados obtidos nos levam a supor a existência de um hormônio que agiria sobre a formação ou destruição do complexo astaxantina-proteína. Poderia se tratar de um hormônio produzido pelo Órgão de Hanström, depois armazenado na glândula do seio onde seria submetido, antes de ser colocado no meio interno, a certas modificações físico-químicas (Gabe, 1967).

#### DIURNAL VARIATION OF OXYGEN CONSUMPTION RATE OF PLANKTON FROM CANANÉIA REGION (25°S 48°W)\*

H. de S. L. Mesquita  
Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo

The rate of oxygen consumption of plankton smaller than a 100  $\mu$ , from the estuarine region of Cananéia (28°S 45°W), was analysed over a two tidal cycle, in April and May 1975.

Data so far obtained indicate that the rate is not affected by tide and it is more related to the day-night cycle. Rates obtained during the day

\* Trabalho subvencionado pela FAPESP e pelo Fundo de Pesquisas do Instituto Oceanográfico, USP.

were higher than those obtained at night. The same is true for Chlorophyll *a* data. However, phaeopigments were, in general, higher at night. The analysis of Chlorophyll *a* and phaeopigments extracted from samples incubated "in situ" during both day and night-time, suggests that, other factors, rather than light and physiological conditions of the planktonic community, are responsible for their diurnal variation.

The fluctuations in Chlorophyll *a* content and in the oxygen consumption rate in surface waters collected during day and night were not accompanied by similar changes in particulate organic carbon (POC) dissolved oxygen, temperature and salinity.

The quantitative analysis of the plankton population, showed a decrease in the number of the chlorophyllous; cells and non-chlorophyllous organisms during the night. The bacterial population showed no significant change from day to night.

The reduction in number of organisms is more accentuated among the chlorophyllous cells and it occurs mainly in the size fraction between 10  $\mu$  and 0,45  $\mu$ .

A semi-quantitative analysis of the zooplankton population indicates a higher population density at night.

### EFFECTS OF SALINITY AND TEMPERATURE ON THE DEVELOPMENT AND SURVIVAL OF THE SOLITARY TUNICATE *ASCIDIA NIGRA*

Hélio R. T. Villalba

Institute of Biosciences and Institute of Marine Biology,  
University of São Paulo

The effects of salinity and temperature on the development and survival were investigated in *A. nigra*. The animals were collected at São Sebastião, São Paulo, where the sea water temperature ranges from 20°C in winter (July to September) to 28°C in the summer (January to March); the salinity varies from 32,5‰ to 35‰ (mean 34‰).

The degree of maturation and quantity of sperm and eggs of the animals seem to follow the sea water temperature curve, being at a maximum in the summer and at a minimum in the winter.

Fertilization can be obtained in the range 20°C to 30°C, in salinities ranging from 20‰ to 42‰. Normal embryological development, however, is obtained only in the interval 24°C to 28°C, in salinities ranging from 32‰ to 36‰. At other combinations of temperature and salinity the development is slowed down, a number of abnormal forms being present (tadpoles with a J tail, metamorphosis without previous attachment, etc.).

The young ascidians exhibit a high mortality during the first 20–30 days; experiments relating

to temperature and salinity tolerances were therefore conducted on young animals 100 to 120 days old.

Adults tolerate temperature variations up to 32°C during 50 days; any increase beyond this value is lethal to the animals. Good survival under laboratory conditions can be obtained in the interval 30–40‰ at temperatures of 24–25°C.

Tolerance to temperature and salinity were also studied in *Herdmannia momus*, *Ascidia sydneiensis* and *Styela plicata*; the results obtained shall be discussed and compared during the presentation.

### BIOLOGIA FUNDAMENTAL DA OSTRADO MANGUE COMO SUBSIDIO A UM PROJETO DE OSTRICULTURA NA BAIÁ DE TODOS OS SANTOS

Iracema A. Nascimento  
Departamento de Biologia,  
Universidade Federal da Bahia

O Projeto Ostricultura criado em 1971, através de um Convênio entre o Conselho Britânico e a Universidade Federal da Bahia, tem se desenvolvido por 4 anos nas proximidades da ilha de Itaparica na Baía de Todos os Santos, Brasil.

