

200 1987

Investigación Acuícola en América Latina

Aquaculture research in Latin America

Proceedings der Taller de trabajo sobre Acuicultura en América Latina,
organizado por el International Foundation for Science (IFS), Stockholm
Sweden, en Lima, Peru

*Proceedings of the Latin american seminar on Aquaculture organised by
the International Foundation for Science (IFS), Stockholm, Sweden,
in Lima, Peru*

Editors: J.A.J. Verreth, M. Carillo, S. Zanuy and E.A. Huisman



Pudoc Wageningen 1987

1500-2000

CIP-gegevens Koninklijke Bibliotheek, Den Haag

ISBN 90-220-0925-4

NUGI 835

© Centre for Agricultural Publishing and Documentation (Pudoc), Wageningen,
Netherlands, 1987

No part of this publication, apart from bibliographic data and brief quotations embodied in critical reviews, may be reproduced, re-recorded or published in any form including print, photocopy, microform, electronic or electromagnetic record without written permission from the publisher Pudoc, P.O. Box 4, 6700 AA Wageningen, Netherlands.

Printed in the Netherlands

BIBLIOTHEEK
LANDBOUWUNIVERSITEIT
WAGENINGEN

CONTENIDO

Prólogo	1
Discurso por Dr. Carlos del Rió, presidente del CONCY-TEC, Perú.	2
Discurso de apertura de la reunión científica por Dr. Christina Arosenius, secretaria científica de IFS.	5
<hr/>	
ACUICULTURA GENERAL	7
U. Saint-Paul. Nuevas tendencias y perspectivas del cultivo de peces indígenas en agua dulce en América Latina.	9
R.J. Manrique. Estado actual de la acuicultura en Venezuela.	23
H. Navil, R. Sahonero y N. Galvez. Estado actual y potencial de la acuicultura tropical en Bolivia.	30
N. Galvez y J. Guenther. Estado actual de la acuicultura en Costa Rica.	38
PISCICULTURA	43
1. Reproducción	43
M. Carrillo. Bases fisiológicas de la reproducción de los peces y su relación con la acuicultura.	45
R.J. Manrique. Desarrollo embrionario y prolarval de la yuqueta <i>Diplectrum formosum</i> (L.), (pisces: serranidae). Resultados preliminares.	58
C.B. González, I. Siegmund, S. Troncoso y C.E. Caorsi. Estudio histoquímico e inmunocitoquímico de la hipofisis de <i>austromenidia laticlavata</i> (teleostei, atherinidae).	64
S. Zanuy. Aplicaciones prácticas del control de la reproducción en el cultivo de peces.	69
L. Ruiz, A. Soenz, J.L. Carreño y C. Villanueva. Reproducción del boquichico (<i>Prochilodus nigricans</i> agassis 1829).	79
G. Chediak y Z. Varela. Desarrollo de métodos para reproducción de los bagres, surubi (<i>Pseudoplatystoma coruscans</i>) y cabezón (<i>Stendachneridion scripta</i>). Resultados preliminares.	89
L. Alvarez-Lajonchere, J. Berdayes, O. Laíz y S. Díaz. Resultados de las experiencias de inducción del desove y cría de larvas de <i>Mugil liza</i> Valenciennes.	95
2. Nutrición	105
J.A.J. Verreth. El cultivo y la nutrición de alevines, sus perspectivas y problemas para el desarrollo acuícola.	107

M.G. Rios. Ecología alimenticia de larvas de bocachico (<i>Prochilodus reticulatus magdalenae</i>) en condiciones de laboratorio.	119
L. Herculano. Cultivo experimental de tambaqui, <i>Colossoma macropomum</i> Cuvier 1818, usando 4 tipos de dietas.	128
T. Luna. El efecto del contenido protéico y energético en la alimentación artificial sobre el crecimiento de <i>Colossoma macropomum</i> .	133
V. Venturi y L. Luna. Evaluación de extractos alimenticios colorantes sobre el músculo de la trucha arco iris <i>Salmo gairdneri</i> R.	139
3. Sistemas de producción, manejo y control ambiental	147
J. Reartes. Evaluación del pejerrey (<i>Basilichthys bonariensis</i>) para el cultivo en estanques.	149
A. Gonzalez. Policultivo del bocachico (<i>Prochilodus reticulatus</i>), la dorada (<i>Brycon moorei</i>) y la mojarra amarilla (<i>Petenia kraussii</i>) en aguas calidas de Colombia.	158
M.A. Saavedra. El efecto de la fertilización, del alimento formulado y de la densidad de siembra sobre el crecimiento y la supervivencia de <i>Oreochromis aureus</i> .	165
A. Porras. Crecimiento de <i>Oreochromis aureus</i> a altas densidades de siembra utilizando fertilización orgánica a base de estiércol de cerdo.	173
J. Moscoso. Uso de estiércol de vacuno en estanques piscícolas de <i>Oreochromis niloticus</i> en la región amazónica central (satipo) de Peru.	182
V. Paredes. Enfermedades parasitarias de peces tropicales del Peru.	192
L.C.A. Naegel. Sistemas integrados de agricultura - acuicultura: posibles problemas de salud debido al uso de excrementos.	197
CULTIVO DE CRUSTACEOS	207
H. Nava y R. Vicencio. Producción masiva de post-larvas de la especie <i>Macrobrachium rosenbergii</i> en el Perú.	209
A.M.P.A. Faraj, F.S. das Neves y C. Sankarankutty. Perspectivas del cultivo de <i>Macrobrachium</i> spp. en el nordeste del Brasil.	215
F. das Neves. Cultivo de post-larvas de camarón del género <i>Macrobrachium</i> en el laboratorio.	220
R. Vásquez, I. Fernández y A. Martinez. El cultivo larvario de <i>Macrobrachium rosenbergii</i> (De Man) en Cuba.	226
V.G. Salazar. Desarrollo larval de <i>Macrobrachium panamensis</i> en medios controlados. Ensayos preliminares.	230
J. Ruiz y R. Ruiz. Reproducción y cultivo de <i>Macrobrachium rosenbergii</i> en la zona atlántica de Costa Rica.	234
CULTIVO DE BIVALVOS	241
A. Pérez Camacho. El cultivo del mejillón (<i>Mytilus edulis</i>) y la ostra (<i>Ostrea edulis</i>) en Espana.	243

J.E. Winter y O.R. Chaparro. Estado actual, necesidades y perspectivas de la acuicultura de moluscos bivalvos cultivados en aguas templadas del pacífico de Sudamérica.	261
O.R. Chaparro y M.A. Sanhueza. Desarrollo embrionario y larval del choro zapato <i>Choromytilus chorus</i> (Bivalvia, Mytilidae), en condiciones de laboratorio.	271
J.C. Vera, J.O. Cárcamo, A.M. von Chrismar, E. Gutierrez y L.O. Burzio. Espermiogenesis, fertilización y desarrollo en <i>Choromytilus chorus</i> . Una aproximación molecular.	278
C. Bertrán, E. Jaramillo, A. Bravo y C. Velásquez. Efectos ambientales de los biodepositos en el estuario Queule (Chile) como consecuencia del cultivo de mitilidos.	291
G.F. de Medeiros y L. Câmara. Estudio faunístico de los moluscos bivalvos comestibles del litoral del Río Grande do Norte (Brasil) y su viabilidad para la acuicultura.	302
J.R. Villalaz y J.A. Gomez. Esquema de cultivo de bivalvos en Panama.	310
C.F. Reyes. Crecimiento en cultivo piloto de escalopa catarina (<i>Argopecten circularis</i>) en la bahía de bacochibampo, Mexico.	320
M. Pascual y A. Bocca. Cultivo experimental de la ostra puelche, <i>Ostrea puelchana</i> d'Orb, en el golfo de San Matias (Argentina)	329
CULTIVO DE ALGAS	347
B. Santelices. Metodos alternativos para la propagación y el cultivo de <i>Gelidium</i> en Chile central	349
R. Westermeier. Contenidos energéticos en una macroalga del sur de Chile, <i>Durvillaea antarctica</i> (Cham.) Hariot (Phaeophyta: Fucales)	367
J.M. Cancino y M.C. Orellana. Las perspectivas para la utilización de la fauna epífita (mitilidos) como fuente de nutrientes en cultivos de <i>Gracilaria verrucosa</i> en piscinas litorales	380
P. Koch y B. Gomez. Crecimiento y fraccionamiento celular de la microalga <i>Dunaliella tertiolecta</i> Butcher	393
E.C. de Oliveira y F.A.S. Berchez. Ensayos sobre el cultivo del alga roja <i>Hypnea musciformis</i> (Rhodophyta, Gigartinales) en São Paulo, Brasil	399
C. Câmara Néto. Informe sobre el cultivo de agarofitas y carragínofitas en Rio Grande do Norte, Brasil	410
CONCLUSIONES	421
B. Santelices. Problemas y desafios para hacer investigación científica en ecología marina en Chile.	423
M. Carillo & J. Verreth. Conclusiones del taller de trabajo de la IFS sobre la acuicultura en América Latina.	431

APPENDICES

435

1. Lista de especies	437
2. Documentación acuícola	439
3. Lista de proveedores de material acuícola	444
4. Lista de participantes	446

CONTENTS

Foreword	1
Address by Dr. Carlos del Ri6, presidente del CONCYTEC, Per6	5
Opening address by Dr.Christina Arosenius, scientific secretary, IFS,	5
<hr/>	
GENERAL AQUACULTURE	7
U. Saint-Paul. Recent developments and prospects of cultured indigenous freshwater fish in Latin America	9
R.J. Manrique. The current status of aquaculture of Venezuela	23
H. Navil, R. Sahonero and N. Galvez. The present status and potential of tropical aquaculture in Bolivia	30
N. Galvez and J. Guenther. The current status of aquaculture in Costa Rica	38
FISH CULTURE	43
1. Reproduction	43
M. Carrillo. Reproductive physiology of fish and its relationship with aquaculture	45
R.J. Manrique. Embryonal and prolarval development of <i>Diplectrum formosum</i> (L.), (Pisces: Serranidae). Preliminary results	58
C.B. Gonz6les, I. Siegmund, S. Troncoso and C.E. Caorsi. Histochemical and immunocytochemical study of the pituitary gland of <i>Austromenidia laticlavia</i> (Teleostei, Atherinidae)	64
S. Zanuy. Some practical applications of controlled fish reproduction	69
L. Ruiz, A. Soenz, J.L. Carre6o and C. Villanueva. Reproduction of "Boquichico" (<i>Prochilodus nigricans</i> Agassis 1829)	79
G. Chediak and Z. Varela. Preliminary results of the development of reproduction methods of the catfishes Surub6 (<i>Pseudoplatystoma coruscans</i>) and Cabez6n (<i>Stendachneridion scripta</i>)	89
L. Alvarez-Lajonchere, J. Berdayes, O. La6z and S. D6az. Induced reproduction and larval rearing of <i>Mugil liza</i> Valenciennes	95
2. Nutrition	105
J.A.J. Verreth. The production and nutrition of fish fry, it's role and constraints in aquacultural production	107
M.G. Rios. Feeding ecology of laboratory-reared boca-chico larvae (<i>Prochilodus reticulatus magdaleneae</i>)	119

L. Herculano. The use of four different diets in experimental cultures of tambaqui, <i>Colossoma macropomum</i> Cuvier 1818.	128
T. Luna. The effect of dietary protein and energy content on the growth of <i>Colossoma macropomum</i>	133
V. Venturi and L. Luna. The evaluation of pigmented feed ingredients on the meat quality of rainbow trout (<i>Salmo gairdneri</i> R.)	139
3. Husbandry systems, management and environmental control	147
J. Reartes. The suitability of Pejerrey (<i>Basilichtys bonariensis</i>) for pond fish culture	149
A. Gonzalez. Polyculture of bocachico (<i>Prochilodus reticulatus</i>), Dorada (<i>Brycon moorei</i>) and Mojarra amarilla (<i>Petenia kraussii</i>) in Colombia	158
M.A. Saavedra. The effect of fertilization, artificial diets and stocking density of growth and survival of <i>Oreochromis aureus</i> larvae and fingerlings	165
A. Porras. The growth of <i>Oreochromis aureus</i> at high stocking densities in ponds fertilized with pig manure	173
J. Moscoso. The use of cow manure in ponds of <i>Oreochromis niloticus</i> in the central Amazonan (Satipo) region of Peru	182
V. Paredes. Parasitic diseases of tropical fishes in Peru	192
L.C.A. Naegel. Integrated agriculture - aquaculture farming systems: possible health hazards from the use of excreta	197
PRAWN CULTURE	207
H. Nava y R. Vicencio. Mass production of <i>Macrobrachium rosenbergii</i> postlarvae in Peru	209
A.M.P.A. Faraj, F.S. das Neves y C. Sankarankutty. The potential of <i>Macrobrachium</i> spp. culture in northeast Brasil	215
F. das Neves. The culture of <i>Macrobrachium</i> postlarvae at laboratory scale	220
R. Vásquez, I. Fernández and A. Martinez. The larval culture of <i>Macrobrachium rosenbergii</i> in Cuba	226
V.G. Salazar. The larval development of <i>Macrobrachium panamensis</i> in a controlled environment. Preliminary results	230
J. Ruiz and R. Ruiz. Reproduction and culture of <i>Macrobrachium rosenbergii</i> in the atlantic region of Costa Rica	234
SHELLFISH CULTURE	241
A. Pérez Camacho. The culture of mussels (<i>Mytilus edulis</i>) and oysters (<i>Ostrea edulis</i>) in Spain	243
J.E. Winter and O.R. Chaparro. The state of the art, constraints and potential of bivalve culture in temperate waters of the South American Pacific	261

O.R. Chaparro and M.A. Sanhueza. Embryonal and larval development of the chilean giant mussel <i>Choromytilus chorus</i> (Bivalvia, Mitilidae), under laboratory conditions	271
J.C. Vera, J.O. Cárcamo, A.M. von Chrismar, E. Gutierrez and L.O. Burzio. Spermiogenesis, fertilization and development of <i>Choromytilus chorus</i> . A molecular approach	278
C. Bertrán, E. Jaramillo, A. Bravo and C. Velásquez. The environmental impact of biodeposits from mussel cultures on the Queule estuary (Chile)	291
G.F. de Medeiros and L. Câmara. Faunistic study of edible bivalves from the coastal zone of Rio Grande do norte (Brasil) and their suitability for aquaculture	302
J.R. Villalaz and J.A. Gomez. The culture of bivalves in Panama	310
C.F. Reyes. The growth of the scallop <i>Argopecten circularis</i> in pilot cultures in the bay of Bacochibampo, Mexico	320
M. Pascual and A. Bocca. Experimental culture of the oyster, <i>Ostrea puelchana</i> d'Orb, in the gulf of San Matias (Argentina)	329
ALGAL CULTURE	347
B. Santelices. Alternative methods for the propagation and culture of <i>Gelidium</i> in central Chile	349
R. Westermeier. The energetic content in a macro-algal species from south Chile <i>Durvillaea antarctica</i> (Cham.) Hariot (Phaeophyta: Fucales)	367
J.M. Cancino and M.C. Orellana. The perspectives of the epiphytic fauna (Mytilidae) as a nutrient source in pond cultures of <i>Gracilaria verrucosa</i>	380
P. Koch and B. Gomez. The growth and cellular fractioning of the micro-algal species <i>Dunaliella tertiolecta</i> Butcher	393
E.C. de Oliveira and F.A.S. Berchez. Culture trials of <i>Hypnea musciformis</i> (Rhodophyta, Gigartinales) in São Paulo, Brasil	399
C. Câmara Néto. The culture of agarophytes and carriginophytes in Rio Grande do norte, Brasil	410
<hr/>	
CONCLUDING REMARKS	421
B. Santelices. Problems and challenges of doing scientific research on marine ecology in Chile	423
M. Carillo and J. Verreth. Conclusions of the IFS Seminar on Aquaculture in Latin America.	431
APPENDICES	435
1. List of species	437
2. Aquacultural documentation	439
3. List of suppliers of aquacultural material	444
4. List of participants	446

FOREWORD
PRÓLOGO

In Latin America, aquaculture is still in its infancy. According to FAO statistics, out of the world total aquacultural production of about 10 million tons in 1985, less than 80000 tons was produced in Latin America. Yet, the continent is considered to have a vast aquaculture potential having large underexploited waterbodies which contain world's richest ichthyofauna, large and productive coastal areas and a well developed socio-economic infrastructure. As a matter of fact, South America is already one of the major producing areas of cultured shrimp in the world and locally, aquaculture has gained considerable economic importance.

In this context, the pressure on scientists to generate new information on promising species, culture technologies, husbandry systems, etc. is increasing. Since its inception in 1972, the International Foundation for Science (IFS) has intended to contribute to this development by funding for research to outstanding young scientists in this area. The organization of regional workshops where grantees and scientific advisers exchange information and debate future research plans, contributes to the upgrading of the aquacultural science in the area. The workshop held in Lima, Peru, in October 1986, was the second of this kind organized in Latin America, and with its 45 lectures one of the largest aquacultural workshops ever held by the IFS. In this regard, special thanks are owed to the Department of Fish Culture and Oceanography of the National Agricultural University "La Molina", Lima, Peru, which acted as perfect hosts and co-organizers for this meeting.

The proceedings of this workshop are contained in this volume. Their publication forms the second volume in a series of IFS Aquaculture Workshop proceedings, preceded by "Aquaculture Research in the Africa Region" which was issued in 1986 and edited by Prof. Huisman. The publication of this volume is a joint effort of IFS, the editors and Pudoc Press. The co-editors, Dr. M. Carillo, Dr. S. Zanuy and Prof. Dr. E.A. Huisman are acknowledged for sharing the labourous editing work. Dr. Carillo and Dr. Zanuy deserve special mentioning for their lion's share of the spanish corrections.

At this place, I would like to thank especially the Word Processing Office of the Wageningen Agricultural University, especially Mrs. R. Treffers, D. l'Ami, H. D'hondt and T. Neijenhuis for the painstaking typewriting in a language which was often poorly understood. The graphs were redrewed by Mr. W. Heije. Last but not least, the grantees themselves are acknowledged for their contributions which appear in this volume.

Johan Verreth
September 1987

DISCURSO, (Address)

por/by Dr. Carlos del Río, presidente del CONCYTEC, Perú

Distinguida doctora Arosenius,
Estimados invitados,
Damas y caballeros

El CONCYTEC se siente complacido de asistir a la inauguración de este Taller, donde se tratarán temas de gran importancia para el desarrollo de la acuicultura a nivel latinoamericano.

Así como la IFS apoya a investigadores jóvenes, generalmente en la aplicación de proyectos de difícil financiamiento, el CONCYTEC por su parte tiene también una política similar, apoyando sobre todo a los investigadores que se inician, o a aquellos que demuestran gran vocación en el área de la investigación.

El objetivo permanente de nuestra política científica y tecnológica es desarrollar plenamente la ciencia y la tecnología en función de la búsqueda de soluciones a los problemas estructurales del país, reducir significativamente las dependencias de tecnologías extranjeras y participar en ciencia y tecnología en el entorno regional y mundial. La propia Ley Orgánica del CONCYTEC le señala esta importante responsabilidad al asignarle atribuciones claras en concordancia con su alta responsabilidad nacional.

El Decreto Ley No 112 le señala como misión, el fomento, la coordinación y la orientación de la investigación científica y tecnológica en el Perú; por otro lado le compete formular la política de desarrollo científico y coordinarlo con la política de desarrollo económico y social; además, debe coordinar la investigación Estatal, vigilando que ésta se lleva a cabo dentro de los Lineamientos de Política de Desarrollo Científico y Tecnológico formuladas por el propio Consejo.

Este organismo de coordinación y fomento, estimula el desarrollo de la ciencia y tecnología dando apoyo técnico y económico a jóvenes con vocación científica, a científicos y a instituciones de investigación científica y tecnológica, mediante asignaciones subsidios pecuniarios que les permitan solventar los gastos de estudios de post-grado, de preparación de tesis y ejecución de sus proyectos de investigación.

Actualmente, el CONCYTEC viene realizando esfuerzos a fin de instituir un mecanismo de vinculación entre los institutos sectoriales de investigación, las universidades y el sector productivo, con el objeto de desarrollar un régimen de ciencia y tecnología que corresponda objetivamente a las demandas del desarrollo nacional. Esta importante labor de concertación y de apoyo se manifiesta principalmente en las coordinaciones de enlace y asesoramiento. De acuerdo a la política nacional de descentralización, ha constituido las Comisiones Departamentales de Ciencia y Tecnología, las Comisiones Consultivas Nacionales de Ciencia y Tecnología de grandes áreas problemáticas, y numerosas Comisiones Ad-hoc para la atención de asuntos ó temas específicos. Efectúa además importantes

coordinaciones sobre la política de desarrollo con el Instituto Nacional de Planificación y los organismos de los diversos sectores comprometidos en el desarrollo científico y tecnológico del país. Tenemos fé en que estas acciones nos conducirán a corto plazo a la institucionalización del sistema nacional de ciencia y tecnología como mecanismo permanente de vinculación y coordinación de actividades básicas para el desarrollo nacional.

El CONCYTEC conciente del alto rol que representa en la política de desarrollo de nuestro Gobierno, ha planteado los siguientes objetivos a mediano plazo, para el período 1986-1990.

1. Consolidar un sistema nacional descentralizado de ciencia y tecnología
2. Desarrollar e impulsar los procesos científicos y tecnológicos para el desarrollo integral, generando tecnologías apropiadas e incorporándolas en la agricultura, en las actividades extractivas, de transformación y de servicios, promoviendo la generación de empleo y el uso eficiente de los recursos disponibles.
3. Generar y adaptar los conocimientos y tecnologías necesarias para apoyar el desarrollo integral de las áreas rurales más pobres, en especial a través del estudio e incorporación a la producción de cultivos, crías y tecnologías nativas los que constituirán componentes fundamentales de la alimentación popular.
4. Desarrollar la ciencia y tecnología necesarias para un mejor uso y conservación de la energía no convencional, en concordancia con las regiones y zonas ecológicas del país, dando énfasis al autoabastecimiento de las áreas rurales deprimidas.
5. Fomentar un mejor conocimiento, uso y conservación de los recursos naturales, diseñando tecnologías apropiadas, con el fin de otorgarles mayor valor agregado en sus procesos de transformación; e incrementar los esfuerzos de protección del medio ambiente.
6. Movilizar los recursos nacionales y concertar las acciones del Estado con los sectores productivos, el sistema educativo y la infraestructura científica y tecnológica.
7. Orientar la formación y perfeccionamiento de los recursos humanos necesarios; el desarrollo descentralizado y democrático de los servicios de información científica y tecnológica; y, el equipamiento de la infraestructura hacia las áreas prioritarias.
8. Apoyar e impulsar la ciencia y la tecnología requeridas para la defensa nacional.
9. Establecer metodologías y mecanismos de selección, compra, asimilación, adaptación e innovación de tecnologías extranjeras, dando relevancia a los procesos de seguimiento, evaluación y corrección.
10. Incrementar y movilizar los recursos financieros internos y externos destinados al desarrollo de la ciencia y la tecnología, promoviendo el Fondo Nacional de Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología (FONDECYT), con carácter descentralizado.
11. Propiciar la consideración específica de la variable científica y tecnológica en el tratamiento de las rela-

- ciones internacionales.
12. Orientar y promover la investigación científica y tecnológica en ciencias humanas y sociales así como de las metodologías para su aplicación.
 13. Reconocer e impulsar el talento nacional en los campos relacionados con la ciencia y la tecnología, promoviendo la creatividad y estableciendo el núcleo de investigadores científicos, con énfasis en las ciencias básicas, en función de los objetivos nacionales.
 14. Promover el desarrollo de una cultura científica y tecnológica en todos los niveles de la sociedad peruana.
 15. Promover el desarrollo científico y tecnológico en las universidades del país tendientes a un mejor conocimiento de la realidad nacional y contribuir a solucionar sus problemas estructurales.
 16. Consolidar la implementación y la puesta en marcha de la Red Nacional de Información y Documentación Científica y Tecnológica Automatizada (RED INCIENTA), como componente del Sistema Nacional de Informática.
 17. Establecer las bases científico-tecnológicas conducentes a un Proyecto Nacional.

Apoya a las Universidades en los siguientes aspectos:

- Apoyo financiero a trabajos de investigación a ejecutarse por personal docente en el marco de las actividades del claustro y con empleo de los laboratorios y facilidades universitarias.
- Subvenciones a docentes universitarios de dedicación exclusiva para permitirles dedicar el tiempo requerido a trabajos de investigación.
- Apoyo económico a Tesis de post-grado y antegrado, para lograr el mayor número de graduados y post-graduados.
- Becas para ayudantías y pasantías en beneficio de los estudiantes de educación superior y de jóvenes investigadores que aspiran perfeccionamiento y especialización.
- Apoyo financiero a Laboratorios, Bibliotecas y Centros de Información y Documentación, de las Universidades Nacionales.
- Apoyo económico para realización de eventos científicos y publicación de libros, revistas ó boletines. Especialmente a Universidades de Provincia, y en proyectos de preferencia con participación de más de una institución. Desde este punto de vista, el apoyo a la investigación va dirigido a aspectos propios de las 3 regiones naturales del país, así como en el mar.

Por otro lado el CONCYTEC está interesado en tecnologías simples que permitan el desarrollo de la acuicultura especialmente en el medio rural, como una forma de contribuir a mejorar la dieta alimenticia del poblador rural. Este apoyo no sólo se continúa proporcionando, sinó que en el futuro va a intensificarse, para beneficio de los investigadores é investigación en el país.

DISCURSO DE APERTURA DE LA REUNION CIENTIFICA

Dr. Christina Arosenius, secretaria científica de IFS,
(Opening address)

Grev Turegatan, 19, 11438 Stockholm, Sweden

Distinguidos invitados,
Estimados participantes a este taller,
Damas y caballeros.

Como representante de la Fundación Internacional para la Ciencia, tengo el placer de darles la bienvenida a esta ceremonia de apertura del taller de trabajo denominado "Acuicultura en America Latina".

Asi mismo, quiero aprovechar la oportunidad para presentar a la Fundación Internacional para la Ciencia a aquellos presentes que no estan familiarizados con nuestra organización.

La IFS es un organismo no gubernamental fundado en 1972 y tiene como objetivo el tratar de disminuir la "fuga de cerebros" de los paises en vias de desarrollo y estimular la formación de competencia científica en estos paises. No somos un organismo grande, nuestro presupuesto anual es de aproximadamente 3 millones de dólares americanos y nuestro personal consiste en quince personas trabajando en la secretaria con sede en Estocolmo, Suecia.

Nuestro trabajo es respaldado por cerca de 500 asesores científicos de diversas nacionalidades y contamos con organismos miembros en 81 paises, siendo muchos de ellos Academias de Ciencias, Institutos de Investigación, y en algunos casos, Universidades.

La IFS apoya trabajos de investigación científica en siete áreas diferentes: Acuicultura, Producción Animal, Producción Vegetal, Silvicultura, Producción Alimentaria, Productos Naturales, y Tecnología Rural.

Este año en Junio, la IFS ha otorgado la beca numero 1000, y tenemos el gusto de tener a esta persona entre nosotros esta semana en Lima. Contamos con becarios en 87 paises en el Asia, Africa, Oceanía y America Latina. Más de un tercio de estos becarios han recibido una o más renovaciones.

El apoyo económico de la IFS esta dirigido a jóvenes científicos del tercer mundo, con buena formación profesional e iniciando su carrera científica. Este apoyo esta destinado a apoyo en la realización de un proyecto de investigación científica, en su propio país. El monto máximo de una beca es de 10.000 dólares americanos y, si el proyecto tiene un buen progreso, se puede otorgar hasta un máximo de tres renovaciones.

El apoyo de la IFS esta destinado a la compra de equipo de laboratorio, material fungible, y literatura. No puede ser usado para sueldos u honorarios para el investigador, lo que quiere decir que él debe formar parte del personal de una universidad o instituto de investigación, organismo que le proporcionaría los sueldos e infraestructura básica. Al mismo tiempo, nuestro reglamento estipula que cuando el proyecto de

investigación concluye, el equipo adquirido con fondos provenientes del apoyo económico de la IFS, pasa a ser propiedad de la institución donde se ha llevado a cabo la investigación.