Durante estes anos, conseguiu-se saber o suficiente sobre a ecologia e aspectos biológicos da ostra nativa do mangue (*Crassostrea rhizophorae*), para possibilitar a implantação de uma fazenda piloto: Os resultados tem sido satisfatórios que se pretende ampliar o empreendimento a uma escala comercial, o que exigiria o conhecimento mais aprofundado de aspectos biológicos ainda não estudados na espécie, quais sejam reprodução e o desenvolvimento larval.

A reprodução tem sido estudada em uma população na Baía de Todos os Santos, através da caracterização morfo-histológica em estágios do ciclo sexual, obtendo-se os seguintes resultados:

1 – Na região de salinas da Margarida (Baía de Todos os Santos) a ostra do mangue apresenta durante o ano dois picos de eliminação de gametas (em torno de abril e outubro) e um de engorda, embora uma baixa taxa de eliminação de gametas possa ocorrer durante todo o ano.

2 – O teor de glicogênio da ostra varia em estreita relação com as diferentes fases do ciclo sexual, indicando um período de engorda em torno do mês de agosto.

3 – Salinidade e temperatura apresentaram uma variação não significativa durante o ano; se demonstrou correlação estreita entre estes parâmetros e as diferentes fases do ciclo reprodutivo.

4 – Os dados indicam relação estreita entre sexo e tamanho, predominando os machos entre indivíduos de menor área (até 8 cm<sup>2</sup>).

5 – Os valores do "sex ratio" foram baixos (0,18 a 0,74), mostrando claramente uma pre-

dominância de fêmeas na população estudada.  
6 - Na população considerada (1.410 indivíduos) encontrou-se uma percentagem de 0.64% de hermafroditas numa verdadeira graduação de estágios de viragem.

STUDY OF  
THE PHARMACOLOGICALLY  
ACTIVE SUBSTANCE FROM SERUM  
OF *GYMNOTHORAX* SP.  
(PISCES, TELEOSTEI, MURAENIDAE)

J. E. Lunetta and S. Umiji

Departamento de Fisiologia Geral  
do Instituto de Biociências - Instituto de Biologia  
Marinha - Universidade de São Paulo

The ichthyotoxin of moray eel serum was reported and its action was tested for animals used in laboratories, by Mosso (1888). Even though our knowledge about pharmacological actions of the *Gymnothorax* serum remain very scarce. Then we decided to investigate the moray eel serum actions on the isolated muscles preparations such as guinea pig ileum and rat uterus. The invertebrates non-striated muscles, the protractor muscle of Aristotle's lantern of *Echinometra lucunter* and the longitudinal muscle of *Holothuria grisea* were also used. The serum action on these preparations was compared with those of pharmacological drugs: 5-hydroxytryptamine, acetylcholine, histamine and some specific blockers such as BOL, antistine were used too. Our study allows us to report the following:

1. the occurrence of the substance (s) that promotes the contractions of the guinea pig ileum and rat uterus;
2. in the course of the investigations two different types of contractions of guinea pig ileum were verified by serum obtained from different animals (slow contracting substance);
3. serotonin-like agent is present in the *Gymnothorax* serum;
4. different ways of the serum action upon isolated muscles used may be related to physiological states of these animals or they belong to different species not identified yet, possibly the sympatric species.

FLORA BENTÔNICA DO URUGUAI

Javier Coll

Preliminary results on the Benthic Marine Flora of Uruguay show that the flora is not so poor as is usually considered, but rather poorly known. An historical survey, an account of several new references of marine benthic algae and a preliminary characterization and comparison with the better known benthic floras of Brasil and Argentina are presented, as a primary contribution to the knowledge of the phycological flora of Uruguay.

ECOPHYSIOLOGICAL STUDIES  
ON MARINE MOLLUSCS

Kaoru Hiroki

Many marine environments present O<sub>2</sub>-poor and/ or H<sub>2</sub>S containing waters. These environments are characterized by an impoverishment of the fauna and flora (BRAND, 1946; SVERDRUP *et al*, 1946; RICHARDS, 1965).

Experiments were carried out with three species of gastropods from the São Sebastião Channel to obtain comparative measurements of the resistance to oxygen-deficiency and to the simultaneous presence of H<sub>2</sub>S (see table below).

TABLE

Resistance of marine gastropods from the São Sebastião Channel (Brazil) to O<sub>2</sub>-deficiency and H<sub>2</sub>S. Temperature 24°C ± 1. Salinity 34,5‰

Species	50% mortality (LT <sub>50</sub> ) was observed after the exposed times (h) listed	
	O <sub>2</sub> - deficient sea water (<0,2 ml O <sub>2</sub> /l)	O <sub>2</sub> - deficient sea water +50 mgNa <sub>2</sub> S 9H <sub>2</sub> O/l
<i>Littorina ziczac</i>	78	72
<i>Neritina virginea</i>	202	120
<i>Olivella verreauxii</i>	26	26

LITERATURE CITED

- BRAND, T. von - Anaerobiosis in invertebrates, 328pp. Biodynamica. No. 4, Normandy 21. Missouri: Biodynamica 1946.
- RICHARDS, F. A. - Anoxic basins and fjords. In: Chemical Oceanography. Vol. 1. pp. 611-645. Ed. by J. P. RILEY, and G. SKIRROW. London and New York: Academic Press 1965.
- SVERDRUP, H. U., M. W. JOHNSON and R. H. FLEMING - The Oceans. Their physics, chemistry and general biology, 1087 pp. New York: Prentice-Hall Inc. 1946.

SEASONAL VARIATION OF BENTHIC  
INFAUNAL STANDING CROP AT  
THE BAY OF FLAMENGO  
(SÃO PAULO, BRAZIL)

Liliana Forneris

Departamento de Zoologia,  
Instituto de Biociências, USP

From June 1961 to July 1962 at 6 stations, 1-32 m depth, bottom samples were taken by means of a van Veen grab. At each station five replicate samples were collected. 4 types of bottom sediments are distinguished: sand, sandy mud, gray mud and black sulfide mud. Bottom temperatures ranged from 16.2°C (January) to 24.9°C (April).

Salinity of bottom water varied between 33.66% and 35.28%.

A total of 134 species and 4,093 individuals was recorded. The average density was 128 individuals/0.2 m<sup>2</sup> with a standing crop of 10g/0.2m<sup>2</sup> wet weight. The maximum standing crop lies in gray mud, 12m depth with an extreme value of 43.7g/0.2m<sup>2</sup> (April). Mud at 32m depth is of lowest productivity (0.2g/0.2m<sup>2</sup>, October). As to the weight echinoderms prevail followed by polychaetes. Crustaceans take a small part of the standing crop only. As to the numbers polychaetes predominate followed by echinoderms and molluscs. The latter are mainly small bivalves and echinoderms are mainly ophiuroids. For polychaetes a maximum abundance occurred in June 1961.

The low number of individuals and the low standing crop at 32m depth is accounted for by the instability of the environment. Although the sediment in 20m depth is similar to that in 5m depth the standing crop is two times lower in the first site. The standing crop of substrates with high percentages of silt and clay (black sulfide mud, 6m depth; gray mud, 32m depth) is dominated by polychaetes.

The fauna show great seasonal variation in abundance, standing crop and composition. There is also variation in space. The standing crop decreases in spring and increases in autumn. The variation in number of individuals shows no such pattern.

The structure and standing crop of the assemblages at the different stations is influenced by depth, substrate and other environmental parameters.

The seasonal fluctuation in populations are reflections of seasonal spawning of benthic invertebrates and of current system of the area.

#### VERTICAL MIGRATION OF *LUCIFER FAXONI* BORRADAILLE 1915 (CRUSTACEA, DECAPODA, MACRURA)

Maria Paloma Jimenez Alvarez  
Departamento de Zoologia  
Instituto de Biociências, USP

The series of quantitative samples studied here were taken by day and by night off Santos, Brazil, 20 miles SSE of the Moela Island (24° 16'S and 46° 00'W).