Uno de los objetivos principales de la Fundación es el de promover contactos científicos y crear un trabajo regional conjunto entre becarios así como otros científicos que estuvieran trabajando en el mismo tema. Para este objetivo, la IFS otorga becas de viaje para participación en seminarios internacionales. Así mismo y con ciertas restricciones, se promueve visitas de expertos al lugar donde se está llevando a cabo el trabajo de investigación. Sin duda que una de las formas más eficaces de promover este tipo de contacto es la organización de talleres de trabajo en temas específicos. Consideramos que para los jóvenes investigadores es de vital importancia el poder presentar su trabajo, discutir sus problemas y tomar contactos personales con otros investigadores, como parte de su educación científica internacional.

Hasta la fecha, la IFS ha organizado 23 talleres dentro de las siete áreas científicas existentes. Cinco de estos talleres han sido en tópicos sobre acuicultura; en Malasia en 1978, en Costa de Marfil en 1979, Tailandia en 1980, Colombia en 1981, y Kenya en 1985.

Este evento en el Perú es el segundo en esta región, así como también el segundo hispano-parlante. Pensamos que existe un gran potencial para la acuicultura en este continente y que es un complemento muy útil para la agricultura y la pesca tradicional. La acuicultura provee proteína de buena calidad, oportunidades de trabajo a nivel familiar e industrial, así como fuente de ingreso para el país, ya que muchos productos tienen mercado de exportación.

La IFS actualmente apoya 150 proyectos en acuicultura en países en vías de desarrollo. 45 de estos proyectos están en América Latina y 31 de los investigadores que los llevan a cabo están presentes hoy en este evento, representando así a 20 países diferentes.

Esperamos que esta semana sea beneficiosa para todos ustedes, que puedan entablar discusiones interesantes y útiles, que retornen a su país con respuestas a sus dudas, y con contactos útiles para su futuro trabajo de investigación.

Para finalizar, deseamos agradecer a todos aquellos que han colaborado con la organización de este evento. En primer lugar, la Universidad Nacional Agraria de La Molina y nuestros becarios peruanos, especialmente el Ing. Víctor Venturi que ha estado a cargo de los arreglos locales. Nuestro agradecimiento se hace también extensivo al Ministerio de Asuntos Exteriores de España por su generosa contribución al financiar la participación de tres asesores científicos, y finalmente al DAAD de Alemania, por la contribución con un asesor de este país.

Bienvenidos una vez más y les deseamos una estancia placentera y útil en Lima.

Acuicultura general/*General aquaculture*

RECENT DEVELOPMENTS AND PROSPECTS OF CULTURED INDIGENOUS FRESHWATER FISH IN LATIN AMERICA

NUEVAS TENDENCIAS Y PERSPECTIVAS DEL CULTIVO DE PECES INDÍGENOS EN AGUA DULCE EN AMÉRICA LATINA

U. Saint-Paul

Institut für Hydrobiology und Fischereiwissenschaft, Olbersweg 24, D-2000 Hamburg 50, Federal Republic of Germany

Resumen

La producción debida a la acuicultura en América Latina es practicamente insignificante (0.8% de la producción mundial en 1985). La acuicultura practicada desde la decada de los 40 se ha enfocado hacia el cultivo de especies no indigenas como la carpa, la tilapia y los salmónidos. Actualmente, sin embargo la atención se dirige más hacia la acuicultura en general y muy particularmente hacia el cultivo de especies autóctonas. Esta nueva tendencia se ha estimulado grandemente tras el seminario CARPAS celebrado en Montevideo y es ampliamente discutida y revisada en el presente trabajo.

Summary

The aquaculture production in Latin America is almost neglectible. From the total world fish yield in 1985, only 0.8% was produced in Latin American aquaculture. Be it that aquaculture in this continent has been practised since the 1940's, mainly focussed on non-indigenous species like carp, tilapia, salmonids, in recent years more attention is drawn to the culture of aquatic organisms in general and to the culture of indigenous species in particular. This new trend in development, was given a strong impulse by the 1976 CARPAS seminar in Montevideo, and will be reviewed in this paper.

Introduction

The aquaculture production in Latin America is very low, accounting for only 0.8% of the total world yield of 9.5 million tons (Table 1). The majority of this small percentage is produced on *Penaeus* farms, in Ecuador and Central America. Compared to capture fisheries, which lands about 9 million tons annually (12.5% of the total world catch), the importance of aquaculture in Latin America is relatively insignificant. The special geographic situation of this continent and the feeding habits of its population led in former years to protein production through cattle farming and capture fisheries. However, the limited natural fish resources in both fresh and marine water, the increasing cost of the fishing fleet and the change in maritime laws have drawn more attention to aquaculture in recent years.

Table 1. World fish culture production by region and by commodity group (Estimate for 1983). After Huisman (1986).
Cuadro 1. Producción acuícola mundial dividida por región y grupo de organismos (estimación para 1984). Según Huisman (1986).

Region	Finfish	Molluscs metric tonnes	Crustaceans (%)	Total
Asia & Ocea.	2 912150 (72.7)	4 466150 (84.4)	133550 (79.1)	7 511850 (79.3)
Europe	908150 (22.6)	643900 (12.2)	100 (-)	1 552150 (16.5)
North Amer.	154950 (3.9)	144800 (0.7)	17450 (10.3)	317200 (3.3)
Latin-Amer.	21500 (0.5)	38500 (0.7)	17900 (10.6)	77900 (0.8)
Africa	11550 (0.3)	250 (-)	- (-)	11800 (0.1)
Total	4 008300 (42.3)	5293600 (55.9)	169000 (1.8)	9 470900 (100)

In 1976, a CARPAS status seminar on the contemporary development of aquaculture in Latin America was held in Montevideo. It was reported that in Latin America, aquaculture has been practiced since the 1940s. The earlier experiences were gained in the culture of fish for stocking natural and artificial water bodies. Some of the fish raised were native species. More intensive forms of aquaculture employed exclusively non indigenous species, such as tilapia, carp, and salmonids.

The 1976 conference was rather stimulating and during the past ten years modest progress has been made in the development of South American aquaculture. Successful attempts to culture indigenous species during the last years, led to a new path of development for fish culture. This paper will present a review of these culture attempts.

Osteoglossidae

The carnivorous *Arapaima gigas* is confined to the Amazon basin, the western Orinoco, and the Rupununi and Essequibo systems of the Guyanas. Its maximum weight can reach 200 kg. Since the 1940s this species was successfully maintained and propagated in ponds (Fontenele, 1953; Bard, 1973). Juvenile fish were used to stock small lakes, impoundments, and natural water bodies (Fontenele & Vasconcelos, 1982; Wosnitza-Mendo, 1984). A growth of up to 0.8 m in the first and 1.5 m in the second year was achieved. Under intensive culture conditions, the fish grew from 19 g to 1560 g in 10 months during one set of trials and from 15 g to 4 kg within one year and further to 15 kg by the 26th month during another trial (Table 2,3) (Von Sengbusch et al., 1974; Meske, 1980; Von Sengbusch, 1980).

Curimatidae

In a discussion on aquaculture, the genera *Prochilodus* and *Semaprochilodus* deserve mention. *Prochilodus* species can attain a weight of 2 kg while *Semaprochilodus* reaches only a weight of 300 to 400 g. They are found in the floodplain lakes of the Orinoco, Amazon, and La Plata River systems. The adults are detritivorous but the juveniles seem to feed additionally on zooplankton.

There are many reports of successful induced reproduction by means of hypophysation (Von Ihering & Azevedo, 1934; De Menezes, 1945; Fontenele, 1953; 1955b; Solano, 1973; Hilders & Bortone, 1977; Eckmann, 1980, 1983, 1984a; Castagnolli & Cyrino, 1980; Fenerich et al., 1981; Silva Filho, 1981).

Because of their detritivorous feeding habits, curimatids are not suitable for intensive monoculture in ponds. There are numerous papers concerning growth rates under different stocking densities (Table 2,3). Under extensive culture conditions, at a stocking density of 1000 to 10000 fish/ha, they grow to a market size of 300 to 500 g in a production time of about 24 months. This corresponds to a net production of 0.5 to 1 t/ha/year (Jensen, 1974; Rodriguez et al., 1980; Pinto et al., 1981; Novoa & Ramos, 1982a; Eckmann, 1983; Rey Navarro, 1984a; Leite et al., 1985; Resende et al., 1985). In polyculture systems, higher production figures are reported (Rey Navarro, 1984b; Ramos Henão, 1984).

Table 2. Growth results of South American freshwater fish
Cuadro 2. El crecimiento de peces latinoamericanos de agua dulce.

	Species*				
	1	2	3	4	5
Temp. (°C)	25-30	25-30	25-30	25-30	15-20
Market size (g)	>5000	300-500	> 500	> 500	100
Production time (months)	15	24	12	18	36
Growth rate (%/day)	1.5	1.0	1.4	0.9	-
Production (t/ha/yr)	-	0.5-1.0	2	-	1.9

* 1 = *Arapaima gigas*, 2 = *Prochilodus* sp. & *Cichla* sp.,
3 = *Brycon* sp., 4 = *Astronotus* sp., 5 = *Basilichtys* sp.

Table 3. Conditions for ongrowing of South American fresh-water fish.

Cuadro 3. Las condiciones para el engorde de peces dulce-acuícolos de América Latina.

	Species*				
	1	2	3	4	5
<u>Temperature (°C)</u>					
upper lethal	-	-	> 40	> 38	-
lower lethal	-	-	< 15	> 15	-
optimum	25-30	25-30	25-30	25-30	15-20
<u>Feeding</u>					
natural diets (incl.add.feed.) rations	fish -	++ +	++ ++	++ +	++ +
<u>Ongrowing facilities</u>					
pond monocult.	++	+	++	+--+	++
pond polycult.	++	++	+	+--+	-

- no information; + less common; ++ most common

* 1 = *A. gigas*, 2 = *Prochilodus* sp., *Cichla* sp., 3 = *Brycon* sp.,
4 = *Astronotus* sp., 5 = *Basilichthys* sp.

Serrasalminidae

Two of the three *Colossoma* species, *C. macropomum* and *C. brachypomum* occur in the Orinoco and Amazon River systems while *C. mitrei* inhabits the Paraná-Uruguay river. *C. macropomum*, the largest species, can reach 30 kg.

Adults are considered to be exclusively frugivorous, while juveniles are omnivorous, feeding additionally on zooplankton. None of the species have yet been induced to breed naturally in captivity. However, reports of successful hypophysation experiments on *Colossoma* spp. have already been made in Brazil, Venezuela, Perú, and Panama (Da Silva, 1975; Da Silva et al., 1977; Godinho et al., 1977; Hilders & Bortone, 1977; Woynarovich, 1977, 1986; Bermudez et al., 1977; Rios, 1981a,b; Lopes & Fontenele, 1982; Romero, 1982; Malco, 1983; Mendonça, 1983, 1984). Also positive results of combined dosages of hypophysis extract and a synthetic HGH hormone, or by the applications of the gonadotrophic hormones SGG 100 and LH-RH are reported. Hypophysation is mostly done through two injections. Females, weighing at least 7 kg, receive 5 mg of hypophysal dry weight per kg, after being prepared by a first injection with about 10% of this dosis. Males are given 0.5 mg/kg with the first and 1.0 mg/kg with the second injection (Lopes & Fontenele, 1982; Woynarovich, 1986). Females weighing between 10 to 15 kg lay between one and two million eggs. Eggs are fertilized dry. The incubation period at 26-29°C is 17-23 h. The semi-pelagic eggs develop successfully in a Zoug jar. The yolk sac stage lasts 4 days, and first feeding oc-

curs 5 days after hatching. The procedure of artificial reproduction of *C. brachypomum* and *C. mitrei* is similar. Informations are given by Godinho et al. (1977), Castagnolli & Donaldson (1981), Pinto & Castagnolli (1984), and Godinho & Godinho (1986).

There are only limited informations available on the nutritional requirements of *C. macropomum* (Macedo, 1979; Carneiro, 1981; Eckmann, 1983, 1984b; Da Silva et al., 1984; Darmont & Salaya, 1984; Nuñez & Salaya, 1984).

This species can live on both natural and artificial food. Artificial feed should contain about 30% protein. The amount of protein from animal sources can be quite small (Werder & Saint-Paul, 1978; Saint-Paul & Werder, 1981). The knowledge of the nutrition of *C. brachypomum* is also very sketchy. Some research data about the protein requirements of *C. mitrei* are available (Carneiro et al., 1984a,b; Carneiro & Castagnolli, 1984). The results, however, are contradictory. In this area a lot of research is obviously still needed.

Pond monoculture with *C. macropomum* has been successfully practiced in Brazil (Da Silva et al., 1974, 1978, 1984, Lovshin, 1980; Saint-Paul, 1984, 1985), Venezuela (Hilders & Bortone, 1977; Valdez, 1984), Colombia (Phelps & Popma, 1980), and Peru (IMARP, 1979; Eckmann, 1983, 1984b) (Table 4,5). The stocking density ranged from 1180 to 10000 fish/ha. The maximum production was 9.2 t/ha. In Venezuela the first commercial fish farm with an annual production capacity of 300 to 400 t has been set up. Fry needs about 14 months to grow to a commercial size of 2-3 kg (Anonymous, 1986). Polyculture of *Colossoma* sp. with tilapia or carp was conducted in Brazil (Da Silva et al., 1978; Silva et al., 1984). At a combined stocking density of 10000 fish/ha, a yield of 8.9 t/ha was achieved. Preliminary but not very stimulating reports on cage culture are available from Venezuela (Darmont & Salaya, 1984; Nuñez & Salaya, 1984).

The growth rate of *C. brachypomum* seems to be less promising (Table 4,5). The greatest production, 8.3 t/ha per year, was achieved at a stocking density of 10000 fish/ha (Sobrinho et al., 1984; Da Silva et al., 1980).

Under extensive and semi-intensive culture conditions, *C. mitrei* grew to a final weight of 577 g within one year, corresponding to an annual production of 5.9 t/ha (Table 4,5) (Ferrari & Bernadino, 1984). However, *C. mitrei* still shows satisfactory growth rates at temperatures between 15 and 20°C. Hybrids of *C. macropomum* and *C. mitrei* are supposed to combine excellent growth rates with low temperature tolerance.

Characidae

In the Central Amazon region *Brycon cephalus* and in the Peruvian Amazon region, *B. erythropterus* seem to be most promising characid species for aquaculture. They are artificially reproduced by hypophysation (Eckmann, 1984a,c; Rios, 1981a,b).

Although they are described as omnivorous, the proportion of plant material in the diet is large. Artificial diets should contain about 35% protein (Saint-Paul & Werder, 1981). Up to 20% of the feed could be replaced with dried water hya-

cinth without any reduction in growth (Saint-Paul et al., 1981). In pond experiments, best growth rates of more than 500 g per year, corresponding to an annual production of about 2 t/ha, were achieved under semi-extensive conditions (Table 2,3) (Guevara et al., 1979; Werder & Saint-Paul, 1981; Eckmann, 1983). Under extensive conditions fish grew from 2 g to 1096 g in 476 days (Novoa & Ramos, 1982b).

Atherinidae

Both, *Basilichthys bonariensis* and *B. australis*, feeding mainly on zooplankton or phytoplankton, occur in Argentina, Chile, and South Brazil. They were introduced as well in Uruguay, Bolivia, and Peru. They have become fully adapted to live in fresh water. Preliminary culture attempts under semi-intensive conditions showed a very poor individual growth of 5.5 g after the first year (Luchini et al., 1980, 1984). Under extensive culture conditions a weight gain of more than 500 g after the first year is reported (Table 2,3) (De Mafra, 1983).

Cichlidae

Cichla ocellaris, *C. temensis*, and *Astronotus ocellatus* seem to be suitable for culture purposes (Table 2,3). *Cichla*, a predator, can reach a weight of 6 kg while *Astronotus*, feeding mainly on terrestrial and aquatic invertebrates, is smaller (1 kg). They all reproduce without any difficulties in captivity (Braga, 1952; Fontenele, 1955a). Fingerlings of both genera have been used for stocking numerous lakes and impoundments, (Sawaya & Maranhão, 1946). In ponds, *A. ocellatus* grows to 250-300 g in a year (Braga, 1962).

Table 4. Growth results for *Colossoma* spp.
Cuadro 4. El crecimiento de *Colossoma* spp.

	<i>C. macropomum</i>	<i>C. brachypomum</i>	<i>C. mitrei</i>
Temperature (°C)	27-32	27-32	22-29
Market size (g)	1000-1500	1000-1500	~ 1000
Production time (months)	12-18	12-18	24
Growth rate (%/day)	0.4-1.6	0.7-1.2	1.2
Production (t/ha/yr)	1.2-9.2	2.5-8.0	5.9

Table 5. Conditions for ongrowing of *Colossoma* spp.
 Cuadro 5. Condiciones para el engorde de *Colossoma* spp.

	<i>C. macropomum</i>	<i>C. brachypomum</i>	<i>C. mitrei</i>
<u>Temperature (°C)</u>			
upper lethal	> 40	> 40	> 35
lower lethal	< 15	< 15	< 10
optimum	27-32	27-32	20-28
<u>Feeding</u>			
natural diets	+	+	+
chicken diets (16% protein)	++	++	++
fish diets (30% protein)	+	+	++
agricultural byproduct	++	+	-
<u>Ongrowing facilities</u>			
pond culture	++	++	++
tank culture	+	+	+
cage culture	+	-	+
- no information; + less common; ++ most common			

Discussion

Of all the continents, South America possesses the richest ichthyofauna. In the Amazon region alone, it is estimated that over 2000 species occur. In spite of this great potential, it was initially believed that the establishment of pond culture facilities would succeed most rapidly if traditional aquaculture species such as tilapia, carp and trout, were introduced. The reason for this was a lack of knowledge of the culture technology of native species. Exotic species, like tilapia, were introduced without any control. These activities will create, and already have created, great ecological problems if the introduced species escape and become adapted to natural habits, thus modifying indigenous bio-communities. The use of such species would provide only very short-term advantages. The present review of the culture attempts using endemic fish species, clearly demonstrates that South American aquaculture can be developed best in the future if native species are used.

The analysis shows, that the majority of the species mentioned are suitable for warm water aquaculture. They all need water temperatures above 20°C. Therefore, they can only be cultivated in climatic areas of the tropical rain forest and the savannah. These are the lowlands of Bolivia, Peru, Colombia, and Central America, but also Venezuela, Guyana, Surinam, and the greatest part of Brazil.

Only the species belonging to the Atherinids, some Cichlids, and to a certain extent *C. mitrei*, can tolerate water

temperatures below 20°C. That is why these species can be cultured in the temperate climatic zones of South America, e.g. South Brazil, Uruguay, Argentina, Chile and the highlands of the Andes.

Which of the species mentioned show the best suitability depends on the kind of production method chosen. A major goal of regional development, especially in the tropical zone, is to meet the basic needs of the local people. Considering the low standard of living of the local population and the special socio-geographical situation, fish culture can succeed only when it is based on fish species suitable for the extreme limnological conditions that prevail in tropical ponds. Furthermore, it is important that the species chosen are able to feed on plant material, including the waste products of agriculture. They also should produce offspring in adequate numbers.

The *Colossoma* species fulfil nearly all of these requirements. South American aquaculture is now concentrating more on these local species. However, the main problem remains the production of fingerlings, which can still only be obtained by artificial reproduction methods. To employ artificial breeding methods advanced skills and technologies are required. Therefore it is recommended that centrally located breeding facilities should be constructed. Based on the available production figures, the average yield per year from a semi-extensive monoculture of *Colossoma* is 3t/ha. Thus, a 0.2 ha pond area is sufficient to supply nearly the entire daily requirements of an average family of ten persons. However, there is still a serious lack of knowledge regarding the nutritional requirements of the species.

Besides the *Colossoma* species, the analysis of available growth data shows that some species of the genus *Brycon* could be suitable for monoculture as was demonstrated in the vicinity of Manaus and in Peruvian ponds (Werder & Saint-Paul, 1981; Eckmann, 1983).

Of the three carnivorous species, *Arapaima gigas*, *Cichla ocellaris*, and *Astronotus ocellatus*, which all are of high market value, only *A. gigas* shows excellent growth rates under intensive culture conditions. Because of the high feeding costs, only an intensive way of cultivation, could be profitable provided that it is located close to densely populated urban areas, provided with good infrastructure.

The only endemic species from outside the tropics that have been tested for their aquaculture suitability, are atherinids. The experiences gained in Chile and Argentina have provided only tentative growth and production data which do not allow a final prognosis concerning their culture suitability.

It is remarkable that so few investigations of polyculture systems have been undertaken. By using this technique, a considerable yield increase can be expected. Attempts to culture *Colossoma* and tilapia in Brazil and experiences with numerous endemic species in Venezuela seem to confirm this for South American fish. Systematic studies on different polyculture systems are necessary.

The further development of fish culture in South America will depend mainly on its financial success. During the first development phases, biological questions assumed most atten-

tion, but in the future more importance should be paid to the production economics. Besides the initial investment for pond construction, there are operating costs for the stocking material and the feed that must be considered. Because fish seed has to be produced in central breeding facilities, the operating costs of such facilities are urgently required.

Big reservoirs for the production of hydroelectric energy are under construction or are planned in the Brazilian Amazon (Junk, 1984). Because certain native fish species do not spawn in these man-made lakes, fish production will depend largely on stocking of hatchery raised fingerlings. This will only be possible by increasing national aquaculture activities.

In summary, because of a unique ichthyofauna and reasonable marketing facilities, it is evident that there are outstanding suitable indigenous herbivorous and omnivorous fish species available for aquaculture in South America, especially for a culture system designed to meet the basic needs of the people. More intensive culture systems with carnivorous species could be profitable because of their high market value and excellent quality. A basic requirement for both, is the establishment of central breeding facilities to produce the stocking material. There is still a lack of information on the economics of commercial monoculture. Nevertheless, whenever such information is available, it makes seem practical to establish fish production facilities both as a main business and as a part-time activity.

References

- X Anonymous, 1986. Venezuela farms a fruit eating eater. Fish farming international, 13 (12): 5.
- Bard, J., 1973. Les poissons de la famille des Osteoglossidae et la pisciculture. Bois For. Trop., 147: 63-70.
- Bermudez, D.A., Prada Ch., N.R. & Kossowski, C., 1979. Ensayo sobre la reproducción de Cachama *Colossoma macropomum* (Cuvier) 1818 en cautiverio. Universidad Centro Occidental, Escuela de Agronomía, Barquisimeto, Venezuela, 23 pp.
- X Braga, R.A., 1952. Ovo, larva e alevino de Tucunaré, *Cichla temensis* Humboldt, em cativoiro (Actinopterygii, Cichlidae). Rev. Ind. Anim., 13: 41-46.
- Braga, R.A., 1962. Apaiarí ou Acará-Açú, *Astronotus ocellatus ocellatus* (Agrassiz, 1729). Serviço de Piscicultura, Fortaleza, 2 pp.
- Carneiro, D.J., 1981. Digestibilidade proteica em dietas isocalóricas para o tambaqui, *Colossoma macropomum* (Cuvier, Pisces). An. 2. Simp. Bras. Aquicult. e 2. Enc. Nac. Ranicult., SUDEPE, Brasília, pp. 788-800.
- Carneiro, D.J. & Castagnolli, N., 1984. Nutrição do pacú, *Colossoma mitrei* (Berg, 1895). II. Digestibilidade aparente da proteína em dietas isocalóricas. An. Simp. Bras. Aquicult. III São Carlos-SP, pp. 125-132.
- Carneiro, D.J., Castagnolli, N., Machado, C.R. & Verardino, M., 1984a. Nutrição do pacú, *Colossoma mitrei* (Berg, 1895), Pisces, Characidae. I. Níveis de proteína dietária. An. Simp. Bras. Aquicult. III São Carlos-SP, pp. 105-125.

- Carneiro, D.J., Castagnolli, N., Machado, C.R. & Verardino, M., 1984b. Nutrição do pacú, *Colossoma mitrei* (Berg, 1895). III. Níveis de energia metabolizável em dietas isoproteicas. An. Simp. Bras. Aquicult. III São Carlos-SP, pp. 133-146.
- Castagnolli, N. & Cyrino, J.E.P., 1980. Desova induzida de curimatá, *Prochilodus scrofa*, Steindachner 1881 (Pisces, Prochilodontidae). Cienc. Cult., 32: 1245-1254.
- Castagnolli, N. & Donaldson, E.M., 1981. Induced ovulation and rearing of the pacú (*Colossoma mitrei*). Aquaculture, 25: 275-279.
- Darmont, M. & Salaya, J.J., 1984. Ensayo de cultivo de la cachama, *Colossoma macropomum*, Cuvier 1818, en jaulas rígidas. Mem. Asoc. Latinoam. Acuicult., 5: 465-479.
- Da Silva, A.B., 1975. From research institutions: induced breeding of tambaqui and pirapitinga. FAO Aquacult. Bull., 7:5.
- Da Silva, A.B., Fernandes, J.A., Sobrinho, A.C. & Lovshin, L.L., 1974. Testes preliminares em viveiro com Tambaqui, *Colossoma bidens*. Observações preliminares em viveiros com pirapitinga, *Mylossoma bidens*. Ministerio do Interior. SUDENE, Série Estudos de Pesca No. 3, 17 pp.
- Da Silva, A.B., Sobrinho, A.C. & De Melo, F.R., 1977. Desove inducido de "tambaqui" *Colossoma macropomum*, Cuvier 1818, con el uso de hipofisis de "Curimatá comun", *Prochilodus cearensis* Steindachner. I Simp. Asoc. Latinoam. Acuicult., Maracay, Venezuela, 7 pp.
- Da Silva, A.B., Sobrinho, A.C., De Melo, F.R. & Lovshin, L.L., 1978. Mono e policultivo intensivo do tambaqui, *Colossoma macropomum* Cuvier, 1818, e da pirapitinga, *Colossoma bidens* Spix, 1829, com a híbrido macho das tilápias, *Sarotherodon niloticus* (♀♀) Linnaeus e *Sarotherodon hornorum* (♂♂) Trewavas. II. Simp. Asoc. Latinoam. Acuicult., Mexico D.F., 9 pp.
- Da Silva, A.N., Sobrinho, A.C., Lovshin, L.L., Silva, F.W.B. & De Melo, F.R., 1980. Análise quantitativa de um segundo ensaio preliminar sobre a criação intensiva da pirapitinga, *Colossoma bidens* (Spix). An. Simp. Bras. Acuicult. I. Rio de Janeiro, pp. 285-289.
- Da Silva, A.B., Sobrinho, A.C. & De Melo, F.R., 1984. Contribuição ao estudo do cultivo intensivo do Tambaqui, *Colossoma macropomum* Cuvier, alimentado com torta de Babaçú, *Orbignya martiana*. An. Simp. Brasil. Aquicult. III São Carlos-SP, pp. 147-155.
- De Mafra M., C.E., 1983. Criação prática de peixes. Nobel, São Paulo. 112 pp.
- De Menezes, R.S., 1945. Ação de hipófises de peixes doadores em diestro sobre peixes reprodutores em estro. Rev. Bras. Biol., 5: 535-539.
- Eckmann, R., 1983. Beiträge zu Ernährung, Wachstum und Fortpflanzung Amazonischer Characiden in Teichen sowie zur Entwicklung angepasster teichwirtschaftlicher Verfahren im Peruanischen Amazonasgebiet. Ph.D. Thesis, Univ. Freiburg, 208 pp.
- Eckmann, R., 1984a. Reproducción inducida mediante hipofización en *Prochilodus* cf. *nigricans* y *Brycon* cf. *erythropterus*. Mem. Asoc. Latinoam. Acuicult., 5 : 563-566.

- Eckmann, R., 1984b. Crecimiento, composición bromatológica y eficiencia de conversión bruta en juveniles de *Colossoma macropomum* alimentados con diferentes dietas peletizadas. Mem. Asoc. Latinoam. Acuicult., 5: 495-500.
- Eckmann, R., 1984c. Induced reproduction in *Brycon* cf. *erythropterus*. Aquaculture, 38: 379-382.
- Fenerich, N.A., Godinho, H.M. & Narahara, M.Y., 1981. Emprego de gonadotropina corionica humana (HCG) na indução da reprodução do curimatá, *Prochilodus scrofa* Steind., 1881. An. 2. Simp. Bras. Acuicult. e 2. Enc. Nac. Ranicult., SUDEPE, Brasilia, pp. 106-107.
- Ferrari, V. & Bernardino, G., 1984. Cultivo experimental de *Colossoma mitrei* (pacú) en el CERLA. Bol. Inform. CERLA, 2: 2.
- Fontenele, O., 1953. Contribuição para o conhecimento da biologia da curimatá pacú, *Prochilodus argenteus* Spix in Spix & Agrassiz (Pisces: Characidae, Prochilodinae). Rev. Bras. Biol., 13: 87-102.
- Fontenele, O., 1955a. Contribuição para o conhecimento da biologia dos tucunarés (Actinopterygii, Cichlidae), em cativeiro. Aparelho de reprodução, hábitos de desova e incubação. Rev. Bras. Biol., 10: 503-519.
- Fontenele, O., 1955b. Injecting pituitary (hypophyseal) hormones into fish to induce spawning. Prog. Fishcult., 17: 71-75.
- Fontenele, O. & Vasconcelos, E.A., 1982. O pirarucú, *Arapaima gigas* (Cuvier, 1817), nos açudes do Nordeste: resultados de sua aclimação e prováveis causas de depleção de seus estoques. Bol.Tec.DNOCS, 40: 43-66.
- Godinho, H.M. Fenerich, N., Narahara, N.Y. & Barker, J.M.B., 1977. Sobre a reprodução induzida do Pacú, *Colossoma mitrei* (Berg, 1885). Cienc. Cult., 29: 796-797.
- Godinho, H.P. & Godinho, A.L., 1986. Induced spawning of the pacu, *Colossoma mitrei* (Berg 1895), by hypophysation with crude carp pituitary extract. Aquaculture, 55: 69-73.
- Guevara, J., Gutierrez, W., Ortega, H. & Vera, J., 1979. Densidad de carga en la producción del sabalo de cola roja (*Brycon erythropterus*) en Pucallpa, Peru. Rev. Latinoam. Acuicult., 1: 33-37.
- Hilders L.O. & Bortone, F., 1977. Experimentos realizados en la Estación Hidrobiologica de Guanapito para el desarrollo de la piscicultura continental de aguas cálidas. I Simp. Asoc. Latinoam. Acuicult., Maracay, Venezuela, 29 pp.
- Huisman, E.A., 1986. Current status and role of aquaculture with special reference to the Africa region. In: E.A. Huisman (Editor), Aquaculture research in the Africa Region. Pudoc, Wageningen, pp. 11-22.
- IMARP, 1979. La acuicultura en el Peru. Rev.Latinoam.Acuicult., 2: 13-21.
- Jensen, J.W., 1974. Report on fish culture activities in the lower São Francisco Valley, Brazil. CARPA/6/74/SE27: 8 pp.
- Junk, W.J., 1984. Ecology, fisheries and fish culture in Amazonia. In: H. Sioli (Editor), The Amazon. Dr. W.Junk Publ., Dordrecht, 763 pp.
- Leite, R.G., Godinho, H.M., Da Silva, H.M., Silva Filho, J.A. & Torloni, C.E.C., 1985. Cultivo de Curimatá, *Prochilodus scrofa*, em tanques com adubação orgânica sem suplementação alimentar. Cienc. Cult., 37 (Supl.): 861.

- Lopes, J.P. & Fontenele, O., 1982. Produção de alevinos de tambaqui, *Colossoma macropomun*, Cuvier 1818, para peixamento de açudes e estocagem de viveiros, no Nordeste do Brazil. DNOCS, Tipografia Minerva, Fortaleza, 22 pp.
- Lovshin, L.L., 1980. Situación del cultivo de *Colossoma* sp. en Sud America. Rev. Latinoam. Acuicult., 5: 27-32.
- Luchini, L., Quiros, R., Rangel, C.C. & Avendan, S.T., 1980. Comunicación sobre las primeiras experiencias de cultivo de *Rhamdia sapo* (bagre negro) y *Basilichthys bonariensis* (pejerrey), en Argentina. III Simp. Latinoam. Acuicult., Cartagena, Colombia.
- Luchini, L., Quiros, R. & Avendano, T., 1984. Cultivo de pejerrey *Basilichthys bonariensis*, en estanques. Mem. Asoc. Latinoam. Acuicult., 5: 581-587.
- Macedo, E.M., 1979. Necesidade proteicas na nutrição do tambaqui, *Colossoma macropomum* Cuvier 1818 (Pisces, Characidae). M.Sc. Thesis, Univ. Estadual Paulista Jaboticabal-SP, 71 pp.
- Malco, R.P., 1983. Nuevo logro científico: reproducción artificial de cachamas en la estación experimental dulce-acuícola de divisa, Panama. Inform. Espec. Rev. Latinoam. Acuicult., 1 p.
- Mendonça, J.O.J., 1983. Reproducción inducida en *Colossoma mitrei* y *C. macropomum*. Bol. Inform. CERLA, 1: 2.
- Mendonça, J.O.J., 1984. Reprodução induzia em *Colossoma mitrei*. An Simp. Bras. Acuicult. III São Carlos-SP, pp. 87-90.
- Meske, C., 1980. Erfahrungsbericht über die Aufzucht von tropischen Warmwasserfischen in Ahrensburg. Arb. Dtsch. Fisch. Verb., 30: 109-122.
- Novoa, D. & Ramos, F., 1982a. Aspectos generales sobre la biología y pesquería de la Zapoara (*Semaprochilodus laticeps*). In: D. Novoa R. (Editor), Los Pesqueiros del Rio Orinoco y su Explotacion. Corporación Venezolana de Guayana y Daniel Novoa R., Caracas, pp. 107-128.
- Novoa, D. & Ramos, F., 1982b. La piscicultura extensiva en el medio de la Region de Guayana. In: D. Novoa, (Editor), Los Recursos Pesqueiros del Rio Orinoco y su Explotacion. Corporación Venezolana de Guayana y Daniel Novoa, Caracas, pp. 129-148.
- Núñez, J.M. & Salaya, J.J., 1984. Cultivo de cachama, *Colossoma macropomum*, Cuvier 1818, en jaulas flotantes no rígidas en la represa de Guanapito, Edo. Guarico, Venezuela. Mem. Asoc. Latinoam. Acuicult., 5: 481-494.
- Phelps, R.P. & Popma, T.J., 1980. Final report on freshwater aquaculture development in Colombia. Int. Cen. Aquacult., Auburn Univ., Alabama.
- Pinto, C.R.M., Godinho, H.M., Verani, J.R., Cestarolli, M.A., Martins, M.A.B., Narahara, M.Y., Fenerich, N.A. & Paiva, P., 1981. Observações sobre o cultivo de curimatá, *Prochilodus scrofa* Steind., 1881. An. 2. Simp. Bras. Aquicult. e 2. Econ. Nac. Ranicult., SUDEPE, Brasília, pp. 110-111.
- Pinto, M.M.G. & Castagnolli, N., 1984. Desenvolvimento inicial do pacú, *Colossoma mitrei* (Berg, 1895). An. Simp. Bras. Aquicult. III São Carlos-SP, pp. 523-536.
- Ramos Henão, A., 1984. Cultivo del bochachico (*Prochilodus reticulatus*). Ser. Mem. Eventos Cient. Colombianos, 9: 68-72.

- Resende, E.K. de, Gräf, E.W., Filho, E.Z., Paixao, A.M. & Filho, A.S., 1985. Avaliação do crescimento e da produção de jaraquis (*Semaprochilodus* spp.), em açudes de igarapés de terra firme nos arredores de Manaus, Amazonas. *Acta Amazonica*, 15: 19-36.
- Rey Navarro, F., 1984a. Tercer informe (sobre el monocultivo de *Prochilodus reticulatus magdalenae*). Ser. Mem. Eventos Cient. Colombianos, 9: 42-43.
- Rey Navarro, F., 1984b. Cuarto informa (sobre el policultivo de *Sarotherodon niloticus* y *Prochilodus reticulatus magdalenae*). Ser. Mem. Eventos Cient. Colombianos, 9: 44.
- Rios, L.R., 1981a. Proyecto reproducción inducida por medio de hormonas de los peces Amazonicos, Sabalo *Brycon erythropterus* y Paco *Colossoma brachypomum*. IFS Informe Provisional No. 10. Acuicultura III: 271-279.
- Rios, L.R., 1981b. Induced reproduction by hormone treatment and larval maintenance of the Amazon fishes *Brycon* sp. and *Colossoma* sp. IFS Provisional Report No. 10. Aquaculture III: 195-202.
- Rodriguez, G., D. Amaya Chitiva, R. & Phelps, R.P., 1980. Monocultivo del bocachico (*Prochilodus reticulatus magdalenae* Steindachner 1878), con tres variantes de tratamiento alimenticio. Mem. 2. Simp. Latinoam. Acuicult., 1: 1151-1159.
- Romero, C.O., 1982. Cachama (*Colossoma macropomum*): a suitable species for intensive culture in warm waters of South America. 13th Annu. Meet. World Maricult. Soc., 21 pp. (mimeo).
- Saint-Paul, U., 1984. Ecological and physiological investigations of *Colossoma macropomum*, a new species for fish culture in Amazonia. Mem. Assoc. Latinoam. Acuicult., 5: 501-518.
- Saint-Paul, U., 1985. The neotropical serrasalmid *Colossoma macropomum*, a promising species for fish culture in Amazonia. *Anim. Res. Dev.*, 22: 7-35.
- Saint-Paul, U. & Werder, U., 1981. The potential of some Amazonian fishes for warm water aquaculture. In: K. Tiews (Editor), *Proc. World Symp. on Aquacult. in Heated Effluents and Recirculation Systems*, Stavanger, 28-30 May 1980. Heenemann, Berlin, Vol. 2, pp. 275-287.
- Saint-Paul, U., Werder, U. & Teixeira, A.S., 1981. Use of waterhyacinth in feeding trials with matrincha (*Brycon* sp.). *J. Aquat. Plant Manage.*, 19: 18-22.
- Sawaya, P. & Maranhao, A.A., 1946. A construção dos ninhos e a reprodução de alguns peixes neotropicos. (Cichlidae - gen. *Cichla* e *Astronotus*). *Bol. Fac. Fil. Cienc. Letr. Univ. São Paulo - Zoologia*, 11: 357-382.
- Silva, J.W.B., De Alencar, P.F., Farias, J.O. & Silva Nobre, M.I., 1984. Resultados de um ensaio sobre policultivo de carpa espelho, *Cyprinus carpio* L. 1758 VR. *Specularis*, e Tambaqui, *Colossoma macropomum* (Cuvier) 1818. *Bol. Tec. DNOCS, Fortaléza*, 42: 121-152.
- Silva Filho, F.A., 1981. Contribuição ao estudo de reprodução induzida do curimatá comum *Prochilodus scrofa* Steindachner, em cativeiro com uso da hipofise de carpa, *Cyprinus carpio*, e Pregnyl. An. 2. Simp. Bras. Acuicult. e 2. Econom. Nac. Ranicult., SUDEPE, Brasília, pp. 104-105.

- Sobrinho, A.C., Da Silva, A.B. & De Melo, F.R., 1984. Resultados de um experimento de policultivo da pirapitinga, *Colossoma brachypomum* Cuvier, 1818 com o híbrido de tilápias (*Oreochromis hornorum* Trew. x *O. niloticus* L., 1766). Bol. Tec. DNOCS, Fortaléza, 42: 91-115.
- Solano, J.M., 1973. Reproducción inducida de Bocachico, *Prochilodus reticulatus*, Valenciennes. Simp. Int. Fauna Silv. e Pesca Fluv. e Lacust. Amazonica, Brasil, pp. B1-B34.
- Valdez, J.R., 1984. Fomento de la piscicultura en aguas calidas del Estado Tachira. Mem. Asoc. Latinoam. Acuicult., 5: 759-762.
- Von Ihering, R. & Azevedo, P., 1934. A curimatá dos açudes nordestinos (*Prochilodus argenteus*). Arg. Inst. Biol. São Paulo, 5: 143-184.
- Von Sengbusch, R., 1980. Aquakultur (Warmwasser-Kreislauf) und Domestikation von Fischarten aus äquatornahen Gebieten. Ber. Landwirtsch., 58: 151-154.
- Von Sengbusch, R., von Sengbusch, G., Meske, C. & Cellarius, O., 1974. Domestikationsversuche von Fischarten aus äquatornahen Gebieten zur Prüfung ihrer Eignung für die Warmwasser-Intensivhaltung. Tierzüchter, 5 : 2 pp.
- Werder, U. & Saint-Paul, U., 1978. Feeding trials with herbivorous and omnivorous Amazonian fishes. Aquaculture, 15: 175-177.
- Werder, U. & Saint-Paul, U., 1981. Crescimento e produção de matrinhã (*Brycon* sp.) em viveiros e pequenas represas. An. 2. Simp. Bras. Acuicult. e 2. Enc. Nac. Ranicult., SUDEPE, Brasilia, pp. 71-72.
- Wosnitza-Mendo, C., 1984. The growth of *Arapaima gigas* after stocking in a Peruvian lake. Arch. Fischereiwiss., 35: 1-5.
- Woynarovich, E., 1977. La propagación de los peces. Inf. Tec. No. 72, Dirección General de Desarrollo Pesqueiro M.A.C., Caracas, 49 pp.
- Woynarovich, E., 1986. Tambaqui e pirapitinga. Propagação artificial e criação de alevinos. Programa nacional de irrigação. CODEVASF, Brasilia. 68 pp.

ESTADO ACTUAL DE LA ACUICULTURA EN VENEZUELA

THE CURRENT STATUS OF AQUACULTURE OF VENEZUELA

R. J. Manrique

Estación de investigaciones marinas de Mochima (FUNDACION-CIA), Apartado 366, Cumana 6101, Venezuela

Resumen

Venezuela cuenta con abundantes recursos naturales que pueden ser explotados, entre los que se encuentra la pesca, motivo por el cual dentro del país se ha realizado desde 1937 un considerable número de estudios sobre acuicultura.

Las primeras actividades con cultivos acuáticos se inician con la trucha *Salmo gairdneri*. Mas tarde se realizan varias experiencias con el mejillón *Perna perna*. Pero es a partir de 1970 cuando se emprenden diversos proyectos con distintas especies. Hasta la fecha se ha logrado llevar a nivel comercial los cultivos de trucha (*Salmo gairdneri*), de cachama (*Colossoma macropomum*) y de moluscos como el mejillón (*Perna perna*) y la ostra (*Crassostrea virginica*).

También se han realizado diversos ensayos experimentales o pilotos con otros moluscos, crustáceos y peces, cuyos resultados se presentan en este trabajo.

Summary

Venezuela is gifted with many natural resources, including aquatic ones which can be exploited. Since 1937 a considerable number of aquaculture studies has been carried out in view of this objective. The first studies focussed on rainbow trout, *Salmo gairdneri*, later on followed by those on the mussel, *Perna perna*. Since 1970, attention is focussed on the commercialisation of the culture of rainbow trout, "cachama" (*Colossoma macropomum*), mussels (*Perna perna*) and oysters (*Crassostrea virginica*).

This paper reviews the present status of the art with respect to these species as well as the ongoing research and development activities in the field of other mollusc, crustacean and fish species.

Introducción

La acuicultura representa para algunos países un importante sistema de producción de alimentos para el consumo humano, mientras que para otros esta contribución es limitada, debido a que disponen de abundantes recursos naturales que pueden ser explotados mediante la pesca, como es el caso de Venezuela.

Las primeras actividades en cultivos acuáticos en Venezuela se inician en 1937 con la trucha *Salmo gairdneri*. A partir de 1960 comienzan los primeros ensayos científicos en

el Instituto Oceanográfico de la Universidad de Oriente realizando experiencias con el mejillón *Perna perna*.

A partir de 1970 varios organismos gubernamentales emprenden proyectos básicos y aplicados en el área de la acuicultura con numerosas especies. En 1977 la Universidad de Oriente establece la mención Acuicultura Marina. Otras universidades e Institutos Tecnológicos ("Simón Rodríguez"; Centro Occidental "Lisandro Alvarado"; IUTEMAR) establecen programas de docencia e investigación relacionados con el área de los cultivos acuáticos. En 1981 se creó la Asociación Venezolana de Acuicultura (AVEA) y hoy en día es el ente promotor en el país en lo que respecta a esta área.

Hacia 1983, Venezuela atraviesa una situación económica difícil, lo que ha motivado al sector agropecuario a elevar la producción y disminuir las importaciones. Bajo estas condiciones la acuicultura en el país ofrece nuevas perspectivas, incrementándose el número de proyectos y el interés por parte de los distintos sectores.

El objeto de este trabajo es presentar un resumen de las principales actividades realizadas en ensayos de cultivos ya sea a nivel comercial o experimental en moluscos, peces y crustáceos tanto de agua dulce como marinos, con el fin de obtener una visión general de la acuicultura en Venezuela.

Moluscos

Mejillón (*Perna perna*)

Dentro de los moluscos, el mejillón *Perna perna* ha resultado ser una especie cultivable, por tener un crecimiento rápido y la "semilla" fácil de obtener en los bancos naturales. El cultivo de mejillón se inició en Venezuela en 1960 utilizando balsas flotantes con "cuerdas" para fijar la semilla. Este método dió buenos resultados por lo cual ha seguido utilizándose. En 1980 se estimó una producción entre 650 y 920 toneladas (Cervigón, 1983), pero solo se pudieron vender 30 toneladas aproximadamente debido a problemas de contaminación por marea roja. Para 1985 la producción de mejillón disminuyó notablemente, obteniéndose 350 toneladas, debido también a problemas de contaminación y de mercadeo (Alió, com. pers.).

En la actualidad el cultivo se encuentra restringido al Oriente del país, siendo dos empresas privadas las que manejan este recurso con 20 balsas situadas en el Golfo de Cariaco, (Edo. Sucre). Por otra parte la Universidad de Oriente realiza ensayos de reproducción y cría de larvas en laboratorio.

Ostras

Crassostrea virginica

Los cultivos de esta especie comienzan en los caños de Guariquen (Edo. Sucre). En 1974, el Centro de Investigaciones Pesqueras adjunto al Ministerio de Agricultura y Cria, inicia estudios sobre la biología y cultivos de esta ostra; pero no fue hasta 1980 cuando se crean dos empresas con fines comerciales.

En el cultivo de *C. virginica* se utilizan balsas flotantes

con "cuerdas" de caucho. En el año 1981 se obtuvo una producción de 176 toneladas. El principal problema que presenta como especie cultivable es su comercialización, debido a que la ostra se consume en fresco. Hoy en día el cultivo de este molusco se encuentra estancado.

Crassostrea rhizophorae

En los primeros ensayos realizados en Venezuela con *Crassostrea rhizophorae* se utilizaron como colectores, tejas de arcilla. Luego se hicieron ensayos con distintos tipos de colectores, como varas de mangle, láminas de asbesto, caucho, rectángulos de madera y conchas de moluscos bivalvos (Cervigón, 1983).

El primer intento a nivel comercial se realizó en el Golfo de Cariaco en 1969, que presentó problemas de comercialización debido a la competencia con la ostra proveniente de los bancos naturales.

En la actualidad el cultivo de esta especie se encuentra paralizado y según Vélez (1974) antes de comercializarse debe resolverse el problema de recolección y cría de la semilla.

Botuto (*Strombus gigas*)

El único gasterópodo que ha sido sometido a cultivo a nivel experimental es el botuto, *Strombus gigas*. La Fundación Científica Los Roques llevó a cabo un proyecto titulado "Biología y Cultivo del botuto"; su primera fase fue realizada por Brownell (1977) quien desarrolló experiencias que intentaban obtener el desarrollo larval y estudiar el crecimiento de juveniles en cautiverio. Laughlin & Weil (1977) realizaron posteriormente la segunda fase de este proyecto, optimizando la técnica de cultivo de larvas y juveniles con el objeto de repoblar el Archipiélago de Los Roques.

Peces

Trucha (*Salmo gairdneri*)

La trucha arcoiris, *Salmo gairdneri*, fue la primera especie introducida en Venezuela. En 1937 se importaron huevos embrionados de esta especie desde los Estados Unidos al Estado Mérida, específicamente a la Estación Truchícola del MAC. A partir de este año se han seguido introduciendo más huevos ya que es tan solo en el año de 1941, cuando se logra en el país la primera fecundación e incubación artificial (Ruiz, 1978; cit. en Cervigón, 1983), a pesar de esto aún se depende de los huevos provenientes de otros países debido a que los establecimientos de reproductores no abastecen la demanda.

El cultivo de la trucha arcoiris se encuentra a nivel comercial y le ha proporcionado buenos resultados tanto al sector público como al privado. Los niveles de producción han ido aumentando progresivamente; por ejemplo en el período comprendido entre 1971 y 1980 ha aumentado en un 44.7% (Cervigón, 1983).

Los principales problemas que afronta la truchicultura en el país es el elevado costo de las tierras, de las edificaciones y del alimento concentrado, la calidad y cantidad de aguas y las enfermedades que afectan las truchas.

Cachama (*Colossoma macropomum*)

La cachama, *Colossoma macropomum* es una especie que habita en las aguas continentales cálidas del país y es una de las más apropiadas y de mayor potencial para su cultivo comercial. Desde 1970 varias entidades se han interesado en el cultivo de la cachama, logrando la reproducción inducida y producción de alevines para fines de repoblación y comercialización. El cultivo de esta especie se ha logrado llevar a nivel comercial. Una de las empresas establecidas (Acuafin), comercializó más de 180 Tm en 1984 y ha obtenido una tasa de conversión de 1.8, siendo su promedio de producción de 10 Tm/ha, con un máximo de 16 Tm/ha.

Los problemas que aún se deben resolver son los relacionados con la reproducción inducida, levante de pié de cria y enfermedades.

Bagre rayao (*Pseudoplatystoma fasciatum*)

Otra de las especies en la que se ha puesto interés para su cultivo es el bagre de agua dulce, *Pseudoplatystoma fasciatum* de la familia *Pimelodidae*, el cual es de gran importancia comercial en el país.

El desove inducido de esta especie fue logrado en 1984 mediante la técnica de la hipofisación (Kossowski & Madrid, 1984). Su crecimiento es rápido, pero todavía no se han realizado los estudios suficientes como para considerar una etapa semi-comercial.

Lisa (*Mugil curema*) y Lebranche (*Mugil liza*)

Las primeras experiencias de cultivo de mugílidos en Venezuela se realizaron en 1976 en el Centro de Investigaciones Científicas de la Universidad de Oriente en Boca de Río, Isla de Margarita. Los primeros ensayos se hicieron en tanques de cemento con agua circulante (Padrón, 1978; en Cervigón, 1983). También se han realizado cultivos en lagunas de tierra artificiales con renovación por medio de mareas en Boca de Aroa, Estado Falcón.

Actualmente una empresa de cultivo de peces (Acuafin) ha logrado el policultivo de lisa-lebranche-cachama a nivel experimental, con resultados muy satisfactorios; obteniendo lisas de 600 g y lebranches de 1.5 kg en el lapso de un año, alimentando solamente a las cachamas con una dieta seca. Es posible que en poco tiempo el cultivo de la lisa y el lebranche pueda ser rentable siempre y cuando se cultive con otras especies y se supere el problema de recolección de juveniles de lebranche y/o de la reproducción inducida.

Pámpanos (*Trachinotus* sp)

Los ensayos de cultivos de pámpanos comienzan en 1978 en el Centro de Investigaciones Científicas de la Universidad de Oriente en Boca de Río, Isla de Margarita. Se han utilizado tres especies para dichos estudios, el pámpano amarillo (*Trachinotus carolinus*), el pámpano rayao (*Trachinotus goodei*) y el pámpano ericero (*T. falcatus*). Los ejemplares de

estas especies se han mantenido en estanques de cemento y jaulas con redes alquitranadas de diferentes volúmenes (Gómez, 1982; 1984). Las dietas suministradas han variado desde alimento granulado hasta sardina fresca (*Sardinella sp*).

Las experiencias llevadas a cabo han mostrado que estas especies son sensibles a la presencia de la bacteria del género *Vibrio* en los peces cultivados en jaulas flotantes y a ectoparásitos a nivel de los estanques. Además, se ha encontrado que es difícil la captura de suficiente "semilla". Por último, el suministro de alimento fresco es otro factor que puede ser limitante.

El cultivo de pámpano ofrece buenas perspectivas, siempre y cuando se sigan haciendo investigaciones que resuelvan los problemas mencionados anteriormente.

Crustaceos

Camarones marinos (*Penaeus schmitti* y *P. brasiliensis*)

Venezuela como otros países de América Latina se ha convertido en un lugar con posibilidades para el cultivo de camarones. Hasta la fecha no se ha desarrollado a nivel comercial este tipo de actividad y toda la producción se ha basado en las capturas realizadas por la flota de arrastreros. El comercio del camarón ha traído dividendos considerables, por lo cual unos 20 grupos con capital nacional, extranjero ó mixto han mostrado interés para la realización de proyectos que contemplen su cultivo. Con el objeto de fomentar esta actividad los principales grupos promotores de la industria camaronera constituyeron en el mes de junio de 1984 una asociación denominada "Asociación para el desarrollo del Cultivo y Exportación de Camarones" (ADCECA), con la finalidad de superar organizadamente los inconvenientes que se han presentado para iniciar estas actividades.

Recientemente se realizó en el país un foro internacional sobre el cultivo comercial de camarones en el cual se mencionó que los principales problemas encontrados hasta la fecha son:

1. El poco conocimiento existente sobre los aspectos relacionados con el cultivo masivo de larvas, alimentación y crecimiento de los camarones peneidos que habitan nuestras aguas como *Penaeus brasiliensis*, *P. schmitti*, y *P. notialis*.
2. El poco conocimiento existente de los camarones autóctonos, motivó el interés por introducir especies exóticas de camarones que han dado buenos rendimientos en otros países. Por lo tanto el Ministerio de Agricultura debió crear una normativa que regulara dicha importación, cuyo proceso de aprobación fue bastante lento.
3. La escasa disponibilidad de terrenos baldíos adecuados para el cultivo de camarones.
4. Las dificultades que se presentan para la obtención de financiación, pues las inversiones iniciales son muy altas.

Estos problemas han provocado un estancamiento de las actividades en este campo; actualmente, solo ocho compañías han conseguido la aprobación de sus proyectos, unas están realizando estudios pilotos sobre la manipulación, cria y engorde de camarones y otras están tratando de superar el problema de

la obtención de tierras. Dos de estas empresas han introducido especies exóticas, una de ellas trabaja con el camarón Kuruma (*P. japonicus*) y la otra con camarón blanco (*P. vannamei*), pero existen pocos datos disponibles sobre los resultados obtenidos.

Para finalizar, se mencionan los avances hasta ahora alcanzados en los ensayos emprendidos en el cultivo de camarones autóctonos.

Camarón blanco (*Penaeus schmitti*)

El desarrollo de larvas de esta especie ha sido obtenido por García Pinto & Ewald (1974) y más recientemente (1986) en la Estación de Investigaciones Marinas de Mochima, intentando el cultivo de las larvas (Bockmeulen, com. pers.). Esta especie es una de las que poseen mayores posibilidades de ser cultivada a nivel comercial. En 1985, se obtuvo en una laguna de 0.8 ha, después seis meses de cultivo, 700 kg de camarón, con un peso de 10 a 25 g cada uno (Lares, com. pers.). Sin embargo, el desarrollo de este cultivo necesita más información científica y optimización de la alimentación, reproducción y del cultivo larvario.

Camarón rosado (*Penaeus brasiliensis*)

Lares (1974) logró el desarrollo larval de esta especie; posteriormente, se han realizado varias experiencias con las cuales se ha obtenido información a nivel de cultivo experimental piloto. En 1984, una empresa privada, "Centro de fomento Beda" (CEFEBEDA) junto con el Centro de Investigaciones Científicas de la Universidad de Oriente, comenzaron un ensayo para el cultivo de *P. brasiliensis*. Este trabajo tuvo dos inconvenientes, uno relacionado con la disponibilidad del alimento seco (algunos importados) y el otro por la alta evaporación en la granja, de manera que no se pudo evaluar de una manera concisa el crecimiento de este camarón.