The sampling was made by means of a closing net Standard n°3 type, at intervals of 4h, by successive hauling through depths of 0m, 20-25m and 45m, over the isobath of 50m depth. Data of temperature, salinity and conditions of the climate accompanied the samples.

So as to investigate two problems viz: if the thermocline acts as a barrier to the vertical distribution of *L. faxoni* and if there is a difference in

the vertical migration of this species when in different stages of development and maturity, the several development stages of *Lucifer* were counted in each sample. These were especially favourable for this kind of investigation because the samples were collected over the continental shelf in a region where during summer there are two water layers: the surface warm layer and the deep cold layer of subantarctic origin, separated by a more or less strong thermocline.

Besides counting the several larval stages I determined the development of juveniles and adults, measuring the length of the preoral somite which is directly related to the total length of the animal. The spermatophore, the petasma and the two ventral spines of the sixth abdominal segment of the males as well as the development of the ovary in the females were also considered.

The data obtained until now indicate a variation in the migration of the different stages of development, especially when larval and adult behavior are compared. The thermocline is also a barrier for *L. faxoni*, limiting its distribution.

#### METABOLISMO CARBOIDRÁTICO EM EQUINODERMES

Marilene S. Camponez Bianconcini  
Departamento de Fisiologia, Instituto de Biociências  
& Departamento de Histologia e Embriologia,  
Instituto de Ciências Biomédicas,  
Universidade de São Paulo

O metabolismo da glicose por via glicolítica e as frequentemente discretas, porém importantes quantidades de glicose desviadas para o "shunt" das pentoses são pontos considerados comuns aos organismos. Porém, mesmo tais vias frequentemente se apresentam modificadas, pelo menos quantitativamente (Bennett e Nakada, 1968; Boulton e Huggins, 1970).

Entre os equinodermes encontram-se animais que formam uma variada gama na que toca aos graus de atividade e é tentador correlacionar essas atividades com os níveis metabólicos dos músculos desses animais. Porém, é muito difícil excisar os músculos dos membros dos grupos mais ativos, ofiuróides e asteróides, mas alguns ouriços do mar oferecem um excelente material nos músculos que operam o aparelho mastigador (lanterna).

A presença de enzimas da via glicolítica e do "shunt" das pentoses foi mostrada apenas indiretamente nesses animais, principalmente pelo efeito da adição de metabólitos intermediários e de bloqueadores (Mendes, 1954; Mattisson, 1959; Camponez, 1973). Como estudo cabal sob esse aspecto conta-se apenas com o realizado em *Holothuria grisea* por Avelar (1974).

O estudo dos aspectos bioquímicos do metabolismo carboidrático nos músculos de equinóides foi iniciado em *Echinometra lucunter*, pesquisando

do-se para tanto níveis de enzimas glicolíticas e de desidrogenases da via das pentoses.

Foram assim obtidas evidências de atividades de hexoquinase, glicose fosfato isomerase, fosfofrutoquinase, fosfoglicerato quinase, piruvato quinase, desidrogenase láctica, glicose-6-fosfato desidrogenase, 6-fosfogliconato desidrogenase e adenilato quinase. O estudo desta última atividade enzimática prende-se à bioenergética muscular.