Cangrejo espinoso (*Mithrax spinosissimus*)

Esta especie presenta características muy favorables para su cultivo tales como su buena adaptabilidad al cautiverio, reproducción en confinamiento, fase larval corta, crecimiento rápido y carne con alta calidad.

En estos momentos, la Fundación Científica Los Roques está optimizando las técnicas de cultivo de larvas y primeros estadios juveniles. Se han logrado obtener hasta 15000 juveniles en tanques de fibra de vidrio de 1000 l.

Bibliografía

- Brownell, W.N., 1977. Reproduction, laboratory culture and growth of *Strombus gigas*, *S. costatus* and *S. pugilis* in Los Roques, Venezuela. Bull. Mar. Sci., 27 (4): 668-680.
- Cervigón, F. (Editor). 1983. La Acuicultura en Venezuela. Caracas. 121 p.
- García Pinto, L. & Ewald, J., 1974. Desarrollo larval del Camarón blanco, *Penaeus schmitti*. Boletín del Centro de Investigaciones Biológicas, Universidad de Zulia, 12: 1-57.

- Gómez, A., 1982. Cultivo experimental del pámpano *Trachinotus carolinus* en jaulas flotantes de 30 m³ en la Isla de Margarita, Venezuela. Memorias del IV Simposio Latinoamericano de Acuicultura, Panamá.
- Gómez, A. & Cervigón, F., 1984. Crecimiento de *Trachinotus carolinus*, y *T. goodei* y *T. falcatus* (Pisces: Carangidae) en jaulas flotantes de 1000 m³ en en la Isla de Margarita, Venezuela. Contribución Fundación Científica Los Rques, 16: 42 p.
- Kossowki, Ch. & Madrid, F., 1984. Ensayo sobre la reproducción inducida en el Bagre rayao Cabezón, *Pseudoplatystoma fasciatum* (Linnaeus, 1766) (Pisces: Siluriformes). XXXIV Convención Anual de AsoVAC, Edo. Sucre.
- Lares, L.B., 1974. Descripción de los estadios larvales de *Penaeus brasiliensis* (Latreille) criados en en laboratorio. Cuadernos azules, 7: 31 p.
- Laughlin, R. & Weil, E., 1981. Ecología, cultivo y repoblación del botuto, *Strombus gigas* en el Archipiélago de Los Rques. Proyecto financiado para los años de 1981-1982 bajo subvención No S1-1182.
- Vélez, A., 1974. Biología de la reproducción del Ostión, *Crassostrea rhizophorae*, de la Bahía de Mochima. M.Sc. Tesis, Instituto Oceanográfico, Universidad de Oriente.

ESTADO ACTUAL Y POTENCIAL DE LA ACUICULTURA TROPICAL EN BOLIVIA

THE PRESENT STATUS AND POTENTIAL OF TROPICAL AQUACULTURE IN BOLIVIA

H. Navil¹, R. Sahonero² y N. Galvez³

1. Universidad Autonoma "G.R. Moreno", Santa Cruz, Bolivia
2. Universidad Mayor de San Simon, Cochabamba, Bolivia
3. Escuela de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica

Resumen

Debido a que Bolivia es un país rodeado de tierra, su producción pesquera en la actualidad no es mayor de 5368 toneladas métricas por año. Sin embargo su potencial de producción ha sido estimado en 53000 Tm, que podrían darse en los mayores centros pesqueros del Lago de Titicaca y de las cuencas de los ríos Paraná y Amazonas. La mayor restricción para su adecuado desarrollo consiste en que los centros productores están alejados de los centros consumidores y además no se cuenta con una infraestructura adecuada para la conservación y transporte del producto.

El mejoramiento de esta situación y el desarrollo de la piscicultura cerca de los centros consumidores son parte de los planes de desarrollo pesquero a nivel nacional y regional. Dichos aspectos están incluidos en este artículo.

Summary

Being a landlocked country, Bolivia's fish production is actually not higher than 5368 metric tonnes/year. However, it is estimated that its potential production may amount to 53000 tonnes, originating from its major fishing centres at the Titicaca Lake, the Paraná river basin and the Amazonas river basin. The major constraint for further development are the large distances between the remote fishing areas and the urban markets, combined with an insufficient transport and conservation infrastructure. The improvement of this situation and the development of fish culture in areas closer to the fish markets form part of national and regional fishery development plans, which will be discussed in this paper.

Introducción

Bolivia es un país situado en la parte central de América del Sur, con un área de 1 098481 km² que a pesar de su localización no se puede considerar un país típicamente tropical. La mayoría de la población vive en la parte oeste del país, una planicie ó Altiplano que comienza al norte del Lago Titicaca y se extiende unos 750 km hacia el sur con una altura promedio de 3700 m (Fig. 1).



Figura 1. Los departamentos de Bolivia.
 Figure 1. The provinces of Bolivia.

La geografía de Bolivia se divide en tres zonas principales: el altiplano, los valles y los llanos. Climatológicamente el país se puede dividir en seis zonas principales: zona artica, zona de Altiplano, zona templada, zona semitropical y zona tropical. Cuenta además con tres cuencas hidrográficas que son: la cuenca del Titicaca, la cuenca del Paraná o de la Plata y la cuenca del Amazonas. (Cuadro 1).

La pesquería y piscicultura en Bolivia

Potencial Pesquero

Según varias estadísticas, la producción pesquera de origen natural llegaría a 2300 Tm/año, mientras para el año '81, la producción de origen importado que llegó al país en forma de

Cuadro 1. Las cuencas hidrográficas de Bolivia.
 Table 1. The hydrographic basins of Bolivia.

Hydrographic basin	Description
Titicaca basin	- an isolated basin, consisting of Lago Titicaca (7700 km ²), Lago Poopo (2600 km ²), the rivers and lagoons of the Altiplano. - 3500 m altitude
Paraná river basin	- near Paraguay, Brasil and Argentina - rivers Pilcomayo and Bermejo - most important fishery centre of Bolivia at the river Pilcomayo (region Villamontes) - 45% of the fishery volume = <i>Prochilodus platensis</i>
Amazona river basin	- tropical area, more than 140 rivers (some large and navigable) and 37 permanent lakes

congelados y conservas alcanza los 4000 Tm. Por otra parte la estimación potencial existente es de 53000 Tm, lo cual indica que actualmente existe un potencial que podría ser mejor explotado. El volumen de pesca estimado por el Instituto de Productos Tropicales para las diferentes localidades de Bolivia muestra un valor total de 5368 TM. (Cuadro 2).

Cuadro 2. Producción pesquera (en toneladas métricas) de los diferentes regiones de Bolivia.

Table 2. Fisheries production (metric tonnes) for different regions of Bolivia.

Place	Production (mt)
Alpine lakes (Lagos del altiplano)	1187
River Pilcomayo (Rio Pilcomayo)	2419
Amazon basin (Cuenca del Amazonas)	1737
Fishing-harbours	25
Total Fisheries Volume	5368

El consumo de pescado per capita es de 1.9 kg/año. Sin embargo diferentes estudios a nivel de consumo han demostrado que si la oferta se incrementa, la demanda también aumentaría, debido a que existen diferentes especies de peces que son aceptados por el público consumidor. Por otra parte es importante considerar la deficiencia proteica como un factor alarmante en la población, lo cual crea la necesidad de incrementar la proteína animal dentro de los productos de la

canasta familiar. El problema actual de la pesca radica en que los centros productores están alejados de los centros consumidores y no se cuenta con una infraestructura adecuada para la conservación y transporte del producto.

Piscicultura en Bolivia

La piscicultura en este país tuvo su origen en los años 40 cuando fueron introducidas especies de truchas (*Salmo gairdneri*), en los últimos años esta actividad se ha aumentado debido al interés de diferentes instituciones que pretenden implementar criaderos. Las actividades actuales más importantes en las diferentes localidades de Bolivia se resumen en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Actividades de cultivo de peces en diferentes regiones de Bolivia.

Table 3. Fish farming activities in different regions of Bolivia.

Region	Fish farming activity
La Paz (Lago Titicaca)	rainbow trout (<i>S. gairdneri</i>).
La Paz (yungas region)	carp (<i>Cyprinus carpio</i>).
La Paz (Alto Beni-Sapacho)	tilapias (<i>Oreochromis niloticus</i>).
Tarija (río Pilcomayo)	The most important fishing center of sábalo (<i>Prochilodus platensis</i>). Studies on artificial propagation are conducted.

Las principales especies de consumo humano y las especies aptas para la piscicultura en las cuencas del Altiplano, Parará y Amazonas se encuentra en el cuadro 4. Se cuenta además con un proyecto binacional (Bolivia-Perú) para la cria de truchas en jaulas flotantes y la posible implantación de un y asesoramiento de la Misión Japonesa.

Es importante considerar también al Departamento de Pando que tiene un gran potencial ictiológico que podría ser explotado en el futuro.

Plan de desarrollo acuícola regional en el departamento de Santa Cruz.

El plan de desarrollo regional de la pesca y la acuicultura consiste en un conjunto de proyectos a ejecutarse en forma sistemática y racional de tal manera que permita desarrollar ambos sectores importantes para la región y el país. Los programas a considerar son:

Cuadro 4. Principales especies de consumo humano en las cuencas del Altiplano, Paraná y Amazonas.

Table 4. Principal fish species for human consumption in the basins of Altiplano, Paraná and Amazonas.

Place	Fish species
Altiplano Basin	Boga (<i>Orestias pentlandi</i>) Carachi (<i>Orestias agassizii</i>) Ispi (<i>Orestias humboldti</i>) Mauri (<i>Trichomycterus rivulatum</i>) Exotics: Trucha arco iris (<i>Salmo gairdneri</i>) Pejerrey (<i>Basilichthys bonariensis</i>) Suitable for fish culture: Pejerrey y trucha
Paraná river Basin	Sábalo (<i>Prochilodus platensis</i>) Dorado (<i>Salminus maxillosus</i>) Surubí (<i>Pseudoplatystoma fasciatum</i>) Bagre (<i>Pimelodus clarias</i>) Denton (<i>Leporinus spp</i>) Salmón (<i>Schizodon fasciatum</i>) Pacú (<i>Colossoma spp</i>) Suitable for fish culture: Pacú, sábalo y carpa (<i>Cyprinus carpio</i>)
Amazonas river Basin	Pacú (<i>Colossoma spp</i>) Tambaquí (<i>Colossoma brachipomum</i>) Pescado gato-surubí (<i>Pseudoplatystoma spp</i>) Chunquiña (<i>Pseudoplatystoma tigrinum</i>) General (<i>Phractocephalus filamentosus</i>) Corvina (<i>Plagioscion squamosissimus</i>) Paraiba (<i>Branchyplatystoma filamentosus</i>) Bagre (<i>Ageniosus spp</i>) Tachacá (<i>Pterodoras granulosus</i>) Suitable for fish culture: tilapia (<i>Oreochromis niloticus</i>), carpa, pacú, tambaquí, sábalo.

Investigación Acuícola

Se considera un proyecto de eminente necesidad, dada la falta absoluta de programas de investigación aplicada que estén relacionados con la Acuicultura Rural Comercial.

Una vez determinadas las prioridades de los programa se inició en el año 1983 la construcción de las granjas piscícolas del Prado, de San Ignacio de Velazco en 1984 y la de Comarapa en 1985. Con esta base física se introdujeron las primeras especies icticas y se dió un impulse a la Piscicultura en la región tropical de Bolivia. En una primera etapa los objetivos iniciales se centraron en adaptación, manejo y producción de alevines de carpa espejo (*Cyprinus carpio*), tilapias (*Oreochromis niloticus*, *Tilapia rendalli*), apaiari (*Astronotus ocellatus*) y tucunare (*Cichla ocellaris*) para ser siembra de atajados, represas y otros.

La segunda etapa del proyecto se esta iniciando este año, con estudios de reproducción artificial de especies nativas tales como el sábalo (*Prochilodus sp*) y el pacú (*Colossoma sp*).

Programa de acuicultura Rural

Los objetivos de este programa son esencialmente de contenido social por estar ligados a las áreas rurales. Básicamente consiste en cuerpos de agua, especialmente atajados, que se encuentran cercanos a comunidades campesinas (represas pequeñas) en la región de la Chiquita y del Chaco Departamental. Se tiene en cuenta la cria de peces en estanques comunitarios donde se practicará una piscicultura intensiva o semi-intensiva, los alevines para dicho proyecto serán suministrados por las pisciculturas establecidas en el programa de Investigación Acuicola.

Piscicultura comercial

Este tipo de piscicultura se considera una actividad necesariamente rentable, sin embargo al no existir tradición en el consumo de carne de pescado, se hace necesario introducir el hábito en la población especialmente en los centros urbanos. En esta circunstancias el desarrollo de este tipo de piscicultura implica, a nuestro juicio, la consideración de tres grupos de factores:

- Identificación de especies adecuades adaptades al medio con buenos coeficientes de conversión y de aceptación por parte del consumidor.
- Disponibilidad de alimentos balanceados a precios económicos.
- La existencia de un mercado de consumo capaz de asimilar los costos de producción.

En el departamento de Santa Cruz el crecimiento de la piscicultura comercial dependerá en gran medida del desarrollo de la pesca comercial que sólo alcanza entre 5 y 10% del potencial pesquero de la región, del programa de investigación y producción de alevines y de la posibilidad de ofrecer carne de pescado fresca en todo momento en los mercados.

Programa de pesca comercial

Dado el gran potencial pesquero subexplotado en el departamento de Santa Cruz, es necesario incorporar al Plan Acuicola, el programa de Pesca Extractiva y para ello es necesario indentificar un proyecto concreto de factoria de pesca o pesqueria (Centro de acopio) como modelo de esta importante área de producción pesquera.

La ubicación para la instalación de la factoria ha sido la estación de Ferrocarril de Yapacani en la confluencia de los ríos Grande y Yapacani a 200 km de Santa Cruz-Capital. Esta zona ha sido elegida por ser un área de influencia de 35800 ha de agua entre ríos y lagunas y con un potencial de producción de 215000 kg/año. Siendo la capacidad proyectada de captura de 500000 kg existiendo un amplio margen de producción pesquera. La factoria a instalarse en Yapacani se completa con un almacen frigorífico en Santa Cruz, desde el cual se realizará la distribución. La instalación y puesta en marcha de esta Factoria es una necesidad regional de gran alcance por los efectos que puede tener en el sector pesquero. Además con esta experiencia se podría proyectar la instalación de otras factorias en puntos estratégicos de tal modo que Santa Cruz se constituya en una zona productora y consumidora.

Programa de pesca deportiva y turistica

Este programa tiene carácter complementario tanto del programa Acuicola y como del Pesquero en general. El marco general de este programa está en vías de implementación.

Discusión, conclusiones y recomendaciones

1. El desarrollo de la Acuicultura en el tropico es incipiente y el plan piscicola tiene que afrontar una concienciación a nivel de consumidores, además existen pocos técnicos especializados en la materia.
2. Los proyectos de piscicultura no se han podido cumplir en todos sus objetivos debido a la falta de los desembolsos programados, lo mismo ocurre con el proyecto original debido a que no existe un apoyo total de instituciones gubernamentales.
3. Las especies óptimas autoctonas para la piscicultura son *Colossoma* sp y *Prochilodus* sp (pacu y sábalo) y las especies foráneas más adaptadas para la región son las tilapias y las carpas.
4. Faltan estudios del potencial de producción de peces en Bolivia, su consumo es muy bajo y no puede competir con la carne ya que esta es muy barata en el mercado (1.2 dolares/kg).
5. Por lo tanto, es necesario realizar estudios de potencial, producción y consumo de peces en la región y priorizar que los centros de investigación fomenten estos estudios principalmente en especies autóctonas.
6. Se debe estructurar un sistema de comercialización y solicitar a las corporaciones de Desarrollo, la elaboración de un alimento balanceado para peces en su programa de alimentos balanceados.

7. Las Universidades deben promover cursos de técnicos en Piscicultura con asistencia de peritos en esta área.
8. Hay que garantizar la divulgación de los estudios realizados por las diferentes misiones extranjeras con el fin de que se cono can amplia y nacionalmente.

ESTADO ACTUAL DE LA ACUICULTURA EN COSTA RICA

THE CURRENT STATUS OF AQUACULTURE IN COSTA RICA

N. Galvez y J. Guenther

Escuela de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica

Resumen

La actividad acuícola en Costa Rica es bastante reciente, pero ofrece en principio buenas condiciones para su desarrollo, ya que cuenta con 1200 km de litoral sobre ambos océanos de excelentes condiciones para esta actividad.

El desarrollo de la acuicultura esta orientada hacia tres sectores primordiales : gubernamental, académico y privado. El mayor esfuerzo se ha canalizado hacia la producción de peces, langostinos, almejas y caracoles de agua dulce y también hacia el cultivo de camarones en agua marina o salobre. El presente artículo discutirá el estado actual y el potencial de la acuicultura en Costa Rica.

Summary

Aquaculture is a rather new development in Costa Rica. Taking into consideration the country's large coast line (1200 km at two oceans) and the excellent climatic conditions, it should have a good potential.

The current aquacultural activities can be divided into three groups: governmental ones, university and private initiatives. Emphasis is put on fish culture, the culture of bivalves in fresh water, and shrimp (both freshwater and marine) culture. In the present paper, the current status and the potential of aquaculture in Costa Rica will be discussed.

Introducción

Costa Rica esta ubicada entre los 8 y 11 grados de latitud Norte y los 82 y 86 grados de longitud oeste, con aguas oceánicas cálidas en sus litorales marítimos.

La actividad acuícola del país es bastante nueva, pero ofrece en principio buenas condiciones para su desarrollo, ya que cuenta con 1200 km de litoral sobre ambos océanos de excelentes condiciones hidrológicas, de temperatura y precipitación (Villalobos, 1984).

Con la creación en 1974 a nivel gubernamental del Departamento de Acuicultura dentro del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), se establece después de dos años el primer Plan Nacional para el desarrollo de la acuicultura (Nanne, 1986). En la actualidad las actividades acuícolas se han orientado hacia tres vías muy específicas:

a. gubernamental : a través del Departamento de Acuicultura del MAG, se apoya todo el cultivo de especies piscícolas foráneas de agua dulce (trucha, tilapia) para los pequeños

productores artesanales con el fin de abastecer las necesidades del mercado local

- b. sector académico: Las universidades concentran su actividad a la investigación de la biología básica de especies nativas que podrían ofrecer algún potencial para la acuicultura
- c. productos para la exportación, especialmente camarones.

En vista de los limitados recursos del sector público, se ha canalizado todo el esfuerzo hacia la producción de peces de agua dulce dejándole al sector privado el desarrollo de biotecnologías más sofisticadas y que requieren de una mayor inversión como es el caso del cultivo de Peneidos y Paleomonidos. El MAG se ha dedicado sobre todo al mantenimiento de reproductores de tilapia, la venta de alevines y el asesoramiento a pequeños productores de tilapia o trucha. También realizan experimentos con diversas especies de carpas, guapote, almejas de agua dulce y caracoles, para lo cual cuenta con estaciones experimentales en diferentes zonas del país y algunas de ellos trabajan en cooperación con instituciones como IDA, ASBANA S.A., JAPDEVA, UCR, etc.

Desarrollo de la acuicultura en Costa Rica

Sector gubernamental

Desde 1975 el Departamento de Acuicultura ha impulsado la construcción de una infraestructura acuícola básica en áreas claves del país. Esta infraestructura consiste en estaciones experimentales y de producción que han tenido la responsabilidad de generar tecnologías de cultivos de diferentes especies, principalmente de peces y moluscos dulce-acuícolas. Al mismo tiempo estas estaciones producen alevines para los acuicultores.

Como resultado de la investigación, se han realizado diversos proyectos, que han permitido la producción de cantidades apreciables de pescado que han servido para la apertura de mercados locales y de exportación. Recientemente han desarrollado sistemas de cultivo integrados (cerdos con peces, almejas con peces y ganado con peces) que permiten reducir el costo de los alimentos tradicionalmente usados (Porras, 1987).

Además el MAG ha tratado de desarrollar una política acuícola produciendo un plan nacional de acuicultura.

A pesar de todos estos esfuerzos en este sector, las actividades gubernamentales sufren de escasos medios financieros (el presupuesto anual de operación no sobrepasa 1 millón de colones, incluido el ingreso por venta de alevines) (Villalobos, 1984) que hacen que las estaciones mencionadas no están siempre funcionando de una forma óptima.

Sector académico

La Escuela de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional, Heredia, es la única entidad en el país que imparte una carrera de acuicultura a nivel universitario. El CONICIT (Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas) financió proyectos de investigación en esta escuela en el área de acuicultura por un total aproximado de 7 millones

de colones. La investigación se dedica principalmente a especies nativas prometedores para la acuicultura.

También en la Universidad de Costa-Rica se están desarrollando algunos proyectos de investigación acuícola, principalmente en área de la acuicultura marina.

Sector privado

En el país existen aproximadamente 450 pequeños y medianos acuicultores que se dedican al cultivo de tilapia para el autoconsumo y algunas con fines comerciales. En 1986 se ha establecido una empresa privada en Cañas, Guanacaste, para la producción intensiva de tilapia para la exportación a los Estados Unidos. Su capacidad de producción alcanza 500 Tm/año.

Se cuenta además con digérentes empresas privadas de camarón, de las cuales los más relevantes son:

- Criadero de Camarones de Chomes, S.A., que se dedica al cultivo de Peneidos
- Fincas Marinas Golfiteñas, ubicada en Golfito. Produce *Peneaus vannamei*, en sistemas semi-intensivos. Según su propia información, debido a la tasa alta de cambio de agua en los estanques (entre 12 y 42% por marea), la producción promedio llega hasta 3 toneladas/ha/año. La empresa cuenta con alrededor de 100 ha de estanques.
- Camaronex S.A., ubicada en Chomes
- Cosechas Marinas S.A. ubicada en Cañas, que tiene una capacidad de producción de 45 toneladas/año.

Las especies cultivadas en Costa Rica

Tilapia

Por sus magníficas características, la tilapia ha sido posiblemente el principal pez de cultivo en Costa Rica. Las especies *Oreochromis niloticus*, *O. aureus*, *O. hornorum* y *O. mossambicus*, son cultivadas en forma semi-intensiva y utilizadas a nivel comercial a diferencia de la tilapia roja.

En las distintas estaciones gubernamentales o semi-gubernamentales del país, el cultivo de tilapia se caracteriza principalmente por la producción de alevines monosexos con el objetivo de venderlos a los productores privados. Por este motivo, líneas puras de varias especies de tilapia están mantenidas en estas estaciones, de las cuales cada una debería abastecer la demanda regional.

En la Meseta Central, se establecieron dos unidades con una producción anual de 250 000 alevines de tilapia híbrida (*O. hornorum* x *O. mossambicus*) y *O. aureus* y 3000 reproductores de cada una de estas especies. En la región de Cañas, Provincia de Guanacaste, se ha establecido la mayor estación del MAG para el cultivo de alevines de tilapia. La estación cuenta con estanques de cemento para mantener líneas puras de 5 especies de tilapia, produciendo 500 000 alevines monosexos para la siembra en estanques privados y en el Lago de Arenal. También en la zona atlántica, se han producido 1/2 millón de alevines y 3000 reproductores de *O. aureus*, *O. mossambicus* y *O. hornorum*. Otras estaciones piscícolas ubicadas en diferentes zonas del país mantienen la producción de alevines y re-

productores para el suministro a los pequeños productores.

Carpas

En las mismas estaciones gubernamentales, se mantienen stocks de carpa herbívora (*Ctenopharingodon idella*), carpa plateada (*Hypophthalmichthys molitrix*), carpa cabezona (*Aristichthys nobilis*), y carpa negra (*Mylopharingodon piceus*) en policultivos con tilapia y almejas de agua dulce.

La carpa común (*Cyprinus carpio*), se utiliza como fuente de glándula pituitaria y no se explota comercialmente. Se establece para 1986 un laboratorio de reproducción inducida que producirá varios millones de alevines de estas carpas para uso comercial (Nanne, 1986).

Guapote (*Cichlasoma managuensis* y *C. dovii*)

En sistemas extensivos se encuentran el guapote lagunero (*Cichlasoma dovii*) y el guapote tigre (*C. managuense*) como depredadores de tilapia. A nivel experimental, estas especies están cultivadas en jaulas en el Lago de Arenal por la Universidad Nacional. En dicha universidad, también se están montando investigación sobre los aspectos biológicos y nutricionales de ambas especies.

Trucha arco-iris

Esta especie está cultivada por varias cooperativas de cultivadores (Santa María, Los Santos) en Copey de Dota y Fraijanes, ubicadas en la zona alta del país. Reciben asesoramiento del MAG y han producido en 1986 un total aproximado de 10 toneladas. Un reciente convenio MAG - Gobierno de Canadá, realizará la construcción de un semillero de truchas en el cerro de la Muerte, con capacidad de 2 millones de huevos/año (Nanne, 1986).

Camarón

Existe un aumento rápido en el número de pequeños productores de camarón (*Penaeus* spp.) en la costa pacífica, la mayoría en forma muy extensiva en antiguos estanques salinos. Empresas privadas en Golfito cuentan con 200 ha de estanques y en Chomes con 20 ha de estanques, ambas produciendo en sistemas extensivos o semi-intensivos. Una tercera empresa recién establecida producirá 45 Tm/año en un sistema intensivo y cuenta además con un criadero para 60 millones de larvas anuales.

Almeja y Caracol de agua dulce

Las especies *Anodontites luteola* (almeja gigante), *Pomacea zeteki* y *P. costaricensis* (caracoles de agua dulce) están relacionados con policultivos de carpas chinas y tilapias.

Investigaciones sobre el ciclo de vida de la almeja gigante indican una producción de 3000 kg/ha/año y en sistemas de cultivo a altas densidades se estima una producción potencial de 10 Tm/ha/año (Villalobos, 1984; Nanne, 1986).

Langostino de agua dulce

La reproducción y engorde de *Macrobrachium rosenbergii*, se realiza en las estaciones experimentales de ASBANA S.A. (entidad privada, con 30% de capital estatal). El centro de Desarrollo Agrario (IDA), y el gobierno de Taiwan realizan policultivos de tilapia y *Macrobrachium*, integrado con cerdos, en la estación piscícola Laurel (Nanne, 1986).

Dificultades y potencial del desarrollo acuícola

Hasta la fecha, el desarrollo de la acuicultura en Costa Rica ha sido enfrentado con muchos problemas, la mayoría de los cuales se pueden reducir a las tres causas siguientes:

1. Inexistencia de coordinación interinstitucional en formación y capacitación de personal especializado, lo que establece una falta de conocimiento y entrenamiento adecuado en las actividades acuícolas.
2. Costa Rica sufre evidentemente de todos los problemas que aquejan a los países en desarrollo. Sobre todo a nivel de la penuria económica se reflejada especialmente en los exiguos presupuestos de operación del Departamento de Acuicultura del MAG y de las Universidades dedicadas a asumir con eficiencia la función rectora de la actividad acuícola.
3. La inexistencia de serios trabajos que permitan determinar las nuevas posibilidades de mercado y los reales costos (precios) en la producción de peces impiden tener un adecuado conocimiento en este campo.

A pesar de todos los altibajos que releen los cronogramas del desarrollo de la acuicultura, las tendencias de los últimos años permiten sin duda adoptar una esperanzada. Las investigaciones privadas se han incrementado notablemente, sobretudo en la producción de camarones marinos para la exportación. Ha sido notable así mismo la instalación de una gran empresa para el cultivo intensivo de tilapia con fines de exportación al mercado estadounidense. La actividad privada demuestra la vitalidad de la acuicultura como actividad económica rentable y probablemente las necesidades de profesionales sobrepasarán pronto estimaciones hechos en el pasado. Por otra parte en la esfera gubernamental, los convenios que dan inicio con los gobiernos de Alemania y Canadá lograrán un avance hacia el área de la piscicultura intensiva.

Bibliografía

- Nanne, H., 1986. El desarrollo de la Acuicultura en Costa Rica. Departamento de Acuicultura del Ministerio de Agricultura y Ganadería, San Jose. 19 pp.
- Porras, A., 1987. Crecimiento de *Oreochromis aureus* a altas densidades de siembra, utilizando fertilización orgánica a base de estiércol de cerdo. En: J. Verreth, M. Carillo, S. Zanuy & E.A. Huisman, Investigación acuícola en América Latina, Pudoc, Wageningen, (este volumen).
- Villalobos, C., 1984. Diagnóstico tecnológico del Sector Pesca. Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas, Tomo II, Acuicultura. San Jose, pp. 400.

Piscicultura/*Fish culture*

I. Reproducción / *Reproduction*

BASES FISIOLÓGICAS DE LA REPRODUCCIÓN DE LOS PECES Y SU RELACION CON LA ACUICULTURA

REPRODUCTIVE PHYSIOLOGY OF FISH AND ITS RELATIONSHIP WITH AQUACULTURE

M. Carrillo

Instituto de Acuicultura de Torre de la Sal, Ribera de Cabanes, 12595 Castellon, España

Resumen

Considerando que la escasa información sobre la fisiología de la reproducción de los peces impide el desarrollo acuicultural, el presente trabajo resume el conocimiento actual de las bases fisiológicas de la reproducción de los peces y su relación con la acuicultura. La entrada de la información ambiental a los peces y la manera en que el cerebro integra la salida neurohormonal con el fin de regular la actividad reproductora, son conceptos básicos que están discutidos. Se analizan una serie de glándulas y se comenta su participación en el control de la reproducción. Finalmente se discute el control ambiental de la reproducción haciendo hincapié en los efectos del fotoperíodo y temperatura sobre los procesos gametogénéticos, madurativos y sobre la puesta de los peces cultivados.

Summary

Because the lack of knowledge on reproductive physiology of fish is considered as a major constraint to aquaculture development, this paper reviews the present knowledge of the reproductive physiology in relation to aquaculture praxis. The basic concept of environmental stimuli activating the hypothalamus-hypophysis axis, thereby controlling the gonadal cycle, is discussed. The different organs involved in this system are analysed and their role in the reproductive physiology is discussed. Special emphasis is laid on the role of temperature and photoperiod on gametogenesis, maturation, ovulation and oviposition in cultivated fishes.

Introducción

Los peces viven en un medio acuático que experimenta cambios cíclicos en sus características físicas y químicas. Su supervivencia, reproducción y crecimiento depende en gran medida de la percepción de estos estímulos o factores ambientales, de su transducción a impulsos bioeléctricos y hormonales y finalmente de la adaptación en sincronía con el medio ambiente externo. Esta adaptación, tiene significado evolutivo y está regulada por la selección natural.

En la filogenia de los vertebrados compiten con éxito dos sistemas de información: el sistema de comunicación neural y

el sistema de comunicación hormonal. La función fotoreceptora se basa fundamentalmente en el primero, la función glandular o secretora lo hace en el segundo. Existe, sin embargo un tercer sistema que posee ambas peculiaridades: el sistema neuroendócrino que es fundamental para el control de la reproducción.

En esta comunicación se expondrá de la forma más condensada posible: 1) como es la entrada de información a este sistema y de que forma el cerebro puede integrar la salida neurohormonal con el fin de regular la actividad reproductora (estructura y función) y 2) en que consiste el control hormonal y ambiental del proceso reproductor de cara al cultivo de peces.

La percepción de estímulos ambientales como el fotoperíodo y la temperatura (entre otros), está regida por el sistema nervioso e incluye el paso desde los receptores sensoriales al cerebro. Esta información llega al hipotálamo y una vez allí, hace que se produzcan las hormonas hipotalámicas que son transportadas a través de los axones neuronales a la hipófisis, donde inhibirán o estimularán la liberación de gonadotrofinas al torrente circulatorio. Las gonadotrofinas actúan sobre las gónadas induciéndolas a producir esteroides gonadales que serán los artífices finales del proceso del crecimiento gonadal y su regulación mediante procesos de retroalimentación sobre el hipotálamo y la hipófisis. Aparte de estas estructuras, existen otras tales como el hígado (elaboración de las vitelogeninas), las interrenales y la tiroides que también intervienen activamente en los procesos reproductores.

Glandula pineal

El complejo pineal, situado en el techo del diencefalo está compuesto por el órgano pineal y el órgano parietal. La pineal, denominada así por su forma de piña, es una glándula muy antigua que data del Devónico y está compuesta por células de sostén, células nerviosas y elementos sensoriales con función fundamentalmente fotoreceptora. Filogenéticamente se ha constatado que la función fotoreceptora va cediendo paso a la función secretora a medida avanzamos en la escala animal (Gorbman et al., 1983). La función sensorial de los órganos epitalámicos parece llevarse a cabo de la siguiente manera: Las células fotoreceptoras reaccionan a la estimulación luminosa y a las llamadas reacciones electromagnéticas del espectro visible y no visible, gracias a la presencia de un pigmento fotolábil situado en el segmento externo. De esta manera, estas células producen una sucesión de trenes de impulsos originados por un cambio de potencial de membrana. Estos impulsos se silencian bajo la influencia lumínica y se disparan en la oscuridad.

El concepto de que la pineal de los teleosteos tiene funciones fotosensitivas y neuroendócrinas tiene cada día mas soporte; además en numerosas ocasiones, se ha demostrado que las células fotoreceptoras son homólogas de los pinealocitos de las aves y los mamíferos. Basándose en características ultraestructurales (McNulty, 1981), se ha llegado a la conclusión de que el órgano pineal de los teleosteos tiene ac-

tividades metabólicas similares a las de la pineal de los vertebrados superiores. Además en repetidas ocasiones, se ha demostrado que las células fotoreceptoras contienen indolaminas tales como la melatonina y la serotonina, así como las enzimas responsables de su síntesis: la N-acetiltransferasa (NAT) y la hidroxindol-metil-transferasa (HIOMT) (Fenwick, 1970, Falcon et al., 1980; Falcon et al., 1984). Estudios recientes hechos en teleósteos demuestran que en la glándula pineal existen ritmos de síntesis de melatonina a partir de la serotonina, observándose niveles bajos de esta última durante la noche y altos durante el día; en cambio la melatonina y las enzimas NAT y HIOMT muestran un comportamiento inverso. Presentan niveles altos durante la fase oscura que se inician de una manera brusca durante el crepúsculo y se atenúan suavemente en la aurora. Estos hechos nos llevarían a pensar que la pineal está controlada de una forma precisa por la luz y la oscuridad, poseyendo la capacidad de medir la longitud de la noche a través de un patrón dado por un reloj biológico circadiano.

Durante la recrudescencia gonadal, en algunas especies de teleósteos adaptados a fotoperíodos cortos, la administración de melatonina tiene un efecto antigonadotropo, en cambio en animales adaptados a fotoperíodos largos y temperaturas elevadas el efecto de esta hormona es progonadal (Urasaki, 1972; de Vlaming & Vodcnik, 1978; Borg & Ekstrom, 1981; Sagi et al., 1983).

Existen cada vez mayor número de evidencias que llevan a pensar que en los teleósteos los efectos progonadales de la pineal y de los ojos laterales, bajo condiciones de fotoperíodos largos, están asociados a la promoción de un ciclo diario de los niveles plasmáticos de gonadotrofinas. En cambio los efectos de la pineal bajo fotoperíodos cortos aseguran la supresión de los ciclos diarios de los niveles plasmáticos de gonadotrofinas (Hontela, 1984). No cabe ninguna duda de que todas estas investigaciones tienen un gran interés para la acuicultura.

Podríamos concluir que la información fotoperiódica que reciben los teleósteos es convertida por las células fotoreceptoras de la pineal en dos clases de mensajes que tienen un patrón circadiano 1) la información nerviosa que es remitida a los centros del cerebro y 2) los mensajes hormonales transmitidos a través de la secreción de una o varias hormonas que son liberadas al torrente circulatorio. Esto hace que la pineal no sólo sea considerada como un simple freno a los procesos reproductores, sino como un receptor de la información exterior, un modulador y posiblemente un reloj endógeno.

Hipotálamo

El hipotálamo, situado en la región ventral del diencéfalo, es una zona importante para el paso e integración de la información neuronal. Los cuerpos de las células neurosecretoras forman los núcleos hipotalámicos y sus fibras están en estrecho contacto con la adenohipófisis. Esta es la razón por la cual el hipotálamo puede ejercer un control preciso sobre las células gonadotropas hipofisarias. La actividad liberadora hipotalámica está localizada preferentemente en los

núcleos preoptico y *lateralis tuberis*, aunque también se ha descrito en otras zonas cerebrales (Peter, 1983).

El factor liberador de los teleosteos estructuralmente es similar al de los elasmobranquios, reptiles y aves y difiere del de los mamíferos y del de los anfibios. La actividad biológica de todos ellos, sin embargo, es parecida. Hace unos cuatro años se purificó el factor liberador de la gonadotropina del salmón (sGnRH) determinándose su secuencia aminoacídica, recientemente se ha purificado el de la trucha, el del mugil y el *Chanos chanos* (Idler & Ng, 1983). Los factores hipotalámicos de los teleosteos poseen poca especificidad entre sí, habiéndose demostrado que existen similitudes estructurales entre ellos y que se trata de decapeptidos como en el caso de otros grupos zoológicos. La similitud estructural y la aparente poca especificidad sumado a la casi igual actividad biológica, ha hecho que los factores hipotalámicos sean una de las promesas más reales y prácticas a utilizar en el control del proceso reproductor.

En estos últimos años se han sintetizado análogos estructurales de los factores liberadores hipotalámicos. Son nonapeptidos de vida media más larga y varias veces más potentes que los naturales. Su aplicación en acuicultura ha sido muy reciente y presenta resultados esperanzadores en la inducción a la puesta de peces en cuatividad.

Hacia el año 1978 se vio que lesiones profundas en el NLT implicaban, en contra de lo esperado, un incremento drástico de los niveles plasmáticos de gonadotropina hipofisaria (GtH) provocando la ovulación en el carpin (Peter, 1983). Esto hizo suponer que existe un factor inhibidor de la liberación de gonadotropina, también conocido por GRIF. La supresión de este factor permite la liberación espontánea de GtH hipofisaria. A pesar de que este factor no ha sido aislado, se tiene la certeza de que se trata de una dopamina que actúa en dos vertientes: directamente sobre las células hipofisarias, inhibiendo la liberación espontánea de GtH e indirectamente bloqueando el efecto del GnRH sobre la liberación de gonadotropina. Los antidopaminérgicos como el Pimozide inhiben los mencionados efectos, provocando un incremento en los niveles circulantes de GtH, razón por la cual son de utilidad en las experiencias de inducción a la puesta.

Paralelamente a los estudios que han permitido la localización e identificación del GnRH y del GRIF, en determinadas áreas del cerebro, se han identificado áreas sensitivas a los esteroides gonadales, existiendo, en principio, áreas de ligando para la testosterona y el estradiol en la hipófisis y en varias áreas cerebrales. Estos hechos están asociados a la demostración de la existencia de dos vías de retroalimentación: una negativa ya clásica y bien demostrada y una positiva, sólo presente durante la pubertad y el reposo sexual, demostrada recientemente. La retroalimentación positiva, parece que solamente es provocada por los esteroides estrogénicos y androgénicos aromatizables.

Resumiendo, las funciones que regula el hipotálamo podrían ser las siguientes: regulación del inicio de la pubertad, de la recrudescencia gonadal, de la ovulación y de la espermiación.

Hipófisis

La glándula hipófisis situada en la base del diencefalo, está formada por una parte nerviosa denominada neurohipófisis y otra glandular llamada adenohipófisis. La primera contiene los pituicitos y fibras neurosecretoras (provenientes del hipotálamo) y la segunda 7 categorías distintas de células que sintetizan, almacenan y liberan hormonas al torrente circulatorio.

Las células gonadotropas se hallan localizadas en la *pars distalis proximal* de la adenohipófisis y sus secreciones controlan el desarrollo gonadal. Estas células, a su vez son controladas por los factores liberadores hipotalámicos y por los esteroides gonadales. Uno de los métodos clásicos de identificación de estas células ha sido a través de sus variaciones de actividad a lo largo del ciclo reproductor, habiéndose descrito actualmente numerosas pruebas fisiológicas, ultraestructurales e inmunocitoquímicas de reconocimiento (Van Oordt & Peute, 1983).

A pesar de que se ha creído que la producción de dos hormonas gonadotropas podría ser un hecho común para todas las hipófisis de los Gnatóstomos y que estas gonadotropinas podrían originarse en un tipo celular separado, en algunas especies de teleosteos sólo se ha identificado un tipo celular gonadotropo (Ball & Baker, 1969).

Las células gonadotropas almacenan la gonadotropina en unos gránulos esféricos, pequeños y de contenido basófilo. Además de los gránulos, estas células presentan unos glóbulos irregulares de mayor tamaño, menos numerosos y menos basófilos. Se especula con que los gránulos podrían contener una de las gonadotropinas y los glóbulos (que se ha demostrado que no son lisosomas) podrían estar asociados a la producción de una pro-hormona gonadotropa (como en el caso de la insulina), o bien ser la sede de la segunda gonadotropina. Se necesita mayor investigación para dilucidar este particular.

Actualmente sólo Idler y sus colaboradores (Idler & Ng, 1983) han podido aislar con éxito dos fracciones diferentes de la hipófisis de los teleosteos con diferentes potencias gonadotropas. Esto contrasta con anteriores trabajos de otros autores, que utilizando técnicas distintas, sólo lograron purificar una gonadotropina en los teleosteos.

Brevemente la hipótesis de Idler sería la siguiente: La primera fracción proteica, pobre en carbohidratos, y que no es absorbida en la concanavalina A se la denomina Con AI. La segunda fracción proteica, rica en carbohidratos, es absorbida en concanavalina A y se la denomina Con AII. Se ha visto que la Con AII induce la maduración de los oocitos, la espermatogénesis y la espermiogénesis. Por este tipo de acción se la conoce como hormona madurativa, en cambio la Con AI regula el desarrollo pre-madurativo del ovario y se la conoce como hormona vitelogénica. Pese a todos estos y otros avances, todavía no se tiene la seguridad de que exista un tipo celular gonadotropo separado para cada una de esas hormonas. Al contrario, los dos tipos de basófilas a veces pueden producir una o varias hormonas glicoproteicas simultáneamente.

Las gonadotropinas de los teleosteos se han podido disociar en 2 sub-unidades α y β y su actividad depende de este com-

plejo. Dado que las subunidades α de todas las hormonas glicoproteicas son idénticas, la especificidad biológica de cada hormona es más bien función de la subunidad β , por lo que las diferencias entre las gonadotropinas de los peces estarían en esta sub-unidad (Burzawa-Gerard, 1982). Las secuencias parciales de las sub-unidades β demuestran que las gonadotropinas de los peces están más relacionadas con la β LH de los mamíferos que con la β FSH de los mismos. Este hecho explica perfectamente porque la gonadotropina de los peces presenta cierta identidad cromatográfica con la LH de los mamíferos y porque las hormonas luteotropas o coriónicas (p.ej. la HCG) son más activas en los peces. En acuicultura estos hechos tienen gran importancia para los experimentos de inducción a la puesta por tratamiento hormonal. Por otro lado, aun cuando, se ha purificado las gonadotropinas del salmón, solla, carpa, platija, tilapia, esturión y trucha, no se han comercializado, salvo en el caso del salmón (SG-G100) por lo que sus precios son prohibitivos para su aplicación en acuicultura.

Gonadas

Las gónadas de los teleósteos derivan de un sólo primordio germinal, desarrollándose directamente a partir de lo que se conoce como córtex en los vertebrados superiores. Este hecho está asociado a la existencia en los teleósteos de patrones sexuales muy diversos. Gracias a ello pueden provocarse, sin demasiada dificultad, la esterilización, la aparición de intersexos y la inversión sexual.

Testículos

La mayor parte de los teleósteos poseen testículos de estructura lobular, caracterizada por poseer una serie de lóbulos separados unos de los otros por tejido fibroso conectivo. Los lóbulos contienen las células germinales, que adoptan una distribución cística durante el desarrollo gonadal, y las células de Sertoli. En la parte intersticial están las células intersticiales, homólogas a las de Leydig, los fibroblastos, los vasos sanguíneos y los linfocitos. A las células de Sertoli se les atribuye funciones de sostén y nutrición de los elementos germinales, así como de fagocitosis de residuos citoplasmáticos. Recientemente se les ha relacionado con la producción de progestágenos que controlan la síntesis de andrógenos o la estimulación de las mitosis de las células germinales (Nagahama, 1983). A las células intersticiales se les ha relacionado siempre con la producción de esteroides gonadales. Se ha demostrado en ellas actividad 3β -hidroxid Δ 5-esteroideshidrogenasa (Nagahama, 1983) y otras características ultraestructurales asociadas a la producción de esteroides (Carillo & Zanuy, 1977). En general el testículo es capaz de sintetizar andrógenos (p.ej. 11-ketotestosterona), progestinas, estrógenos (sólo detectados in vitro o en especies hermafroditas) y esteroides conjugados de tipo glucurónido.

Ovarios

En los teleósteos el ovario puede ser muy simple o un ór-

gano complejo que produce oocitos, almacena esperma para luego fertilizar sus huevos e incluso para la alimentación y desarrollo del embrión. El ovario posee un epitelio germinal que da lugar al folículo, por debajo del mismo está la túnica albugínea. El folículo está formado por la granulosa y la teca separadas ambas por la membrana basal. En la teca hay unas células especiales cuya misión secretora de hormonas es altamente discutida. De todas maneras se ha detectado actividad esteroideogénica en las células especiales de la teca y en las de la granulosa. Se ha demostrado que el ovario puede sintetizar corticosteroides, progestinas (p.ej. la 17α 20 β OHP, importante para la maduración de los oocitos), andrógenos (precursores de los estrógenos tras aromatización) y estrógenos (p.ej. el 17β -estradiol, importante para la vitelogenésis). Por último otras secreciones importantes para el control de la reproducción son las feromonas, de origen gonadal. Se trata de glucurónidos (esteroides conjugados solubles en agua), presentes en último término en el fluido ovárico y seminal de las hembras y machos respectivamente (Colombo et al., 1982).

Las fases más características del ovario son las mitosis oogoniales y transformación de oogonias en oocitos primarios, la vitelogenésis, la maduración y la ovulación.

El proceso de la vitelogenésis está ligado al acúmulo de grandes reservas nutritivas por parte de los oocitos. La síntesis de vitelo recibe el nombre de vitelogenésis. Esta síntesis si ocurre dentro del oocito se la conoce como vitelogenésis endógena y si ocurre fuera como vitelogenésis exógena. La vitelogenésis endógena parece estar asociada a la síntesis de las vesículas de vitelo, quienes a su vez, parecen ser precursoras de los alveolos corticales artífices de la formación del espacio vitelino en el momento de la fecundación. Algunos autores piensan que la síntesis de lípidos puede ser también de carácter endógeno. Los gránulos de vitelo también llamados glóbulos, son de origen externo y se forman cuando el oocito trata de secuestrar material por micropinocitosis. Las últimas investigaciones indican que las vitelogeninas y otros componentes, son incorporados al oocito tras atravesar los espacios intercelulares y los poros o canales de la zona radiada. La vitelogenina formada en el hígado y transportada al ovario a través del sistema circulatorio, es captada por el oocito tras lo cual es disociada enzimáticamente en sus componentes.

La maduración se caracteriza por la clarificación del vitelo, por la hidratación y finalmente por la rotura de la membrana nuclear. Este proceso esta asociado a una migración nuclear desde el centro a la periferia del oocito. En acuicultura la determinación rápida de este proceso constituye una técnica valiosa para decidir el momento de la administración hormonal con el fin de inducir la puesta.

La ovulación es la expulsión mecánica del oocito fuera del folículo y sólo se da después de una fase de desprendimiento entre el oocito y las células foliculares. Está dirigido por enzimas proteolíticas. En la mayoría de los casos la ovulación tiene lugar después de la primera división meiótica. Los oocitos ovulados continúan la meiosis hasta la metafase, mo-

mento en el cual es posible la fertilización, después de la cual se emite el segundo corpúsculo polar.

Los folículos con oocitos en diferentes estados de vitelogenésis que no son ovulados en la época natural de puesta degeneran en cuerpos atrésicos. El carácter endócrino, tanto de los folículos vacíos como de los cuerpos atrésicos, ha sido ampliamente discutido en ocasiones anteriores (Zanuy, 1977) y muchas veces se ha querido encontrar una similitud endócrina entre cuerpos atrésicos y el cuerpo lúteo de los mamíferos (Nagahama, 1983).

La vitelogenésis, maduración y ovulación, son eventos que se distinguen tanto por los sucesos que desencadenan como por la regulación endócrina de que son objeto. Su reconocimiento y valoración tienen enorme importancia en la gestión de los reproductores a la hora de obtener huevos de calidad, mediante administración exógena de hormonas o manipulación ambiental.

Control endocrino de la reproducción

El control último de la espermatogénesis, espermiogénesis y esteroideogénesis testicular está ejercido por las gonadotropinas hipofisarias, puesto que estas últimas son capaces de restaurar la espermatogénesis en animales hipofisectomizados. El incremento de GtH es concomitante con el incremento de volumen de esperma y el incremento de la actividad de las células gonadotropas hipofisarias, es paralelo al progreso de la espermatogénesis y de la espermiogénesis. En estos últimos años, sin embargo se ha visto que la espermiación viene acompañada por un incremento importante de los niveles plasmáticos de 11-ketotestosterona. Lo más probable es que la acción de la gonadotropina sobre la espermiogénesis y probablemente sobre la espermatogénesis, esté ligada al control que ejerce sobre la esteroideogénesis testicular.

Existen controversias acerca de que las gonadotropinas dirijan la previtelogenésis ya sea por se o a través de su influencia sobre la esteroideogénesis ovárica. Está bien claro, sin embargo, que la vitelogenésis es totalmente dependiente de las gonadotropinas hipofisarias.

Uno de los logros más importantes en el estudio de la vitelogenésis ha sido la demostración de un complejo fosfolipoproteico plasmático propio de las hembras, de un peso molecular comprendido entre 300.000 y 600.000, conocido con el nombre de vitelogenina. Su presencia en el plasma coincide con la aparición de los primeros gránulos de vitelo en los oocitos e incrementa a medida va incrementando el índice gonadosomático (IGS) de las hembras.

La vitelogenésis tendría dos fases. La primera consistiría en la producción de vitelogenina hepática bajo la influencia de los estrógenos, especialmente el 17β -estradiol. En la segunda fase, la vitelogenina es tomada de la sangre e incorporada en el interior del oocito. Ambos son controlados endocrinológicamente por gonadotropinas. La hipofisectomía bloquea la vitelogenésis y la inyección de gonadotropinas de peces la restaura, conjuntamente con una serie de procesos metabólicos asociados a ella como son el incremento de triglicéridos y de colesterol.

La incorporación de la vitelogenina en el interior del oocito, no parece ser estimulada por la gonadotrofina madurativa ni por las gonadotrofinas de mamíferos. Si lo es por el extracto completo hipofisario de peces, como la hormona semipurificada del salmón (SG-G100) de gran aplicación en acuicultura. Estos hechos hacen suponer que existe otro componente en la hipófisis de los peces capaz de promover la incorporación de vitelo. Hay mucha controversia acerca de la naturaleza de este componente. Mientras unos mantienen la teoría de que no tiene por que ser una gonadotrofina, otros, los más, piensan y demuestran que se trata de la Con AI gonadotrofina vitelogénica. Tanto la maduración como la ovulación son procesos dependientes de las gonadotrofinas hipofisarias. Se sabe que la hormona madurativa es indispensable para que se produzcan tanto la maduración como la ovulación. La acción de la gonadotrofina parece estar en la inducción de la síntesis de los MIS, que inciden directamente sobre la maduración. Estudios recientes en los salmónidos confirman que el MIS es una progestina y mas concretamente la 17α - 20β -dihidroxi-progesterona (17α 20β OHP) (Fostier et al., 1983). Su presencia en el plasma de hembras maduras se ha detectado en especies pertenecientes a otras familias como la dorada o el carpin. En otras especies como la lubina, se especula con la posibilidad de que el MIS sea otro esteroide.

Control ambiental de la reproducción

Todo el complicado mecanismo del control de la reproducción viene regido en último término por los factores ambientales. A la hora de la práctica, se puede considerar al control ambiental como un método eficaz de control de la reproducción.

La respuesta fotoperiódica

La inducción fotoperiódica es un mecanismo que comprende dos procesos interrelacionados: 1) la "medida" de la longitud del día o de la noche y 2) la suma o integración de los sucesivos ciclos fotoperiódicos ya sean largos o cortos, hasta un punto en que la "inducción es completa". El primer mecanismo se lleva a cabo mediante lo que de ahora en adelante llamaremos reloj y el segundo por el contador fotoperiódico. La medida del tiempo mediante el reloj, está regulada por aspectos periódicos del ambiente (en particular por los ciclos de luz y temperatura), mientras que la "expresión" del reloj o vía de los mecanismos de contaje, se ve afectado por una variedad de factores ambientales (temperatura, dieta, etc.). La reacción a la longitud del día y las propiedades de este reloj, están muy mal conocidas en los teleósteos.

Ritmos circadianos como posibles componentes de los ritmos circaanuales

Está bien establecido que en muchos organismos los ritmos circadianos están involucrados en el control de los ritmos anuales mediante su participación en el mecanismo de la medida temporal del fotoperíodo. Por eso, no es de extrañar que se haya dirigido la atención hacia la posibilidad de que los ritmos circanuales de alguna manera, deriven de los ritmos

circadianos. Una de las teorías más difundidas llamada modelo de coincidencia externa de Bunning (1969), supone que la reacción fotoperiódica depende de la coincidencia de la luz con una fase particular de la oscilación circadiana. Bajo condiciones naturales, los ciclos anuales se originan de la fase circadiana que está periódicamente expuesta a la luz, como consecuencia de las variaciones del fotoperíodo. En algunos teleosteos se ha demostrado la existencia de un ritmo diario de sensibilidad a la luz, en el que la posición de las interrupciones nocturnas de la luz en un ciclo de 24 horas de luz-oscuridad, son más importantes que el número total de horas luz-oscuridad recibidas (Duston & Bromage, 1986). Estas observaciones han llevado a la conclusión de que algunos peces no miden la longitud del día y del tiempo contando los ciclos diarios o mecanismo del reloj de arena, sino que es la fotosensibilidad de los procesos rítmicos la que interviene en la modulación del ciclo reproductor de los peces.

Las alteraciones del fotoperíodo tanto naturales como artificiales han sido de capital importancia para la iniciación y modulación del desarrollo reproductor de peces de importancia comercial como el salmón, la trucha, la lubina, la dorada, el mugil y los peces planos. Existen numerosas evidencias de que ciclos fotoperiódicos comprimidos, aceleran la maduración y adelantan la época de puesta de la trucha, salmón, dorada y algunos peces planos (Bye, 1984). Otros autores comprobaron que fotoperíodos largos constantes, seguidos por fotoperíodos cortos también constantes, eran tan efectivos en adelantar las puestas como lo fueron en su día los fotoperíodos de cambio gradual. Recientemente se ha comprobado que en algunos teleosteos la aplicación de fotoperíodos largos durante un intervalo de tiempo corto, aplicados en momentos determinados del año, son suficientes para iniciar los procesos gametogénicos, vitelogenéticos y posiblemente madurativos; en cambio los fotoperíodos cortos sincronizan la ovulación y ovoposición siempre y cuando las temperaturas del agua sean las adecuadas (Zanuy *et al.*, 1986). La utilización de ciclos periódicos ampliados (12, 15, 18 meses) produce retrasos en la época de puestas de algunos teleosteos (de 8 a 20 semanas en la trucha y el salmón). Cuando la aplicación de fotoperíodos largos o cortos constantes se hace en épocas en las cuales el fotoperíodo natural es el opuesto, se producen retrasos de hasta 24 semanas en la trucha, salmón y lubina (Billard *et al.*, 1978, Erikson & Lindquist, 1980, Zanuy *et al.*, 1987).

De todas maneras las respuestas a un ciclo específico del fotoperíodo pueden variar a través del año de acuerdo con la condición fisiológica del animal (Scott *et al.*, 1983) y sean cuales sean las condiciones del fotoperíodo que se administran, no logran impedir el que se efectúe la puesta. Los ciclos endógenos, aseguran el que esta se realice eventualmente aun cuando se tenga que retrasar seis o más meses. A todo esto se le tendría que añadir una variabilidad adicional en la respuesta de los peces al fotoperíodo, variabilidad ligada al sexo, edad, historia reproductora y línea genética (Scott & Sumpter, 1983).