Os níveis de atividades enzimáticas obtidos indicam que a glicólise e a via das pentoses têm importante papel no metabolismo desses músculos.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AVELAR, P.M.F. — Níveis e cinética comparativa de enzimas glicolíticas de músculo longitudinal de *Holothuria grisea* (Selenka, 1867) e de músculo de outras espécies de animais. Tese. Inst. Quim. Un. S. Paulo, 1974.
- BENNETT, R. Jr. & NAKADA, H. I. — Comparative carbohydrate metabolism of *Mytilus californianus* and *Haliotis rufescens*. *Comp. Biochem. Physiol.*, 24: 787-797, 1968.
- BOULTON, A. P. & HUGGINS, A. K. — Glycolytic activity in crustaceans. *Comp. Biochem. Physiol.*, 33: 491-498, 1970.
- CAMPONEZ, M. S. — Metabolismo e enzimas respiratórias dos músculos da lanterna do ouriço do mar *Echinometra lucunter*. Tese. Inst. Bioc. Un. S. Paulo, 1973.
- MATIISSON, A.G.M. — Cytochrome c, cytochrome oxidase and respiratory intensity in some types of invertebrates muscles. *Ark. Zool.*, 12: 143-163, 1959.
- MENDES, E. G. — Sobre o metabolismo e o equipamento enzimático de músculo longitudinal de *Holothuria*. *Bol. Fac. Fil. Cienc. Letr. Un. S. Paulo, Zool.*, 19: 123-193, 1954.

#### PROTOZOÁRIOS PSAMÓFILOS DO LITORAL BRASILEIRO

Monir Ragel Kattar  
Departamento de Zoologia  
da Universidade Federal do Paraná

É apresentado primeiramente o conceito de psamófilo, indicando ao mesmo tempo as principais características biológicas e citológicas dos ciliados psamófilos (tigmotactismo, fragilidade, euri-termia; massa do macronúcleo, inclusões citoplasmáticas de natureza calcária ou silicosa, ocorrência de mionemas e protricocistos intercínéticos) e as suas principais adaptações morfológicas (nematomorfismo, achatamento, prolongamento caudal).

Algumas espécies de ciliados intersticiais mais comuns nas areias das praias de São Sebastião são apresentadas em diapositivos obtidos a partir de microfotografias de animais tratados por impregnações argênticas, tais como *Euplotes vannus*,

*Holosticha* sp., *Diophrys scutum*, *Urostrongylum caudatum*, *Gastrostyla* sp., *Helicoprodon gigas*, *Geleia orbis*, *Condylostoma remanei*, *Strombidium sauerbreyae*, *Aspidisca tridentata*, *Remanella* sp., *Tracheloraphys* sp., e outras.

São traçadas, finalmente, algumas considerações sobre a importância dos protozoários psamófilos na cadeia alimentar e suas relações com a poluição marinha.

#### SOME OBSERVATIONS ON THE BIOLOGY OF *ARTEMESIA LONGINARIS* BATE, 1888 (CRUSTACEA, DECAPODA, NATANTIA)

P. Nascimento

The distribution range of *Artemesia longinaris* goes from Cabo São Tomé (Rio de Janeiro — Brasil) to Rawson (Argentina), the southernmost limit. The greatest concentrations along the Brazilian Coast are off Sta. Catarina and Rio Grande do Sul States. In general it is caught with another species of shrimp, *Hymenopenaeus mülleri*. Both juvenile and adult forms are caught in same area. This information was taken from the material collected during 4 "O/S Prof. W. Besnard" cruises in 1972. The vessel operated in the region between Tôres (Rio Grande do Sul) and Maldonado (Uruguay). The catches were taken by a Beam-trawl (6mm mesh-net) and an Otter-trawl (45mm mesh net at the end and 60mm along the web sack) (Iwai, 1975; PRGS II, Parte I: 502-534; GEDIP-IOUSP).

The bathymetric range of *A. longinaris* in these cruises was from 12m to 91m. Only in the 3rd. Cruise (August) it was collected beyond 30m of depth. In relation to the hydrographic stations in which the species was captured, 47.05% of the stations had a sand bottom; 25.49%, a sand mud bottom; 7.84% a sand-gravel bottom; and 5.88% a mud-sand bottom.