Existe poca información a cerca de la calidad espectral e intensidad luminosa y su efecto sobre la modificación de la época de puesta como consecuencia del tratamiento con foto-

período. Se sabe que *Gasterosteus* presenta respuesta ante un espectro amplio (388-653 nm); *Plecoglossus*, solamente responde ante longitudes de onda corta azules y verdes, las largas (rojas y amarillas) inhiben la maduración (Lam, 1983). La intensidad luminosa tampoco ha sido tomada en cuenta en los estudios del efecto del fotoperíodo sobre el proceso reproductor. Hay algún trabajo que demuestra que en *Plecoglossus*, los efectos del fotoperíodo son dependientes de la intensidad luminosa y que desaparecen o se alteran cuando esta es muy alta o muy baja (Lam, 1983).

Efectos de la temperatura en la respuesta fotoperiódica

La temperatura puede afectar a la respuesta fotoperiódica de varias maneras, que dependen de la forma en que esta se ofrece. Es decir si se administra temperatura constante, cambios paso a paso y ciclos o pulsos de calor o de frío. Los cambios periódicos de la temperatura (ciclos diarios y pulsos) parecen ejercer su efecto directamente sobre el mecanismo de reloj. La temperatura constante, puede alterar la proporción o cantidad de la respuesta.

A menudo la temperatura, no ha sido considerada en los estudios fotoperiódicos, por eso, no está nada claro si los efectos del fotoperíodo son o no dependientes de la temperatura. Hay algunas evidencias, sin embargo, que merecen ser consideradas: En algunas especies de teleósteos, los fotoperíodos largos estimulan la nidificación (p.ej. *Lepomis gibbosus*) y la gametogénesis siempre y cuando la temperatura se mantenga elevada, en cambio otros responden tanto si las temperaturas son altas como si son bajas (p. ej. *Gasterosteus aculeatus*), incluso hay algunas especies, tales como *Gillichthys* en que sólo las temperaturas bajas provocan la maduración sexual sea cual fuese el fotoperíodo (Lam, 1983). En la lubina se ha identificado una temperatura crítica, por encima de la cual se bloquean las puestas naturales aún cuando las gónadas esten maduras (Zanuy et al., 1986). La regresión gonadal en muchas especies de teleósteos precisa de fotoperíodos cortos sin importar la temperatura. En las regiones tropicales (cerca del ecuador), el fotoperíodo apenas varía a lo largo del año y la temperatura puede cambiar ligeramente según se trate de estación seca o húmeda. Otros factores asociados a las lluvias o inundaciones estarían más relacionados con la sincronización de la maduración final y con la puesta, en cambio la temperatura, la calidad del agua (pH, conductividad) y la intensidad de la luz, son factores que podrían influir en el desarrollo gonadal de los peces de estas latitudes. También el papel de la nutrición sobre el desarrollo gonadal es muy importante, aunque desgraciadamente existen pocos estudios al respecto (Luquet & Watanabe, 1986).

Bibliografía

- Ball, J.N. & Baker, B.I., 1969. The pituitary gland: Anatomy and histophysiology. En: W.S. Hoar, & D.J. Randall (editors), Fish Physiology, Vol. II, Academic Press. New York, pp. 1-110.

- Billard, R., Breton, B., Fostier, A., Jalabert, B. & Weil C., 1978. Endocrine control of teleost reproductive cycle and its relation to external factors: salmonid and cyprinid models. En: P.J. Gaillard, & H.H. Boer (editors), Elsevier/North Holland, Biomedical Press, Amsterdam, New York, pp. 37-48.
- Borg, B. & Ekstrom, P., 1981. Gonadal effects of melatonin in the three spined stickleback (*Gasterosteus aculeatus* L.), during different seasons and photoperiods. *Reprod. Nutr. Dev.*, 21(6A): 191-927.
- Bunning, E., 1969. Common features of photoperiodism in plants and animals. *Photochemistry and photobiology*, 9: 219-228
- Burzawa-Gerard, E., 1982. Chemical data on pituitary gonadotropins and their implication to evolution. *Can. J. Fish Aquat. Sci.*, 39: 80-91.
- Bye, V.J., 1984. The role of environmental factors in the timing of reproductive cycles. En: S.W. Potts & B.J. Wootton (editors.), *Fish Reproduction*, Academic Press, London, pp. 187-205.
- Carrillo, M., 1977. Histofisiología de la glándula hipofisaria de la chucla (*Spicara chryselis* C.V.). *Inv. pesq.*, 41(2): 385-440.
- Carrillo, M. & Zanuy, S., 1977. Quelques observations sur le testicule chez *Spicara chryselis* G.V. *Inv. pesq.*, 41(1): 121-146.
- Colombo, L., Belvedere, P.C., Marconato, A., Ventivagna, F., 1982. Pheromones in teleost fishes. En: C.J.J. Richther & H.J.H. Goos, (Editors) *Reproductive Phisiology of Fish*, Pudoc, Wageningen, Netherlands, pp. 84-94.
- De Vlaming, V.L. & Vodicnik, M.J., 1978. Seasonal effects of pinealectomy on gonadal activity in the goldfish (*Carassius auratus*). *Biol. Reprod.*, 19: 57-63.
- Duston, J. & Bromage, N., 1986. Photoperiodic mechanisms and rhythms of reproduction in the female rainbow trout. *Fish Physiol. Biochem.* 2(1-4): 35-51.
- Eriksson, L. & Lundquist, H., 1980. Photoperiod entrains ripening by its differential effect in salmon. *Naturwiss.*, 67: 202-203.
- Falcon, J., Juillard, M.T. & Collin, J.P., 1980. L'organe pineal du brochet (*Esox lucius* L.) IV. Serotonine endogène et activité monoamine oxydasique, étude histochimique ultracytochimique et pharmacologique. *Reprod. Nutr. Dev.*, 20: 139-154.
- Falcon, J.M., Geffard, M., Juillard, M.T., Steinbusch, H.M., Seguela, P. & Collin, J.P., 1984. Immunocytochemical localization and circadian variations of serotonin and N-acetylserotonin in photoreceptor cells. Light and electron microscopic study in the teleost pineal organ. *J. Histochem. Cytochem.*, 52(5): 486-492.
- Fenwick, J.C., 1970. Demonstration and effects of melatonin in fish. *Gen. Comp. Endocrinol.*, 14: 86-97.
- Fostier, A., Jalabert, B., Billard, R., Breton, B. & Zohar, Y., 1983. The gonadal steroids. En: W.S. Hoar, D.J. Randall & E.M. Donaldson (editors), *Fish Physiology*. Vol. IX, A. Reproduction, Academic Press, New York, pp. 277-372.

- Gorbman, A., Dickhoff, W.W., Vigna, S.R., Clark, N.C. & Ralph, C.L., 1983. Comparative Endocrinology, J. Wiley and Sons, New York.
- Hontela, A., 1984. Daily cycles of serum gonadotropin hormone in fish. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 113: 458-466.
- Idler, D.R. & Ng, T.B., 1983. Teleost gonadotropins: isolation, biochemistry and function. En: W.S. Hoar, D.J. Randall & E.M. Donaldson (editors), *Fish Physiology*. Vol. IX, A. Reproduction, Academic Press, New York, pp. 187-221.
- Lam, T.J., 1983. Environmental influences on gonadal activity. En: W.S. Hoar, D.J. Randall & M. Donaldson (editors), *Fish Physiology*. Vol. IX, A. Academic Press, New York, pp. 65-116.
- Luquet, P. & Watanabe, T., 1986. Interaction "nutrition-reproduction". *Fish Physiol. Biochem.*, 2(1-4): 121-129.
- McNulty, J.A., 1981. A quantitative morphological study of the pineal organ in the goldfish, *Carassius auratus*. *Can. J. Zool.*, 59(7): 1312-1325.
- Nagahama, Y., Hirose, K., Young, G., Adachi, S., Susuki, K. & Tanaoki, B., 1983. Relative *in vitro* effectiveness of 17α 20β -dihydroxy-4-pregnen-3-one and other pregnene derivatives on germinal vesicle breakdown in oocytes of four species of teleost, ayu (*Plecoglossus altivelis*), amago salmon *Oncorhynchus rhodurus* rainbow trout (*Salmo gairdneri*) and goldfish (*Carassius auratus*), *Gen. Comp. Endocrinol.*, 51: 15-25.
- Peter, R.E., 1983. The brain and neurohormones in teleost reproduction. En: W.S. Hoar, D.J. Randall & E.M. Donaldson (editors), *Fish Physiology* Vol. IX, A: Reproduction, Academic Press, New York, pp. 97-135.
- Sagi, G.H., Abraham, M. & Hilge, V., 1983. Pinealectomy and ovarian development in the grey mullet, *Liza ramada*. *J. Fish. Biol.*, 23: 339-345.
- Scott, A.P., Sumpter, J.P. & Hardiman, P.A., 1983. Hormone changes during ovulation in the rainbow trout (*Salmo gairdneri*, Richardson). *Gen. Comp. Endocrinol.*, 49: 128-134.
- Urasaki, H., 1972. Effects of restricted photoperiod and melatonin administration on the gonadal weight in the Japanese killifish. *J. Endocrinol.*, 55: 619-620.
- Van Oord, P.G.W.J. & Peute, J., 1983. The cellular origin of pituitary gonadotropins in teleosts. En: W.S. Hoar, D.J. Randall & E.M. Donaldson (editors), *Fish Physiology* Vol. IX, A: Reproduction, Academic Press, New York, pp. 137-186.
- Zanuy, S., 1977. Inducción a la puesta y estudio de la ovogénesis en un teleosteo marino, *Paracentropristis cabrilla* L. *Inv. Pesq.*, 41(2): 337-384.
- Zanuy, S., Carrillo, M. & Ruiz, F., 1987. Delayed gametogenesis and spawning of sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.), kept under different photoperiod and temperature regimens. *Fish. Physiol. Biochem.*, 2(1-4): 53-63.

DESARROLLO EMBRIONARIO Y PROLARVAL DE LA YUQUETA *Diplectrum formosum* (L.), (PISCES: SERRANIDAE). RESULTADOS PRELIMINARES

EMBRYONAL AND PROLARVAL DEVELOPMENT OF *Diplectrum formosum* (L.), (PISCES: SERRANIDAE). PRELIMINARY RESULTS

Ramón J., Manrique.

Estación de Investigaciones Marinas de Mochima, Apartado 366, Cumana 6101, Venezuela

Resumen

Se describe el desarrollo embrionario y prolarval de la yuqueta *Diplectrum formosum*, desde la fertilización hasta el consumo del material de reserva del saco vitelino en condiciones de laboratorio y sin suministro de alimento. Los huevos fecundados fueron colocados en un tanque de fibra de vidrio de 2000 l con agua de mar (37-38.5‰) filtrada, con valores de oxígeno de 4.5 a 5 mg/l y de temperatura entre 24 y 27 °C.

Los huevos de este Serránido son esféricos, transparentes, flotantes y con una sola gota de aceite. El diámetro promedio de los huevos es de 0.61 ± 0.01 mm. La eclosión ocurre entre las 21 y 23h después de la puesta.

La longitud promedio de la postlarva recién eclosionada es de 1.09 ± 0.06 mm, el saco vitelino es de forma elíptica y tiene una longitud anteroposterior de 0.58 ± 0.05 mm, mientras que la gota de aceite mide 0.08 ± 0.01 mm. Al cabo de las 48 horas después del nacimiento de las larvas se reabsorbe completamente el saco vitelino, falleciendo la prolarva.

Summary

In this paper the first part of the life cycle of the sand perch, *Diplectrum formosum*, up to complete yolk-sac absorption, is described.

Eggs of *D. formosum* are spherical, transparent, buoyant and contain a single oil droplet, the egg diameter being 0.61 ± 0.01 mm. Fertilized eggs were placed in fiber glass tanks of 2000 l volume, filled with filtered seawater with a salinity of 37-38.5‰, a dissolved oxygen of 4.5-5 mg/l, and a temperature of 24-27°C.

Hatching occurred 21-22 hours after fertilization, the hatchlings having a length of 1.09 ± 0.06 mm. The yolk-sac is elliptical with a total length of 0.58 ± 0.05 mm the diameter of the oil-droplet being 0.08 ± 0.01 mm. Yolk-sac absorption was completed after 48 hours and under no-feeding conditions subsequent death of the larvae was observed.

Introducción

Diplectrum formosum es una especie ampliamente distribuida

en la costa venezolana y en el área del Caribe (Cervigón, 1966; Randall, 1983). Como otros serranidos, se caracteriza por presentar simultáneamente testículos y ovarios maduros en el mismo individuo (hermafrodita sincrónico).

Entre los diversos estudios que se han realizado sobre distintos tópicos biológicos de esta especie se encuentran los de Bortone (1971, 1977) quien fue el primero en describir con detalle los aspectos biológicos más sobresalientes de *D. formosum*. En Venezuela, Mundaray (1984) realiza estudios sobre las adaptaciones sanguíneas de esta especie; y Gómez & Garvia (1984) describen la sincronía de la madurez de ambos sexos mediante cortes histológicos. El estudio más reciente es el de Darcy (1985) que hace una revisión completa de la biología de *D. formosum*, en el cual se menciona que, hasta el momento, no se conoce ninguna descripción detallada de su ontogenia. Esta situación motivó la realización del presente estudio sobre su desarrollo embrionario y prolarval en condiciones de laboratorio, desde la fertilización del huevo hasta el consumo del material de reserva de la larva.

Este trabajo no pretende establecer la técnica de inducción a la puesta con esta especie. Su finalidad es llevar a cabo una manipulación en condiciones e inducir el desove de los animales además del cuidado y mantenimiento de las prolarvas; esperando lograr en corto plazo la optimización de la técnica y sobre todo el manejo de las prolarvas en condiciones de cultivo, tratándolas de llevar hasta juveniles con la alimentación adecuada.

Material y Métodos

Las capturas se efectuaron en la Bahía de Mochima trasladando los ejemplares obtenidos a la Estación de Investigaciones Marinas (Fundaciencia), en donde se les mantuvo durante 15 días en tanques de 1700 l, con circulación abierta de agua y aireación continua, consistiendo la alimentación en sardina fresca (*Sardinella sp*).

El tamaño de los ejemplares varió entre 207 y 245 mm de longitud total, con un promedio de 224.4 mm. El peso se mantuvo entre 138 y 190 g, con una media de 164 g.

Se provocó el desove a un grupo de ejemplares, luego de hacer una biopsia intraovárica, mediante la inyección intramuscular de Gonadotropina Coriónica Humana (GCH), a razón de 0.5 UI por gramo del pez. A otro grupo de peces se les aplicó masaje abdominal, obteniéndose así ovocitos y esperma para la fecundación.

Para la fertilización, incubación de los huevos y desarrollo prolarval, se utilizaron tanques circulares de fibra de vidrio de 2000 l, con agua de mar filtrada a una micra y una salinidad de 37 a 38.5 partes por mil. Al lo largo de la experiencia los valores de temperatura oscilaron entre 24 y 27.5 °C y el oxígeno disuelto entre 4.5 y 5.0 mg/l.

La terminología usada en este trabajo se basó en la de Hubbs (1943), considerando a) desarrollo embrionario desde la fertilización hasta la eclosión y b) desarrollo prolarval, hasta que la larva absorbe el saco vitelino y la boca está completamente formada.

Resultados y discusión

Características generales

El huevo de *D. formosum* se caracteriza por ser esférico y transparente, con una gota de grasa de color amarillo pálido que lo hace flotante; recubierto por una membrana lisa, no adhesiva, con pequeño espacio perivitelinico (Fig. 1). Después de fecundado, su tamaño es de 0.61 ± 0.01 mm y el de la gota de grasa es de 0.12 ± 0.01 mm. Pueden encontrarse huevos no viables con más de una gota de grasa de diferentes diámetros. Para calcular estos valores se midieron 100 huevos.

Desarrollo embrionario y prolarval

Después de la fertilización, a las 0:30 h min se distingue la primera división celular dando lugar a dos blastómeros iguales (Fig. 2); a las 0:43 h sucede la segunda división, perpendicular a la primera (4 blastómeros) la tercera (Fig. 3) y cuarta divisiones se observan a los 18 y 44 minutos siguientes obteniéndose 8 y 16 células. A las 2:04 h el estadio observado es el de morula, siendo las células del blastodisco cada vez de menor tamaño y mas difíciles de contar. Los blastómeros continúan dividiéndose hasta que el blastodisco aparece como un pequeño montículo en el polo animal, llegando a las 2h:40 min a la etapa de blástula (Fig. 4).

El proceso de gastrulación comienza a las 3:25 h con los primeros signos de recubrimiento (epibolia) del vitelo. A las 5:14 h finaliza la epibolia con la formación del tapón de vitelo, comenzando así la fase de neurulación al formarse los primeros esbozos de la placa neural (Fig. 5). A las 10h: 15 min empieza a observarse la cápsula óptica, y el espacio perivitelinico es cada vez mayor. A las 11:00 h se distingue perfectamente la glándula de Kupffer (Fig. 6). A las 14h comienzan a distinguirse 2 ó 3 miómeros y, muy bien, los lóbulos ópticos (Fig. 7).

El embrión va aumentando de tamaño, así como el número de somitos y melanóforos, y cubre la mitad del saco vitelino, comenzando simultáneamente, sus movimientos dentro del huevo.

A las 21:00 h las primeras larvas comienzan a romper la membrana coriónica, eclosionando todas al cabo de dos horas; en este momento las larvas nadan libremente hacia la superficie en posición invertida debido a la presencia de la gota de grasa. En esta etapa pueden observarse intervalos de inactividad en las larvas.

En el momento de la eclosión, la larva mide 1.09 ± 0.06 mm, el embrión se encuentra completamente formado estando bien definidas las cápsulas ópticas, en este momento el saco de vitelo pierde la forma esférica y mide 0.58 ± 0.05 mm. La gota de grasa, que se ubica en la parte posterior del saco vitelino, mide 0.8 ± 0.01 mm.

En estos momentos la larva carece de pigmentación en los ojos, y la boca no se ha formado completamente. El corazón late 90 veces/min. Todavía no se observa la abertura anal.

La prolarva es translúcida y se pueden diferenciar grupos de melanóforos, los cuales forman dos bandas oscuras a cada lado del animal (Fig. 8).

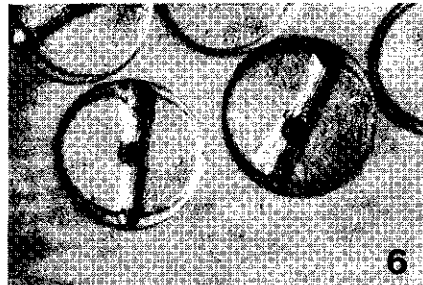
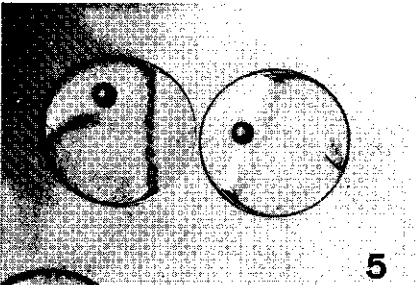
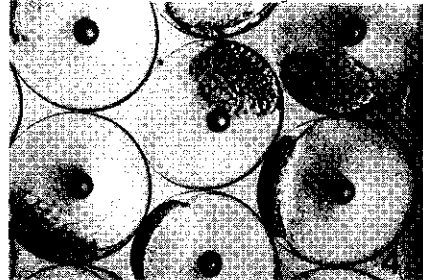
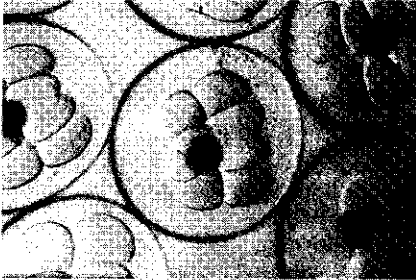
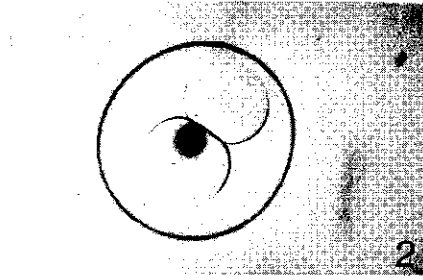
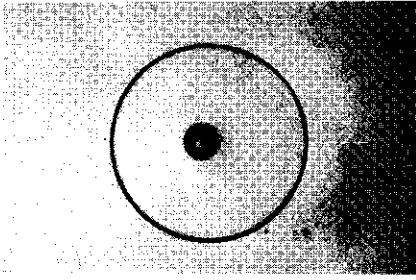


Figura 1. Huevo recién fecundado. *A just fertilized egg*

Figura 2. 1ra. división (2 células). *The first cellular division*

Figura 3. 3ra. división (8 células). *The third cellular division (8cells)*

Figura 4. Estadio de Blástula inicial. *Early Blastula stage*

Figura 5. Comienza la fase de neurulación. *End of gastrulation, start of neurulation*

Figura 6. Estadio de neurula. *Neurula stage*

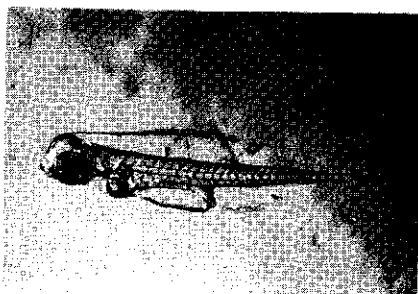
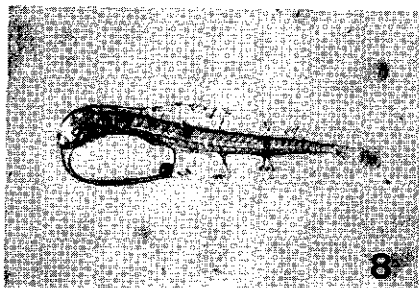
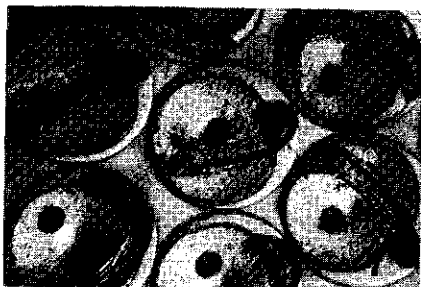


Figura 7. Desarrollo embrionario de *D. formosum*, primeros, somites.

Figure 7. The appearance of the first somites

Figura 8. Prolarva de 14 horas de nacida.

Figure 8. A 48 hours old prolarva

Figura 9. Prolarva de 48 horas de 1.66 ± 0.08 mm.

Figure 9. A 48 hours old prolarva (1.66 ± 0.01 mm long)

Figura 10. Larva con la boca y ano bien formados, se observa muy bien las cápsulas óticas. A larva with a well developed mouth and anus. The otical capsules are clearly visible.

Figure 10. A larva with a well developed mouth and anus. The otical capsules are clearly visible.

A las 24 h de nacida, el tamaño de la prolarva es de 1.49 ± 0.08 mm y se distinguen claramente tres bandas de melanóforos a lo largo de la zona epaxial. Los pliegues dorsal y anal son translúcidos con puntos oscuros.

Las larval a las 48 h tienen el saco vitelino prácticamente reabsorbido (Fig. 9), la boca está bien formada y la mandíbula inferior es móvil (Fig. 10). La longitud total de las prolarvas es de 1.66 ± 0.01 mm y el saco vitelino mide 0.08 ± 0.01 mm, persistiendo una la gota de grasa. A partir de este momento las prolarvas comienzan a fallecer no encontrándose ninguna viva a las 72 horas, debido a la falta de alimento.

Agradecimientos

Este trabajo se realizó gracias a la valiosa ayuda de varias personas: Los Sres. Ricardo Rodríguez y Rubén Penott en las labores de pesca, alimentación y mantenimiento de los ejemplares. Al Sr. Carlos Carcía en la parte fotográfica. La Sra. Alexia de Barela en la transcripción del manuscrito, y al Dr. Fernando Cervigón por la corrección y crítica del manuscrito.

Bibliografía

- Bortone, S.A., 1971. Studies on the biology of the sand perch, *Diplectrum formosum* (Perciformes: Serranidae) Fla. Dep. Nat. Resour., Mar. Res. Lab. Tech. Ser. 65, 27 pp.
- Bortone, S.A., 1977. Revision of the sea basses of the genus *Diplectrum* (Pisces: Serranidae). U.S. Dep. Commer., NOAA. Tech. Rep. NMFS Circ. 404, 49 pp.
- Cervigón, F., 1966. Los Peces Marinos de Venezuela. Fund. La Salle. Cienc. Natur. Caracas Monogr. 11:1-436 pp.
- Darcy, G.H., 1985. Synopsis of Biological Data on the sand Perch, *Diplectrum formosum* (Pisces: Serranidae). U.S. Dep. Commer., NOAA. Tech. Rep. NMFS 26, 21 pp.
- Gómez, A. & García C., 1984. Hermafroditismo en *Diplectrum formosum* (Pisces: Serranidae). XXXIV Convención Anual de AsoVAC, Edo. Sucre. 35 (1): 369.
- Hubbs, C., 1943. Terminology of early stages of fishes. Copeia, (4): 260.
- Mundaray, E., 1984. Adaptaciones sanguíneas en dos especies de peces del género *Diplectrum*: *D. formosum* y *D. radiale*. XXXIV Convención de AsoVAC, Edo. Sucre. 35 (1): 224.
- Randall, J.E., 1983. Caribbean reef fishes. T.F.H. Publ. Inc., Neptune City, N.Y. 318 pp.

ESTUDIO HISTOQUIMICO E INMUNOCITOQUIMICO DE LA HIPOFISIS DE
AUSTROMENIDIA LATICLAVIA (TELEOSTEI, ATHERINIDAE)

HISTOCHEMICAL AND IMMUNOCYTOCHEMICAL STUDY OF THE PITUITARY
GLAND OF *Austromenidia laticlavica* (TELEOSTEI, ATHERINIDAE)

C.B. Gonzáles, I. Siegmund, S. Troncoso y C.E. Caorsi

Instituto de Fisiología e Instituto de Histología y Patología,
Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile

Resumen

La hipófisis de *Austromenidia laticlavica* mostró tres partes; la pars distalis rostral, la pars distalis proximal o caudal y la pars intermedia. Células azul alcian positivas, PAS positivas y que reaccionan específicamente con anticuerpos contra LH humana se encuentran exclusivamente en la pars distalis proximal. El anticuerpo contra beta TSH humana mostró células pequeñas PAS positivas en la pars distalis proximal pero la localización es completamente diferente de aquella de las células LH positivas. Las células LH positivas se encuentran en la zona más caudal de la pars distalis proximal, en cambio, las TSH positivas se encuentran en la zona rostral de la pars distalis proximal.

Summary

The hypophysis of *Austromenidia laticlavica* showed three distinctive parts: the rostral pars distalis, the proximal or caudal pars distalis and the pars intermedia. Alcian blue and PAS positive cells that cross reacted specifically with human LH antiserum were exclusively found in the proximal pars distalis. The antiserum against human beta TSH showed small PAS positive cells in the proximal pars distalis but their localization is completely different from that of the LH positive cells. The TSH positive cells are found in the rostral end of the proximal pars distalis whereas the LH positive cells are found in the caudal end of the proximal pars distalis.

Introducción

Austromenidia laticlavica, es un pez atherinidae que alcanza su estado adulto a los dos años de vida y parece ser una especie apropiada para cultivo. Esta posibilidad está siendo estudiada. El éxito del cultivo, en cualquier especie, dependerá en gran medida de la capacidad de controlar el ciclo de vida del pez. En este aspecto la endrocrinología puede jugar un papel importante especialmente en el control de la reproducción y del crecimiento de las larvas (Lam 1982).

En el presente trabajo se hace un estudio histoquímico e inmunocitoquímico de la hipófisis de *Austromenidia laticlavica* con el objeto de conocer aspectos endrocrinológicos básicos de este pez.

Material y métodos

Especímenes adultos de *Austromenidia laticlavia* capturados durante el otoño fueron decapitados y las cabezas fijadas en Bouin. El material fue incluido en paraplast y se hicieron cortes seriados tanto frontales como sagitales. Secciones alternadas fueron teñidas ya sea con hematoxilina-eosina, PAS, azul alcian-PAS- orange G o se realizó inmunocitoquímica según el método de la peroxidasa antiperoxidasa (PAP) (Stenberger et al., 1970) y usando como primeros anticuerpos anti FSH, anti LH y anti TSH humanas. Estos anticuerpos fueron generosamente suministrados por el National Pituitary Program y el National Institute of Arthritis, Metabolism and Digestive Diseases.

Resultados y discusión

En la adenohipófisis de *Austromenidia*, como en la adenohipófisis de todos los teleósteos, se distinguen tres partes; pars distalis rostral (PDR), la pars distalis proximal (PDP) y la pars intermedia (PI). La PDR está compuesta casi exclusivamente por células acidófilas probablemente de prolactina. La PDP está compuesta por células acidófilas PAS negativas y por células basófilas PAS y azul alcian positivas. En la PDP las células PAS y azul alcian positivas se encuentran fundamentalmente en la parte más ventral. Se extienden caudalmente rodeando los cordones de células de la pars intermedia, penetrando algunas veces entre ellos para terminar en la parte posterior del tallo hipofisiario (Fig. 1). La pars intermedia está ubicada en la mitad posterior de la hipófisis y está formada mayoritariamente por células PAS negativas y algunas células PAS positivas. Estas células se agrupan en cordones entre los cuales penetran profundamente fibras del lóbulo neural (Fig. 1). El antisuero contra LH humana en nuestro estudio fue capaz de mostrar células positivas en la pars distalis de *Austromenidia* (Fig. 2, 5). Estas mismas células se tiñen positivamente con azul alcian y dan la reacción del PAS. Se sabe que las células PAS y azul alcian positivas son las células gonadotropas en muchos teleósteos (Peute et al., 1984, Schreibman & Margolis-Kazan 1979). Por lo tanto es posible que el antisuero contra LH humana esté realmente reaccionando con la hormona gonadotropa de *Austromenidia*. En este contexto es importante mencionar que otros antisueros contra gonadotropinas de mamífero, como el anti-LH ovino, han sido ya usados para demostrar las células gonadotropas de peces (Hansen & Hansen, 1985). En *Austromenidia* las células azul alcian y PAS positivas que reaccionan con anticuerpos contra LH humana se encuentran restringidas a la pars distalis proximal e incluso localizadas en la región más caudal de ésta (Fig. 2). Esta distribución está de acuerdo con el cuadro general de localización de la células GTH en la mayoría de los teleósteos (Doerr-Schott, 1976; Goos et al., 1976, Olivereau & Nagahama, 1983) si exceptuamos algunos salmónidos en los que también se pueden encontrar células GTH en la parte rostral de la pars distalis (Peute et al., 1978; Ekengren et al., 1978). TSH, FSH y LH comparten la cadena alfa, siendo las cadenas beta las que confieren especifici-

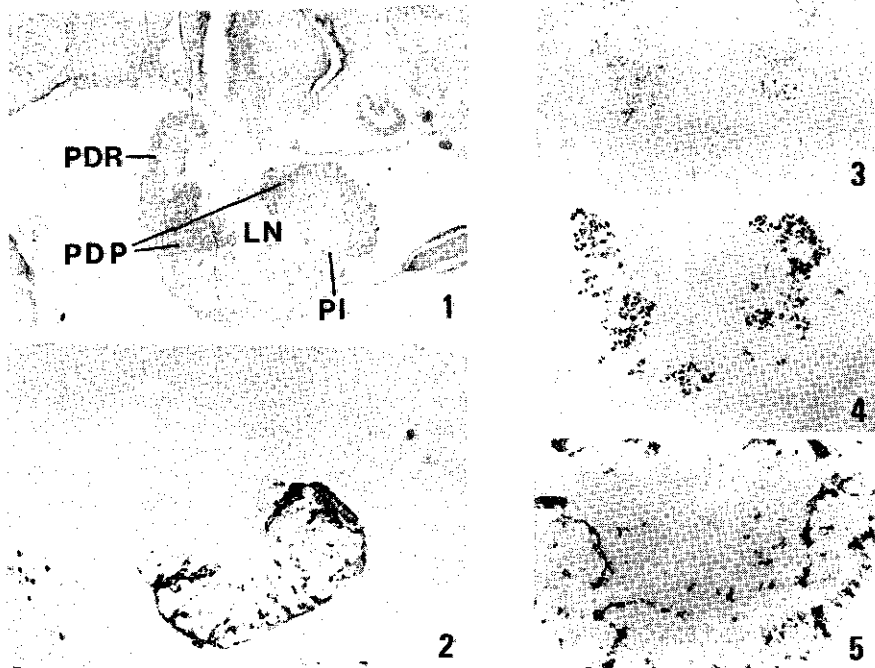


Figura 1. Corte sagital de hipotálamo medio basal e hipófisis. PDR = pars distalis rostral, PDP = pars distalis proximal, PI = pars intermedia, LN = Lóbulo neural. Técnica: H-E.

Figure 1. Sagittal section of the medio-basal part of the hypothalamus and of the hypophysis. PDR = pars distalis rostral, PDP = pars distalis proximal, PI = pars intermedia, LN = neural lobe. Technique: H-E.

Figura 2. Corte similar al de la figura 1 pero en el que se realizó la técnica de la PAP y usando como primer anticuerpo el anti LH humano.

Figure 2. Section: see figure 1. Technique: PAP (first antibody = human anti-LH).

Figuras 3, 4, 5. Cortes frontales consecutivos inmunoteñidos con anti TSH (3) anti FSH (4) y anti LH humanas (5).

Figures 3, 4, 5. Consecutive frontal sections immunostained with anti-TSH (3), anti-FSH (4) and human anti-LH (5).

dad a estas hormonas. Por lo tanto es necesario determinar si en la inmunotinción más de un tipo celular está reaccionando con el antisuero contra algunas de estas hormonas. Se sabe que anticuerpos contra la cadena beta de TSH humana revela específicamente las células TSH de peces (Schreibman & Margolis-Kazan, 1979). Cuando se usó anti beta-TSH humana se observó una discreta población de células pequeñas localizadas en la región más rostral de la PDP (Fig. 3). Estas células pequeñas, TSH positivas, tienen una localización completamente diferente a la que tienen las células LH positivas (Fig. 5). Anticuerpos contra FSH humana tiñen también células en el lado rostral de la PDP con una localización muy similar a aquellas mostradas por el anticuerpo contra TSH (Fig. 3, 4). Hasta el momento no ha sido posible establecer con claridad si el antisuero contra FSH está tiñendo un tipo celular diferente o el mismo tipo celular que tiñe anti beta-TSH humana. Este es un aspecto interesante que requiere mayor estudio puesto que existe controversia respecto a si hay una o dos gonadotrofinas en peces (Burzawa-Gérard, 1982).

Bibliografía

- Burzawa-Gérard, E., 1982. Chemical data on pituitary gonadotropins and their implication to evolution. *Can. J. Fish Aquat. Sci.*, 39: 80-91.
- Doerr-Schott, J., 1976. Immunohistochemical detection by light and electron microscopy of pituitary hormones in cold blooded vertebrates. I. Fish and amphibians. *Gen. Comp. Endocrinol.*, 28: 497-512.
- Ekengren, B., Peute, J. & Fridberg, G., 1978. Gonadotropic cells in the Atlantic salmon, *Salmo salar*. An experimental immunocytochemical electron microscopical study. *Cell Tissue Res.*, 191: 187-203.
- Goos, H.J.Th., Seldenrijk, R. & Peute, J., 1976. The gonadotropic cells in the pituitary of the Black Molly, *Molliesia latipinna*, and other teleosts, identified by the immunofluorescence technique in normal and androgen-treated animals. *Cell Tissue Res.*, 167: 211-219.
- Hansen, G.N. & Hansen, B.L., 1985. Immunocytochemical demonstration of mammalian lutropin-like material in the pituitary of the lungfish, *Lepidosiren paradoxa*. *Cell Tissue Res.*, 239: 355-358.
- Lam, T.J., 1982. Applications of endocrinology to fish culture. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 39: 111-137.
- Olivereau, M. & Nagahama, Y., 1983. Immunocytochemistry of gonadotropic cells in the pituitary of some teleost species. *Gen. Comp. Endocrinol.*, 50: 252-260.
- Peute, J., Goos, H.J.Th., de Bruyn, M.G.A. & van Oordt, P.G.W.J., 1978. Gonadotropic cells of the rainbow trout pituitary during the annual cycle. Ultrastructure and hormone content. *Ann. Biol. Anim. Biochem. Biophys.*, 18: 905-910.
- Peute, J., de Leeuw, R., Goos, H.J.Th. & van Oordt, P.G.W.J., 1978. Ultrastructure and immunolabeling of gonadotropins and thyrotropins in the pituitary of the African catfish *Clarias lazera*. *Cell Tissue Res.*, 23: 95-103.

- Schreibman, M.P. & Margolis-Kazan, H., 1979. The immunocytochemical localization of gonadotropin, its subunits and thyrotropin in the teleost, *Xiphophorus maculatus*. Gen. Comp. Endocrinol., 39: 467-474.
- Sternberger, L.A., Hardy, P.H. Jr., Cuculis, J.J. & Meyer, H.G., 1970. The unlabeled antibody enzyme method of immunocytochemistry. Preparation and properties of soluble antigen-antibody complex (horseradish peroxidase) and its use in identification of spirochetes. J. Histochem. Cytochem., 18: 315-333.

APLICACIONES PRACTICAS DEL CONTROL DE LA REPRODUCCION EN EL CULTIVO DE PECES

SOME PRACTICAL APPLICATIONS OF CONTROLLED FISH REPRODUCTION

S. Zanuy

Instituto de Acuicultura de Torre de la Sal, Ribera de Cabanes, 12595 Castellón, España

Resumen

Durante las últimas décadas se han hecho grandes avances en el control de la reproducción de los teleósteos, siendo en el campo de la salmonicultura donde la aplicación de los resultados obtenidos en los laboratorios ha sido más notoria.

El control de la reproducción tiene una serie de aplicaciones prácticas que se pueden dividir en dos apartados: a) aplicaciones prácticas relacionadas con el control del ciclo reproductor y regidas por los factores hipotalámicos y las gonadotrofinas y 2) aplicaciones relacionadas con el control del sexo y posiblemente regidas por los esteroides sexuales.

La presente revisión enfoca su atención hacia estos dos tipos de aplicaciones. Hace especial mención del uso de los análogos de los factores liberadores hipotalámicos de las gonadotrofinas (GnRHA) en la inducción/sincronización de la puesta. A su vez analiza la aplicabilidad de las técnicas de feminización, masculinización y/o esterilización por tratamiento con esteroides y mas superficialmente las técnicas de manipulación cromosómica.

Summary

During the last decades, significant progresses has been made in controlled reproduction of teleost fishes which - to quite an extent - has been succesfully applied to the culture praxis of salmonids.

Such praxis oriented applications can be categorized in: a) applications related to the reproductive cycle, mainly controlled by GnRH and GtH, and b) applications related to sex control, possibly controlled by sexual steroids.

This review focusses on those two types of applications with emphasis on the use of GnRHA to induce/synchronize spawning. In addition feminization, masculinization and sterilization techniques, as well as chromosomal manipulation are discussed.

Introducción

Hasta el presente el cultivo de peces se ha encontrado con el importante escollo de la obtención de alevines en cautividad y con las características necesarias que permitan una producción rentable de la especie cultivada.

El cultivo de peces durante mucho tiempo se ha llevado a cabo como consecuencia de una serie de conocimientos acumulados y transmitidos de generación en generación, con mejoras propias de la experiencia pero sin ninguna, o muy poca base técnica.

La zootecnia en general ha avanzado gracias a la aplicación de nuevas técnicas y conocimientos conseguidos como consecuencia de los estudios llevados a cabo en áreas como la de la reproducción.

En las últimas décadas la fisiología de la reproducción de los peces ha sido profusamente estudiada, sobre todo en los salmónidos. Gracias a ello se ha vislumbrado la posibilidad de aplicar nuevas técnicas que permiten una gestión más racional de reproductores, gametos, embriones y descendencia (Billard et al., 1986, Donaldson, 1986, Duston & Bromage, 1986).

Dentro de la piscicultura, la salmonicultura es la que mayor soporte científico tiene actualmente (Iwamoto & Sower, 1985). Los canadienses, franceses, japoneses, norteamericanos y noruegos, son los que mayores esfuerzos han dedicado al campo del control de la reproducción de los salmónidos. Gracias a ello hoy en día es casi posible controlar la reproducción y el sexo además de preservar los gametos.

En especies marinas, los japoneses están haciendo un gran esfuerzo, seguidos por los países ribereños del Mediterraneo interesados en el cultivo de especies como la anguila, dorada, lubina, lenguado y lisas.

Las técnicas derivadas del conocimiento del control de la reproducción permiten o pueden permitir:

- 1) La inducción a la puesta en especies que no desovan en cautividad.
- 2) La manipulación de la época de reproducción, de manera que la puesta se produzca antes o después, según convenga.
- 3) Obtención de gametos en cantidad y de características conocidas.
- 4) Desarrollo de las técnicas de criopreservación.
- 5) Producción de híbridos con mejores características orgánolepticas y de crecimiento más rápido.
- 6) esterilización como método para mejorar el crecimiento.
- 7) Obtención de líneas homogéneas.

Cuando el acuicultor se encuentra con una especie en la cual no es capaz de controlar la reproducción, puede optar por dos estrategias: 1) capturar reproductores en puesta, larvas o alevines de la naturaleza y 2) desarrollar una técnica que le permita controlar la reproducción de su propio estock.

Hasta hace pocos años la primera estrategia ha sido la más común. En nuestros días, sin embargo, no siempre es fácil ni posible. Se puede dar el caso de que los alevines no se obtengan en cantidad suficiente y que su pesca indiscriminada produzca ciertos desequilibrios en las poblaciones naturales ya de por sí mermadas. Capturar reproductores maduros siempre comporta riesgos si no se tienen bien estandarizadas las técnicas de recolección de los mismos, en el mejor de los casos hace falta gran cantidad de ellos para obtener un número significativo de crías.

La segunda estrategia (desarrollar una técnica que permita controlar la reproducción del propio estock), ha estado limitada durante mucho tiempo al método de hipofisación. Este método fue introducido por Von Ihering en 1937 y ha sido ampliamente revisado por Picford & Atz (1957), Harvey & Hoar (1980) & Zanuy & Carrillo (1987). Este método se usa todavía en bastante países, aplicandose con un cierto grado de empirismo.

Cuando se pretende controlar el ciclo reproductor del propio estock uno tiene que decidir que grado de control debe o puede aplicar. Se puede ir desde el control de una sola fase (caso más corriente) hasta el control de toda la gametogénesis (lo menos corriente).

Lo más fácil es conseguir la ovulación y la puesta durante la época de reproducción (sincronización). Le sigue en dificultad el adelanto o el atraso del proceso reproductor en varios meses y por último, la mayor dificultad reside en conseguir que la especie se reproduzca en cualquier época del año.

Resumiendo en pocas palabras, la importancia del control de la reproducción en piscicultura, vendría dada por la capacidad que nos da de incidir sobre las características de la progenie a través de la intervención sobre los reproductores y gametos.

El control de la reproducción y sus implicaciones prácticas

Los resultados obtenidos como consecuencia de la aplicación de todos los conocimientos generados en los laboratorios, son numerosos y algunos de entre ellos han sido enumerados al principio de esta revisión.

Hemos de hacer una distinción importante entre: A) aplicaciones relacionadas con el control del ciclo reproductor y regidas directamente por los factores hipotalámicos y las gonadotrofinas y B) las aplicaciones relacionadas con el control del sexo, posiblemente regidas por los esteroides gonadales.

El control del ciclo reproductor

El control del ciclo reproductor se puede hacer a tres niveles (Zanuy & Carrillo, 1987): 1) el hipotalámico modulado a través de los factores ambientales y la administración de los antiestrógenos, 2) el hipofisario modulado por los factores hipotalámicos, sus análogos estructurales y los antidopaminérgicos y 3) el gonadal modificado mediante la inyección de extractos de pituitarias de peces, gonadotrofinas de peces, gonadotrofinas de mamíferos, esteroides inductores de la maduración (MIS), prostaglandinas y catecolaminas.

El nivel elegido dependerá en gran medida de la especie, del grado de conocimiento de su fisiología, del estado de madurez gonadal y de la disponibilidad de la hormona en el mercado local.

Es sabido que vitelogénesis, ovulación y maduración, son procesos diferentes regidos por balances hormonales distintos (Carrillo, este mismo volumen) y por tanto el tratamiento a aplicar dependerá en gran manera del estatus hormonal inter-

no. Para ello es indispensable diagnosticar el estado de desarrollo gonadal con la mayor exactitud o aproximación posible. Ello permitirá desarrollar métodos de tratamiento específicos y efectivos para cada grado de desarrollo del ovario.

Generalmente la sincronización total de todos los ejemplares no se da nunca y por tanto es necesario aplicar un método de diagnóstico adecuado a la especie (Zanuy & Carrillo, 1987). Estos métodos permiten determinar el estado de maduración y separar los animales por grados de desarrollo, obrando en consecuencia a continuación.

Nivel hipotalámico

La manipulación de los factores ambientales casi siempre tiene como fin el obtener puestas en épocas alejadas de la de puesta natural, de esta manera el acuicultor puede tener un calendario seguro. A veces puede ser usado como medio para atrasar o adelantar la puesta a épocas no muy alejadas de la natural. Casi siempre se trata de aplicar ciclos de luz oscuridad o termociclos aunque a veces, condiciones ambientales que influyen sobre la sincronización de la puesta, como la salinidad por ejemplo (Zanuy & Carrillo, 1984), son también de utilidad. Desde mi modesto punto de vista aunque no es un método fácil, quizá es el más fisiológico y en muchos casos el más seguro y el que requiere menor manipulación de los especímenes.

El uso de antiestrógenos es menos corriente por varias razones: 1) se conoce poco acerca de su modo de acción, 2) se administran casi siempre con otras hormonas o al menos es muy difícil que den resultados positivos cuando se los administra solos y 3) la dosis a administrar es muy crítica, pudiendo causar efectos contrarios en algunas ocasiones. Los antiestrógenos han sido usados en la inducción a la puesta de algunas especies de salmones (Donaldson & Hunter, 1983), habiéndose hecho también pruebas adicionales en otros grupos de peces (Zanuy & Carrillo, 1987). En los salmónidos, la administración de antiestrógenos casi siempre va precedida por la administración de SG-G100. Se cree que la inyección potenciadora de gonadotrofina es necesaria para finalizar la vitelogénesis e inducir la rotura de la vesícula germinal. El incremento adicional de gonadotrofina producido por la inyección del antiestrogeno, provoca la ovulación.

Nivel hipofisario

A nivel hipofisario se puede actuar mediante la inyección de factores hipotalámicos y sus análogos estructurales, solos o combinados con los antagonistas dopaminérgicos.

Los factores hipotalámicos (GnRH) al ser decapeptidos, en principio, no provocan fenómenos de inmunización y presentan menor especificidad. Tienen el grave inconveniente de tener una vida media muy corta, pero la síntesis de sus análogos estructurales (GnRHA), ha representado un gran avance. Los GnRHA, son nonapéptidos de vida media mucho más larga y bastantes veces más potentes que el GnRH en inducir la liberación de gonadotrofina tanto en vertebrados superiores como inferiores.

Desde que los chinos utilizaron por primera vez los análogos estructurales del GnRH de mamífero con el fin de inducir

la puesta en algunas especies de carpas chinas (Cooperative Team for hormonal application in fishculture, 1977), su uso se ha generalizado a otras especies de peces (Harvey & Hoar, 1980, Donaldson & Hunter, 1983, Zanuy & Carrillo, 1987). Recientemente se han purificado los GnRH de algunas especies de peces así como distintas formas de la familia del GnRH (Sherwood, 1986). Se han sintetizado análogos estructurales del GnRH del salmón que son varias veces más potentes que el mismo.

Administrados solos o en compañía de otras hormonas los análogos estructurales son la promesa más firme, más segura y con el tiempo más barata para ser usados en la práctica de la inducción a la puesta. Han sido ampliamente utilizados en la inducción a la puesta de varias especies de salmónidos, ciprinidos, lubina, dorada y lenguado. El método de administración de los análogos es bastante parecido en todas las especies experimentado. Generalmente se administran dos inyecciones, una primera o potenciadora de dosis bajas y una segunda de mayor dosis (el doble de la primera o más). Los intervalos de inyección varían entre tres y 72 horas y la respuesta, entendiendo como tal la ovulación, varía con la temperatura y con el estado de desarrollo gonadal. Las dosis utilizadas han variado desde los 300 a 0,5 µg/kg y depende tanto de la especie como de la antigüedad del trabajo consultado. Las primeras pruebas se hicieron con dosis relativamente altas y hoy en día se tiende tanto a disminuir la dosis como a calibrarla (Donaldson & Hunter, 1983).

En lugar de administrar dos inyecciones de análogos, se tiende hacia la administración de una primera inyección de SG-G100 o extracto de pituitarias de peces (en muy pequeña cantidad). La razón que se aduce para ello es que la SG-G100 es una hormona semipurificada y al igual que los extractos hipofisarios poseen factores que no son liberados por el GnRHA y que actúan sincrónicamente en el proceso final de la maduración y ovulación. Otra razón es que posiblemente la SG-G100 o las inyecciones de extractos hipofisarios de peces incrementan la sensibilidad del oocito a la GtH liberada como consecuencia de la inyección de factores hipotalámicos.

En el caso de la lubina, los GnRHA han sido usados con el fin de obtener puestas en hembras que habían sido inducidas a la maduración mediante manipulación del ciclo de fotoperíodo (Zanuy, et al., 1986).

Otra combinación muy frecuente es la de la inyección de Pimozide (Pim) conjuntamente o seguida de la de GnRHA. El Pim es un antagonista dopaminérgico (Carrillo, este volumen) y por tanto un inhibidor del GRIF (factor inhibidor de la liberación de gonadotrofinas). La inyección de Pim debe producir un incremento de gonadotrofinas liberadas. El Pimozide ha demostrado ser potenciador de la inyección de LHRHA en la carpa, salmón y pez dorado. El efecto de su inyección en la lubina parece ser prometedora (Prat et al., 1987). Las inyecciones de Pim suelen administrarse conjuntamente o entre tres y seis horas antes que la(s) de LHRHA. La respuesta es dosis dependiente y las dosis suelen estar comprendidas entre 1 y 10 mg/kg (Bieniarz et al., 1986, Donaldson & Hunter, 1983 y Zanuy & Carrillo, 1987). Hasta el momento los resultados estimados y cuantificados en términos de calidad y cantidad de

los oocitos obtenidos por tratamiento con análogos estructurales más un agente potenciador, son mejores que cuando las puestas se inducen con GCH u homogenados de pituitarias de peces. Lo mismo se observa en términos de tasas de fecundación y supervivencia de la progenie, aunque siempre inferiores a los obtenidos en las puestas naturales. En la lubina (Prat et al., 1987), por ejemplo, la administración de Pim junto con la primera inyección de LHRHA, produce respuestas diferentes a las obtenidas cuando el Pim se administra conjuntamente con la segunda inyección de LHRHA o cuando el LHRHA se administra solo. Esta respuesta se manifiesta en términos de niveles diferentes de estradiol, testosterona, índice de maduración, tamaño de la puestas, tiempo de puesta y calidad de los oocitos. En contra de lo observado en otras especies, en la lubina, parece ser que la administración de dos inyecciones de LHRHA sin Pim, de mejores resultados que cuando se combinan ambos ya sea en la primera o segunda inyección. Falta averiguar, sin embargo, si la respuesta se potencia cuando se administran dos inyecciones, la primera de Pim y la segunda de LHRHA.

Nivel gonadal

El siguiente nivel de actuación sería directamente sobre la gónada mediante la administración de gonadotrofinas purificadas de la pituitaria de peces (SG-G100, p.e.), gonadotrofinas séricas o placentarias de mamíferos (PSM ó GCH, p.e.) y extractos hipofisarios de peces (homoplásticos o heteroplásticos). Estos métodos han sido ampliamente tratados en numerosas ocasiones y son los métodos más usados y por tanto los más conocidos (Zanuy & Carrillo, 1987). Solo haré hincapié, una vez más, en que en todos los casos es preciso calibrar la dosis a inyectar de acuerdo con la hormona, el estado de desarrollo gonadal y la temperatura. Esta es una práctica inexcusable para métodos tan conocidos como son la inyección de SG-G100 y GCH. Unas buenas experiencias de calibración de dosis para las dos hormonas mencionadas son las realizadas para el mugil (Kuo et al., 1974) y la dorada (Zohar & Gordin, 1979).

El uso práctico de los esteroides gonadales, por el momento, se podría reducir a la inyección de progestágenos como la 17α - 20β -dihidro-hidroxiprogesterona, precedida por una inyección potenciadora de SG-G100 o extractos hipofisarios. Aunque los machos no suelen presentar ningún problema, en algunos casos en que se necesita espermiación inmediata, se les puede inyectar testosterona o mejor 11-cetotestosterona. Otros componentes usados en menor proporción son las prostaglandinas, entre ellas la PG_2 . Estos compuestos derivados del ácido prostanoico, suelen ser el puente entre los eventos periovulatorios del ovario y el mecanismo cerebral que gobierna la actividad de puesta (Zanuy & Carrillo, 1987).

El control del sexo

Al iniciar esta exposición de los aspectos prácticos asociados al estudio de la reproducción de los teleósteos hacemos una separación clara entre el control del ciclo y el control del sexo. Las últimas tendencias de investigación sobre

la reproducción, a parte de verse involucradas en la estandarización de técnicas más fáciles, precisas repetitivas y menos costosas, están dirigidas hacia los posibles métodos del control del sexo.

Las implicaciones económicas de estos métodos son importantes y ligadas casi siempre a la obtención de mejores y más rápidos crecimientos. En este sentido el mayor volumen de trabajo una vez más es en los salmónidos (Hunter & Donaldson, 1983). En la salmicultura y piscicultura en general el control del sexo puede: 1) incrementar la producción de huevos con menor número de reproductores a mantener, 2) eliminar la aparición de reproductores precoces, 3) incrementar la producción de hembras de aquellas especies en que los huevos son altamente apreciados, 4) como consecuencia de la producción de individuos estériles, maximizar el crecimiento derivando hacia sí toda la energía metabólica gastada en la reproducción, 5) impedir la maduración sexual de aquellas especies que sufren una infravaloración en el mercado durante la época de puesta, 6) obtención de sexos que presenten mayores crecimientos y alcancen la maduración sexual más tarde, 7) prevención de las migraciones anadrómicas y catadrómicas, 8) obtención de líneas homocigóticas puras con mayores crecimientos y mejores rendimientos, 9) obtención de híbridos con características semejantes, etc.

Las técnicas del control del sexo se las puede encuadrar en tres categorías: 1) El uso de andrógenos o estrógenos con el fin de masculinizar, feminizar o esterilizar. 2) Gynogénesis, androgénesis e inducción de poliploidias. 3) Esterilización mediante técnicas diversas.

Manipulación hormonal

Se pueden aplicar directamente los esteroides a los juveniles con el fin de orientar la diferenciación sexual hacia el sexo deseado (método directo), o hacia la inversión de individuos homogaméticos que se mantienen hasta la madurez y cuyos gametos son cruzados con los de individuos también homogaméticos pero no tratados (método indirecto). Estos métodos tienen sus ventajas y sus desventajas. La mayor ventaja del método directo es que en una sola generación se obtiene el sexo deseado. Las mayores desventajas son la variabilidad del éxito del tratamiento y la comercialización de los especímenes que han sido tratados con esteroides. La vida media de permanencia en el cuerpo de estos es corta, a veces no más de diez días, pero los tratamientos son largos y las autoridades suelen poner reparos a su comercialización. Esta es una desventaja que no tiene el método indirecto pero sin embargo presenta una desventaja manifiesta. La producción de peces solo de un determinado sexo precisa más de una generación y además es preciso poseer un método que permita distinguir a los individuos invertidos sexualmente. En la trucha el problema se reduce puesto que las hembras invertidas no desarrollan espermiducto y los machos sí. El esperma con dotación cromosómica X puede ser recogido tras la disección de la gónada.