The sampling area was divided into two regions according to the occurrence of different water masses: 1) North of Conceição (lat. 32° 15'): In this area the species was caught from the Coastal Water with Tropical Influence (ACIT — 33.7% < S < 36.5%) on the January, April and August cruises. 2) South of Conceição: In this area the species was caught from three water masses: a) Coastal Water (ACO) in the January cruise; The salinity of the bottom of the hydrographic stations where this species occurred ranged from 31.8‰ to 33.5‰, b) Coastal Water under Subantarctic Influence (ACISA — S < 33.7‰) in the April and August cruises; c) Coastal Water greatly influenced by the La Plata River Estuary freshwater in the November cruise. The 1st. region was not sampled in this cruise. Here the salinity of bottom in the hydrographic stations where the species occurred ranged from 28.2‰ to 31.6‰.

The number of individuals of *A. longinaris*

was always greater than the *H. mülleri* when they are caught together (Nascimento e Tavares, 1975 Suplemento de Cienc. Cult. 27 (7): 381).

Small specimens were observed (less than 5mm of total length) with the smallest ones still bearing a rostrum and telson with the characteristic post-larva appearance and without distinguishable external genitalia (thelycum and petasma). The male have endopods on the first pair of pleopods (undeveloped petasma) while the females do not bear this structure. The XIIth and the XIIIth externites of the females are sculptured (undeveloped thelycum) while those of the males are not.

Males of the Penaeidae in the subadult stage are externally characterized by the joining of the endopods of the 1st. pair of pleopods which form the petasma (Pérez Farfante, 1969; Fish. Bull. 67 (3): 461-591). Observations on individuals captured in April with carapace length (c.l.) ranging from 3.5mm to 11.0mm showed that the petasmas appeared firstly joined when the c.l. was 7.5mm. In individuals captured in August, ranging from 2.0mm to 8.5mm c.l., the petasmas appeared firstly joined at 5.5mm c.l.

The males of Decapoda Reptantia are considered to be adults when spermatophores are found in the lowest parts of testis. Observations on 118 males captured in April, with a c.l. range from 3.16mm to 13.66mm, show that spermatophores are found in the lowest parts of testis at 8.0-8.4mm c.l. At the same time the coxa of the 1st. pair of pleopods bears a dorsal protuberance. It appears that the dorsal protuberance is a reliable external indicator of male maturity and is characteristic of the adult stage. It is not found in the females.

Females are considered to be adult when the spermatophores are found inside the spermathecae or on the external plates of thelycum (Pérez Farfante op. cit.). In *A. longinaria* the spermathecae are internal sacs behind the external plates of the thelycum (Christiansen y Scelzo, 1971; CARPAS/5/D. Téc. 16: 22). The thelycum was boiled for 1 hour in a 1% solution of potassium hydroxide in a water-bath. After this treatment the spermathecal apertures can be seen. They are transverse lateral openings between the anterior and the posterior thelycum processes. The sacs are invaginations of the thelycum and are completely collapsed when they are empty but when they contain spermatophores they are turgid and white.

POPULATIONS AND DIURNAL  
MIGRATIONS OF INHABITANTS OF  
THE SEAWEED *SARGASSUM CYMOSUM*  
C. AGARDH, 1921,  
AT UBATUBA, SP, BRAZIL

Pierre CH. Montouchet  
Departamento de Zoologia - UNICAMP

Twenty-nine samples of marine animals, mainly invertebrates, that inhabit the seaweed

*Sargassum cymosum* were collected in 1967 and 1968, at Ubatuba, Enseada do Flamengo (23°30'S and 45°4'20"W). They have been studied qualitatively and quantitatively. The main conclusions are these:

1. Out of 19,193 animals, 50.2% were Mollusca, 18.8% Polychaeta, 18.7% Crustacea, and 10.6% Echinodermata. As most of the Foraminifera, Copepoda, Ostracoda, Nematoda, and Acarina are less than 0.2mm, none were counted in the total or percentages. This is especially important for the percentage given here for Crustacea.

2. The distribution of frequencies of animals as functions of hour of sampling show that there is a strong diurnal migration of the fauna as a whole. Between 6 and 10h there is a migration down from the seaweed to the rocky substrate, and between 18 and 22h, the seaweed is again invaded by animals which stay in it through the night.

3. It is suggested that the animals have to respond to changes in the concentration of free O<sub>2</sub> and CO<sub>2</sub> in the seawater, factors which vary according to the photosynthetic activity of the plants. The descent out of the seaweeds by day, which in certain animals occurs against a positive phototaxy, is considered as a search for food on the surface of the rocks on which *S. cymosum* grows, and is a movement only possible during the day when seaweeds are producing oxygen in photosynthesis. *S. cymosum* by itself is not used as food, except in a few cases by young *Lytechinus variegatus*, and never significantly. The invasion of seaweeds by night is necessary in reaching water with more oxygen and less carbon dioxide brought to the upper surfaces of the plant layer by waves.

4. As a tentative approximation, despite considerable mathematical variability, periods of higher density could be noted for the animal species best represented in the samples. Most of the populations increased in the spring and continued high during the summer, then began to diminish in autumn to reach their lowest densities in the early winter.

5. Mollusca were studied in more detail: Prosobranchia represented 92.8% of them, Opisthobranchia 6.0% and Pelecypoda 0.6%.

6. The dominant species is *Tricolia affinis* (C. B. Adams, 1850), a prosobranch representing 18.1% of the total number sampled. This species shows diurnal migrations that are peculiar in showing late ascent of seaweeds in the evening. Perhaps *T. affinis* is more resistant than other organisms to an increase of CO<sub>2</sub> or a decrease of O<sub>2</sub>, and thus can stay on the rocks longer and compete in feeding better against the rest of the community.



## HISTOCHEMICAL STUDY OF NEUROSECRETED SUBSTANCE OF *PERNA PERNA* (MOLLUSCA LAMELLIBRANCHIATA)

Rosa Maria Veiga Leonel\*  
Departamento de Fisiologia Geral,  
Instituto de Biociências da USP

Neurosecretory cells have been demonstrated in the nervous ganglia of *Perna perna*. It was possible to establish the different stages of neurosecretory activity and its relation to reproduction (Umiji, 1969). The highest quantity of neurosecretory material is achieved during the sexual stage III (Lubet, 1959; Umiji, 1969).

The present study intends to clear the chemical nature of the neurosecretory material and the possible changes of the chemical composition, during the different stages of the sexual cycle of mature mussels (males and females), using histochemical reactions. The control of the neurosecretory cells activity for histochemical reactions was made by Bargmann's chrome-alum hematoxylin technique.

Responses of the various neurosecretory cells of the three ganglia pairs (cerebral, pedal and visceral ganglia) to the different histochemical tests, as well as to the chrome-alum hematoxylin technique, are summarized below:

a. *Chrome-alum hematoxylin*: There are a positive reaction to this stain on the neurosecretory cells of the three ganglia.

b. *Protein detection*: The neurons have showed a positive response for hydroxyphenyl, sulphhydryl, disulphide and free amino groups. The guanidil radical was not detected on pedal ganglion. All blockages have showed negative results.

c. *Carbohydrate detection*: We have detected mucopolysaccharides and mucoprotein. There are also  $\alpha$ -amilase resistant material.

d. *Lipids detection*: The research of neutral and acid lipids have showed negative results.

\* Bolsista da F.A.P.E.S.P.

## ON THE BIOLOGY OF THALASSINIDEA (CRUSTACEA, DECAPODA)

Sergio de Almeida Rodrigues  
Departamento de Zoologia, I.B., U.S.P.

The Thalassinidea are burrowing shrimps that live in galleries excavated in sand, mud, gravel or coral debris. These galleries are often rather deep, frequently more than 1,5m long, making the capture of specimens quite difficult. Consequently few informations are available on the biology of these fossorial animals.

The development of an efficient collecting method has permitted observations on the habitat, behavior, feeding and reproduction of several species belonging to the genera *Callinectes*, *Callinidea*, *Axianassa* and *Axiopsis*, collected in several places along the Brazilian coast and in Curaçao, Dutch Antilles.

## TEOR DE LÍPIDES TOTAIS EM MEXILHÕES (*PERNA PERNA* L. 1758), EM FUNÇÃO DO CICLO SEXUAL

Tania Mara Simões do Carmo\*

Foi constatado por Lunetta (1969), através de preparações histológicas, que as reservas glucídicas e lipídicas do mexilhão sofrem profundas modificações durante os diferentes estádios sexuais, denominados de estádios IIIA, IIIB e IIIC. Procurou-se verificar no presente trabalho, em função do que foi assinalado, a relação entre os diferentes estádios do ciclo sexual dos mexilhões e o teor de lípidos totais dos mesmos.

Comparando-se os resultados obtidos até o presente momento, verificou-se que nos mexilhões fêmeas, no estádio sexual IIIA (repleção total dos folículos pelos gametas) e no estádio sexual IIIC (fase de restauração das gônadas), o teor em lípidos totais é mais elevado que nos machos, nos mesmos estádios sexuais. Tal fato, entretanto, não é observado no estádio IIIB (esvaziamento total ou parcial dos folículos), no qual os animais machos apresentam um teor de lípidos maior que as fêmeas.

Nos mexilhões fêmeas, a quantidade de lípidos totais extraídos é marcadamente superior no estádio sexual IIIA, tendo a quantidade mínima sido observada no estádio sexual IIIB. Nos machos, foi também encontrado teor de lípidos totais mais elevado no estádio sexual IIIA, porém a quantidade nos estádios IIIB e IIIC foi equivalente.

## BIBLIOGRAFIA

LUNETTA, J. E. - Fisiologia da reprodução dos mexilhões (*Mytilus perna* - Mollusca Lamellibranchia). Zool. Bio. Mar. São Paulo. Nova Ser 26: 33-111, 1969.

\* Bolsista da CAPES.

## THE PHYTAL OF *HALIMEDA OPUNTIA* (LINNAEUS) LAMOUROUX

Yara Moema R. Leite  
Universidade Federal da Bahia

*Halimeda opuntia* is a calcified Chlorophyceae alga which consists of little flattened kidney-shaped nodules arranged as a tuft. This alga is distributed from the Caribbean region down to the

Coast of Bahia (Brazil). In this alga live animals of several taxonomic groups like sponges, hydroids, bryozoans, tunicates (sessile animals), polychaetes, amphipods, brachyuran decapods, echinoderms and nematodes (vagile animals).

Recently in Brazil, Montouchet, 1972, and Souza-Lima, 1970, studied animals from the phytal of *Sargassum cymosum* C. Agardh. The places chosen to the present study of *Halimeda*'s phytal were: Ondina Beach (exposed coast) and Mangui-nhos Beach (sheltered area). The material was collected during 1974-1975, during Summer and Winter months. The following results were obtained:

#### Manguinhos Beach

Winter 1974 - 2,9 animals per cm<sup>3</sup> of algae

Summer 1974 - 3,8 animals per cm<sup>3</sup> of algae

Winter 1975 - 1,9 animals per cm<sup>3</sup> of algae

#### Ondina Beach

Winter 1974 - 5,4 animals per cm<sup>3</sup> of algae

Summer 1974 - 3,2 animals per cm<sup>3</sup> of algae

Winter 1975 - 2,8 animals per cm<sup>3</sup> of algae

The more abundant groups of animals were: Polychaeta, Crustacea, Mollusca, Echinodermata.

*Halimeda opuntia* is very different in shape, size and texture from *Sargassum cymosum*.

The species of ophiuroids found in *Halimeda* are *Ophiotrix angulata* (Say, 1825) and *Ophiostigma isacanthum* (Say, 1825). The only species of ophiuroid found in *Sargassum*, was *Ophiactis lymani* (Ljungman, 1871). The following five species of molluscs were found both in *Sargassum* and *Halimeda*.

#### Gasteropoda

*Tricolia affinis* (C. B. Adams, 1850)

*Caecum corneum* (Duncker, 1875)

*Caecum pulchellum* (Stimpson, 1851)

#### Pelecypoda

*Musculus lateralis* (Say, 1822)

*Pinctada radiata* (Hanley, 1843)

Further comparisons and conclusions shall be made as soon as more adequate identifications can be obtained.