La esterilización es un buen método en muchos casos, los animales sin embargo, deben ser sometidos a períodos de tratamiento muy largos y solo en contadas ocasiones se obtiene

el 100% de esterilidad.

La ruta de administración de estos tratamientos suele ser a través de la dieta o por inmersión, la más cómoda y efectiva es la primera pero depende en gran manera de que los especímenes sean capaces de tomar el alimento en los tempranos estados de desarrollo en que estos tratamientos suelen ser aplicados.

Las dosis suelen variar con las especies y la ruta de administración con el producto utilizado y el efecto deseado. Suelen estar entre 25 y 100 mg/kg de comida y el intervalo entre los 20 días y siete meses. Los productos más utilizados son la metiltestosterona que produce machos a dosis bajas, individuos estériles a dosis más altas y paradójicamente hembras a dosis muy altas, la 19-nor-etinil-testosterona, la metil-androstendiona y el propionato de testosterona entre los andrógenos sintéticos. Entre los naturales la testosterona y la 11-cetotestosterona son los más usados.

Entre los estrógenos sintéticos que producen feminización los más usados son el hexesterol, envartin y etilestradiol. Entre los naturales se han hecho experiencias de feminización con el estradiol, estrona y estriol. En general para producir un mismo efecto siempre se requiere mayor concentración de esteroides naturales que sintéticos.

Se puede encontrar información más detallada al respecto en las revisiones de Donaldson & Hunter (1982), Refstie (1982), Hunter & Donaldson (1983) y Donaldson (1986).

Gynogénesis, androgénesis e inducción de poliploidias

Se entiende como gynogénesis a la activación del oocito con desarrollo de un cigoto en el que no interviene el material genético del macho. La androgénesis sería la eliminación del material genético del oocito de manera que en el desarrollo del cigoto solamente interviene el material genético del espermatozoide.

La gynogénesis se da naturalmente en algunos teleósteos y permite obtener generaciones de solo hembras en aquellas especies en que estas son homogaméticas. El sistema consiste en irradiar los espermatozoides de manera que se destruya su material genético sin destruir su capacidad de fecundar al oocito. Los espermatozoides se suelen irradiar con rayos γ y rayos X ó rayos ultravioleta. Si inmediatamente después de la fertilización se aplica un shock térmico, se evita la expulsión del corpúsculo polar obteniéndose así individuos diploides. Si el shock se aplica en el momento de la primera división mitótica, se obtienen diploides clónicos. La androgénesis directa solamente es posible en aquellas especies en que el macho es homogamético (Purdom, 1984).

La gynogénesis da altos niveles de mortalidad en la descendencia por lo que no puede ser utilizada como método directo para obtener hembras exclusivamente. Es posible, sin embargo, tratar a la descendencia con andrógenos para que se produzca inversión sexual y utilizar el esperma de estas hembras invertidas en fertilizar hembras normales, la progenie obtenida es del 100% hembras (Billard, 1986).

Métodos alternativos son la producción de poliploidias, sobre todo de triploides que suelen ser estériles (al menos las hembras). La producción de triploides se hace mediante un

shock térmico o de presión, aplicado poco después de la fertilización. En general existe una serie de técnicas o combinación de ellas que han sido ampliamente experimentadas en los salmónidos (Donaldson, 1986) y en otras especies (Purdom, 1986).

Esterilización mediante técnicas diversas

El uso de colchicina o citochalacina B es otro método que permite la obtención de poliploidías. Este método junto con la irradiación de embriones con radiaciones de vida corta, es más una promesa que una realidad. Otras alternativas son el uso de antagonistas hormonales como el metalliburo que inhibe el desarrollo gonadal, la autoinmunización inyectando extractos de las propias gónadas, o la inmunización mediante inyección de anticuerpos monoclonales contra espermatozoides o contra las células precursoras de las germinales.

Bibliografía

- Bieniarz, K., Epler, P., Popek, W., Billard, R. & Sojowska, M., 1986. Effects of Pimozide and LRR-Aa on carp (*Cyprinus carpio* L) oocyte maturation and ovulation "in vivo". *Fish Physiol. Biochem.*, 2(1-4): 109-114.
- Billard, R., 1986. The control of fish reproduction in aquaculture. En: M. Bilio, H. Rosenthal & C.J. Sinderman (editors), *Realism in Aquaculture: Achievements, Constraints, Perspectives*, European Aquaculture Society, Bredene, Belgium pp. 309-350.
- Billard, R., Christen, R., Cosson, M.P., Gatty, J.L., Letellier, L., Renard, P. & Saad, A., 1986. Biology of the gametes of some teleosts species. *Fish Physiol. Biochem.*, 2(1-4): 115-120.
- Carrillo, M., 1987. Fisiología de la reproducción de los peces y su aplicación a los cultivos marinos. Este volumen.
- Cooperative team for hormonal application in fishculture, 1977. A new highly effective ovulating agent for fish reproduction: practical application of LH-RH analogue for the induction of spawning of farmed fishes. *Sci. Sinica*, 20: 469-474.
- Donaldson, E.M., 1986. The integrated development and application of controlled reproduction techniques in pacific salmon aquaculture. *Fish Physiol. Biochem.*, 2(1-4): 9-24.
- Donaldson, E.M. & Hunter, G.A., 1982. Sex control in fish with particular reference to salmonids. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 39: 99-110.
- Donaldson, E.M. & Hunter, G.A., 1983. Induced final maturation, ovulation and spermiation in cultured fish. En: W.S. Hoar, D.J. Randall & E.M. Donaldson (editors), *Fish Physiology*, Vol. IXB. Academic Press, New York, pp. 351-403.
- Duston, J. & Bromage, N., 1986. Photoperiodic mechanisms and rhythms of reproduction in the female rainbow trout. *Fish Physiol. Biochem.*, 2(1-4): 35-51.
- Harvey, B.J. & Hoar, W.S., 1980. Teoría y práctica de la reproducción inducida en los peces. IDRC-TS21s, Ottawa, CIID 48 pp.

- Hunter, G.A. & Donaldson, E.M., 1983. Hormonal sex control and its application to fish culture. En: W.S. Hoar, D.J. Randall & E.M. Donaldson (editors), *Fish Physiology*, vol. IXB, Academic Press, New York, pp. 223-303.
- Iwamoto, R.N. & Sower, S., 1985. Salmonid reproduction. An International Symposium. Washington Sea Grant Program, University of Washington, Seattle, 167 p.
- Kuo, C.M., Nash, C.E. & Shehadeh, Z., 1974. A procedural guide to induce spawning in grey mullet (*Muqil cephalus* L.). *Aquaculture*, 5: 19-29.
- Prat, F., Zanuy, S. & Carrillo, M., 1987. Effects of LH-RH analog alone or combined with Pimozide on plasma steroids, egg quality and spawning in sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.). *Gen. Comp. Endocrinol.*, Abstract (en prensa).
- Purdom, C.E., 1984. A typical model of reproduction in fish. En: J.R. Clark (editor), *Oxford Reviews of Reproduction Biology*, Vol. VI, Oxford Univ. Press, Oxford, pp. 303-340.
- Purdom, C.E., 1986. Genetic techniques for control of sexuality in fish farming. *Fish Physiol. Biochem.*, 2(1-4): 3-8.
- Refstie, T., 1982. Practical application of sex manipulation. En: C.J.J. Richter & H.J.Th. Goos (editors), *Reproductive Physiology of Fish*, Pudoc, Wageningen, The Netherlands, pp. 73-77.
- Sherwood, N., 1986. Evolution of a neuropeptide family: Gonadotropin-releasing hormone. *Amer. Zool.*, 26(4):1041-1054.
- Zanuy, S. & Carrillo, M., 1984. La salinité un moyen pour retarder la ponte du bar. In: G. Barnabe & R. Billard (editors), *L'aquaculture du bar et des sparidés*, INRA Publ., Paris, pp. 73-80.
- Zanuy, S. & Carrillo, M., 1987. La reproducción de los teleosteos y su aplicación en acuicultura. En: J. Espinosa de los Monteros & U. Labarta (editors), *Reproducción en Acuicultura*. CAICYT. Madrid, pp. 1-131.
- Zanuy, S., Carrillo, M. & Ruiz, F., 1986. Delayed gametogenesis and spawning of sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.) kept under different photoperiod and temperature regimes. *Fish Physiol. Biochem.*, 2(1-4): 53-63.
- Zohar, Y. & Gordin, H., 1979. Spawning kinetics in the gilt-head sea-bream (*Sparus aurata* L.) after low doses of Human Chorionic Gonadotropin. *J. Fish. Biol.*, 15: 665-670.

REPRODUCCION DEL BOQUICHICO (*PROCHILODUS NIGRICANS* AGASSIS 1829)

REPRODUCTION OF "BOQUICHICO" (*Prochilodus nigricans* AGASSIS 1829)

L. Ruiz¹⁾, A. Soenz¹⁾, J.L. Carreño¹⁾ y C. Villanueva²⁾

- 1) Universidad Nacional Agraria, Departamento de Piscicultura, Apartado 456, La Molina, Lima, Perú
- 2) Instituto Veterinario de Investigaciones tropicales y de Altura (IVIA), Pucallpa, Perú

Resumen

El trabajo de investigación fue realizado en la Estación del Trópico del IVITA en la ciudad de Pucallpa, Perú. La especie utilizada fue el "boquichico" (*Prochilodus nigricans* Agassiz 1829), capturada en estanques artificiales. Se utilizaron dos tipos de hormonas sintéticas, la Gonadotropina Coriónica Humana (GCH) y un análogo de la Hormona Liberadora (LH-RHa). Las dosis utilizadas fueron de 5 y 10 UI/g de peso vivo de GCH y 0.02 mg/kg de la LH-RHa. Se consideraron como variables las dosis de hormonas, porcentajes de las dosis totales, combinación de hormonas e intervalos entre las aplicaciones. También se midió el Índice Gonadosomático (IGS) y la relación Fecundidad vs. Peso Total y Longitud Standard.

Los resultados indican que ambas hormonas pueden inducir el desove en la especie cuando se aplican las dosis mencionadas. El IGS máximo observado fue de 34.7%. La eclosión de los huevos se produjo a las 17 horas 45 minutos a una temperatura de 25.°C.

Summary

Experiments to induce maturation and ovulation were carried out with pond-reared "boquichico", *Prochilodus nigricans* Agassiz 1829, at the IVITA's Tropical Station in Pucallpa, Peru. Both synthetic human chorionic gonadotropine (HCG) and analog of releasing hormone of luteinizing hormone (RH-LHa) were tested at a dosis of 5 and 10 IU/g, respectively 0.02 mg/kg body weight. Dosis, percentages of total dosis, hormone combinations and intervals between treatments were tested as variables. The zootechnical parameters measured included gonado-somatic-index (GSI), fecundity, weight and standard length.

Both hormones proved effective, the maximum GSI obtained being 34.7%. Eggs were fertilized with milt from free-running males and hatched 17-18 hours after fertilization at 25°C.

Introducción

La región amazónica peruana presenta inmejorables condiciones para el desarrollo de la acuicultura. Este desarrollo

contribuiría a mejorar las condiciones nutricionales y ofrecería fuentes de trabajo y estabilidad a la población rural de la región. Los trabajos sobre acuicultura hasta ahora realizados se han referido a especies nativas así como a aquellas introducidas, destacándose entre las primeras el "boquichico" *Prochilodus nigricans*, la "gamitana" *Colossoma macropomum*, el "paco" *Colossoma brachypomum* y los sábalos *Brycon sp.* Entre las foráneas, la "carpa" *Cyprinus carpio* y la "tilapia" *Oreochromis sp.* y *Tilapia rendalli*. Sin embargo aún no se han determinado una técnica de producción adaptada a nuestras condiciones y no se ha demostrado su factibilidad económica para la zona.

Los estudios sobre especies nativas se han visto seriamente dificultados debido al problema de lograr semilla en el medio natural o en el laboratorio. Ello se debe principalmente a que las especies interesantes desde el punto de vista técnico y económico son reofílicas, es decir, necesitan realizar migraciones para que se produzca el desove. En otros países latino-americanos en los cuales se hallan las mismas especies, se ha venido utilizando la técnica de reproducción inducida por medio de hipófisis, técnica que presenta variables aún no determinadas y que produce resultados erráticos. Estas técnicas constituyen más un arte y varían de acuerdo a la región o investigadores que las emplean.

Otra alternativa para inducir la reproducción en especies reofílicas es la que utiliza hormonas sintéticas cuya dosificación está bien determinada y su uso es corriente en medicina veterinaria y zootécnica. Entre ellas se pueden mencionar a la Gonadotropina Coriónica Humana (GCH) y la Hormona Liberadora (LH-RH).

En el presente trabajo se han planteado como objetivos el determinar el efecto de las hormonas sintéticas GCH y LH-RH sobre el "boquichico" *Prochilodus nigricans* y determinar las dosis necesarias para que se produzca el desove. Asimismo se han tratado de determinar algunas características biológicas relacionadas con la reproducción.

Material y métodos

El trabajo se realizó en la Estación del Trópico del Instituto Veterinario de Investigaciones Tropicales y de Altura de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos que se halla en el Dpto. de Ucayali. El período experimental fue de Enero a Febrero de 1983 y Enero a Marzo de 1984. Estas épocas corresponden a la época lluviosa de la región amazónica en la cual se produce la reproducción natural del boquichico, asimismo es en esta época que se pueden hallar reproductores maduros en el medio natural y en los estanques.

El trabajo fue dividido en dos etapas realizadas en la época lluviosa de años sucesivos. En la primera se utilizaron dos tratamientos con diferentes dosis de hormonas y diferentes intervalos de aplicación y porcentaje de cada una de ellas (Cuadro 1), con la finalidad de determinar aproximadamente los mejores tratamientos que serían aplicados en la segunda etapa.

En la segunda etapa se eligieron tres tratamientos en los que se utilizaron ambas hormonas solas y combinadas. Las do-

Cuadro 1. Protocolo de inyección usado en la primera experiencia de inducción a la puesta de *Prochilodus nigricans*, usando hormonas sintéticas

Table 1. The injection scheme used in the first experiment of induced reproduction of *Prochilodus nigricans* with synthetic hormones.

Hormones	Number of fishes	Total dosis		Dosis breakdown		Time interval between injections (h)
		HCG	LH-RHa	HCG	LH-RHa	
		(IU/g)	(mg/kg)	(%)	(%)	
LH-RHa	5		0.02		40-60	6
	5		0.02		20-30-50	8-8
	5		0.02		15-25-60	8-8
	5		0.02		10-15-30-45	8-12-12
	5					
HCG	5	5	0.02	100	15-25-60	12-12-12
+	5	10	0.02	100	15-25-60	12-24-24
LH-RHa	5	10	0.02	100	15-25-60	12-6-6

Cuadro 2. Diseño experimental empleado en el segundo ensayo de la reproducción inducida de *Prochilodus nigricans* utilizando hormonas sintéticas.

Table 2. Experimental design of the second experiment on the induced reproduction of *Prochilodus nigricans* using synthetic hormones.

Hormones	Number of fishes	Total dosis		Dosis breakdown		Time interval between injections (h)
		HCG	LH-RHa	HCG	LH-RHa	
		(IU/g)	(mg/kg)	(%)	(%)	
14	LH-RHa	-	0.02		15-25-60	12
14	HCG	5.0	-	100		One single injection
14	HCG and LH-RHa	5.0	0.02	100	15-25-60	12

sis totales a inyectar fueron similares, así como los porcentajes de la dosis total y los intervalos de inyección. (Cuadro 2). Las hormonas utilizadas fueron la Gonadotropina Coriónica Humana (GCH) y un análogo la Hormona Liberadora de la LH (LH-RHa).

En los experimentos la GCH se inyectó a concentraciones de 5 y 10 UI por gramo de reproductor y en el caso del LH-RHa 0.02 mg/kg de reproductor. Estas dosis fueron elegidas de acuerdo a la literatura existente sobre ambas hormonas. En el caso del LH-RHa sólo se tuvo como referencia la dosis aplicada al "salmon" *Oncorhynchus gorbuscha*.

Los reproductores fueron seleccionados de un estanque de tierra de 400 metros cuadrados y de embalses de 2500 y 3000 m². La selección se realizó en base al desarrollo sexual de los machos y hembras. En el caso de las hembras por el desarrollo abdominal, color y turgencia de la papila genital así como por la coloración de los óvulos extraídos por masaje abdominal. Los machos fueron seleccionados de acuerdo a las características del semen obtenido por masaje abdominal. El transporte al laboratorio se llevó a cabo en recipientes de plástico. Antes de tomarles las medidas biométricas fueron tratados con un anestésico (Tricaina Metano Sulfonato: MS-222) a una dilución de 1:10.000. Luego fueron sometidos a un baño con antibióticos para evitar infecciones debido a pérdidas de escamas o lesiones corporales.

La inyección de las hormonas fue en la zona muscular dorsal. Después de la inyección se colocaron dos reproductores en un tanque de cemento de 2 metros cúbicos con agua limpia y flujo constante. En este tanque se realizaban las observaciones del macho y de la hembra hasta que se percibían los primeros indicios del desove. En este momento se retiraba la hembra y se efectuaba el masaje abdominal recogiendo los óvulos. Seguidamente se tomaba un macho y se le efectuaba el masaje abdominal para obtener el semen. Después de la fecundación se procedía a enjuagar los óvulos y eliminar los restos de semen y óvulos no fecundados. Algunos minutos después se colocaban en un incubador de flujo vertical ascendente previa observación del estado de hidratación. En el incubador el agua fue regulada a un flujo de 1.5 litros/minuto. Los huevos permanecían en la incubadora hasta la aparición de las primeras larvas, momento en que eran retiradas con ayuda de un pequeño sifón.

El índice gonadosomático (IGS) fue calculado de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$\text{IGS} = \frac{\text{Peso de la gónada (g)}}{\text{Peso total (g)}} \times 100$$

La fecundidad o número total de ovulos por pez se calculó determinando el número de ovulos en una muestra de 1 g de gónada para luego determinarlo con respecto al peso total de la gónada.

Resultados y discusión

Los individuos utilizados en la primera etapa presentan un promedio de peso de 275 g y una longitud de 201.5 mm. De acuerdo a los resultados obtenidos se puede mencionar que

ejemplares de un promedio de 294 g desovan después de la inyección. Al respecto Pezo & Sicchar (1974) y Solano (1973) indican que son los individuos pequeños los que mejor responden a la inyección de hipófisis, lo cual no coincide con nuestros resultados. Probablemente se debe a que los métodos son diferentes a los nuestros.

Los resultados obtenidos con referencia al perímetro abdominal indican que después de las inyecciones, las hembras incrementan 1 cm en promedio. La literatura revisada no indica valores sobre este parámetro.

El cuadro 3 indica los valores del IGS para un total de 23 hembras. Este valor es indicativo del grado de madurez sexual de la hembra y se utiliza con frecuencia en los estudios sobre reproducción de los peces. Este valor varía en las diferentes especies. Basile Martins et al. (1975) señalan un valor de sólo 8.53% para el *Pimelodus maculatus*, mientras que Fagundes & Benetti (1981) indican 19.12% para el caso de *Mugil lisa*. En el mismo género Von Ihering & Azevedo (1934) hallaron un valor de 33.3% valor cercano al 34.7% hallado en el presente trabajo. Los datos considerados permiten afirmar que el desarrollo ovárico en *Prochilodus* es alto en comparación con otros peces.

El cuadro 4 indica los valores de fecundidad para 13 hembras de *Prochilodus nigricans* y con ellos se han obtenido las siguientes rectas de regresión:

Para Longitud Estandar:

$$Y = 1452.5 X - 197692.2$$

Siendo: Y = Fecundidad, X = Longitud Standard

Para Peso Total:

$$Y = 341.11 X + 2.184.56$$

Siendo: Y = Fecundidad, X = Peso Total

Estas fórmulas difieren ligeramente de las halladas para la misma especie por Raéz (1976). Cabe mencionar que en nuestro caso sólo se utilizaron 13 hembras para su determinación.

El cuadro 5 indica los resultados obtenidos en los tratamientos efectuados en la Primera Etapa. En el primer tratamiento (T₁) sólo se obtuvieron desoves en hembras que fueron inyectados a intervalos de 8 y 18, 12 y 12 horas y cuando las dosis totales fueron divididas en 3 y 4 dosis. Aún cuando era muy prematuro atribuir estos resultados a estos tratamientos, nos permitió verificar que era posible inducir el desove con la hormona análoga a la LH-RH si se administraba sola. En el segundo tratamiento (T₂) se utilizaron como variables las dosis de GCH combinadas con dosis únicas del análogo LH-RH y los intervalos. Los resultados en este tratamiento fueron mejores ya que se logró un total de 62.5% de desoves del total de hembras inyectadas. Estos resultados indicaban también que era posible inducir el desove con una combinación de las dos hormonas. Igualmente interesante es el hecho que fue posible lograr el desove con GCH sólo. Al respecto la literatura menciona que es difícil obtener respuesta positiva cuando se utiliza sólo GCH (Woynarovich & Horvath, 1980). En *Clarias macrocephalus*, Carreon et al. (1973), obtuvieron resultados similares. Los resultados obtenidos en esta primera etapa, aún cuando carecían de un análisis estadístico riguroso, nos

Cuadro 3. Valores de Indice Gonado Somatico (IGS) en especimenes de *Prochilodus nigricans*.

Table 3. The Gonado-Somato-Index (GSI) as measured in female *Prochilodus nigricans*.

Weight (g)	Length (mm)	Gonadal Weight (g)	GSI (%)
80	130	22.0	27.5
80	135	24.9	31.1
173	170	54.0	31.2
185	190	60.0	32.4
190	185	52.0	27.4
195	180	51.3	26.3
195	185	60.0	30.7
205	190	58.0	28.3
205	200	60.0	29.3
248	195	59.7	24.1
275	220	75.0	27.3
310	220	95.8	30.9
320	215	83.4	26.2
320	220	110.0	34.4
439	235	99.6	22.7
352	225	90.1	25.6
364	215	96.8	26.6
390	230	135.3	34.7
410	240	87.7	21.4
460	250	118.7	25.8
540	270	165.0	30.2
700	290	230.0	32.9
772	300	240.0	31.1

Cuadro 4. Valores de fecundidad en especimenes de *Prochilodus nigricans*.

Table 4. Fecundity values, measured in female *Prochilodus nigricans*.

Length (mm)	Weight (g)	Fecundity (X 1000 eggs)
195	248	82.8
185	195	92.4
250	460	187.7
220	310	111.1
130	80	25.7
190	185	63.8
270	540	166.6
290	700	286.8
220	275	81.7
300	772	224.9
200	205	74.1
170	173	52.7
190	205	61.3

Cuadro 5. Resultados obtenidos tras la inyección de hormonas sintéticas en *Prochilodus nigricans*.

Table 5. The response rate of female *Prochilodus nigricans* to injection with synthetic hormones.

Sub-treatment	Number of breeders used	Number of breeders stripped	Response rate (%)	
				Sub-treatment
				Treatment
T ₁ . ₁	4	-	-	
T ₁ T ₁ . ₂	2	1	50	12.5
T ₁ . ₃	5	-	-	
T ₁ . ₄	5	1	20	
T ₂ . ₁	2	2	100	
T ₂ T ₂ . ₂	3	1	33.3	62.5
T ₂ . ₃	3	2	66.6	

permitieron definir los tratamientos para la segunda etapa. Su importancia radicó también en que utilizando estas hormonas, se obtuvieron desoves en especies reofílicas de la amazonía sudamericana.

La fecundación de los óvulos en esta etapa fue muy variable y fluctuó entre un 10 a 70%. Este punto es relevante ya que obliga a realizar observaciones más precisas sobre el grado de desarrollo gonadal de las hembras y estado de madurez de los ovulos obtenidos durante los muestreos previos a las inyecciones. Así se observó que aquellas hembras que presentaban óvulos de color verdoso y fluidos, eran los que presentaban mejores índices de fecundidad. Por otro lado aquellos que presentaban una coloración amarillenta ó eran deformes no tenían índices de fertilidad elevados. Igualmente debe incidirse en el control de la calidad del semen de los machos ya que aquellos que presentaban un semen acuoso y fluido ayudaban a incrementar los índices de fertilidad, de acuerdo con Bermudez et al. (1979). Eckman (1980) trabajando con la misma especie, menciona que se desconoce los factores que producen bajos porcentajes de fecundidad. Al respecto Solano (1973) recomienda que después de inyectar a los machos y hembras se coloquen ambos en un estanque para que se produzca el apareamiento en forma natural. Cabe mencionar sin embargo el riesgo de lesiones, dadas las características reproductivas de la especie y el manejo de los huevos al ser liberados en la masa de agua de los tanques.

El tiempo de hidratación fue aproximadamente de 3 a 5 minutos después de la fecundación y se observó un incremento de 1.8 mm. Es decir de 1.2 al momento de ser eliminados hasta 3 mm al final de este proceso.

El tiempo de incubación de los huevos fue de 17 horas y 45 minutos a una temperatura promedio de 25.4°C. Pezo & Sicchar (1974) citan 18 horas trabajando a una temperatura promedio de 26.5°C.

En la segunda etapa se eligieron las dosis hormonales, los porcentajes del análogo LH-RH y los intervalos de inyección combinados, que aparentemente habían dado los mejores resultados en la primera etapa. El cuadro 6, indica los resultados obtenidos en los tres tratamientos.

En el tratamiento no 1 en el cual se utilizó solamente la hormona LH-RH se obtuvo 6 desoves sobre un total de 14 individuos, esto es un 42.86% de éxito. De ellos el 50% (3 individuos), necesitaron solamente dos inyecciones de las tres planeadas para que se produjera el desove. Las dos dosis fueron de 15 y 25% lo cual suma 40% de la dosis total, para lograr resultados positivos. Como ya se mencionó en la primera etapa, resultados de esta naturaleza sobre especies tropicales no han sido mencionados aún en la literatura y dan una base positiva para posteriores ensayos. El tiempo de desove después de la inyección última es variable, fluctuando entre 2.45 y las 16 horas.

Cuadro 6. Respuesta de la hembra de *Prochilodus nigricans* a las inyecciones de LH-RHa solo o combinado con GCH. Para detalles concernientes al protocolo experimental consultar la tabla 2.

Table 6. The response rate of female *Prochilodus nigricans* to injections with LH-RHa and/or HCG. For details regarding the experimental set-up, see table 2.

Treatment	Number of females injected	Number of females spawned	Response rate (%)
1	14	6	42.86
2	14	5	35.71
3	14	9	64.29

El cuadro 6 muestra igualmente los resultados del segundo tratamiento, cuando se utilizó solamente la hormona GCH. Se puede constatar que de los 14 individuos inyectados 5 dieron resultados positivos totalizando un 35.71% de éxito. No se dividió la dosis total y este fue administrada de una sola vez. Las respuestas positivas se lograron en tiempos que fluctuaron entre 13 horas 55 minutos y 36 horas 45 minutos. En este caso cabe mencionar a los autores citados en la primera etapa los cuales atribuyen poco éxito cuando se utiliza esta hormona sola. Aún cuando los resultados no son concluyentes, su uso merece un mayor estudio para lograr un mayor porcentaje de respuestas positivas. Factores de tipo económico pudieran justificar el interés en estos estudios.

En el tratamiento 3 (cuadro 6) se obtuvieron resultados mejores. Como se puede observar, de las 14 hembras tratadas se obtuvieron 9 desoves que totalizan un 64.29% de éxito. En

esto de la LH-RH (15.25% y 60%) como se puede observar, los nueve especímenes inyectados recibieron el 100% de la dosis de GCH y sólo el 15% de la LH-RH, no siendo necesarias las siguientes dos dosis que totalizaban el 85% restante. Este resultado indicaría que la primera dosis de GCH es suficiente para estimular a las hembras y que una pequeña cantidad de LH-RH sería desencadenante de la ovulación. Este resultado es interesante desde el punto de vista económico ya que implicaría un menor gasto de la mencionada hormona. Los tiempos de desove obtenidos después de la última inyección varían entre 1 hora 54 minutos y 11 horas 46 minutos.

Los resultados obtenidos en esta segunda etapa son mejores que los de la primera debido a varios factores entre los que se puede mencionar una mejor planificación de las inyecciones, dosis de las hormonas e intervalos de inyección. Asimismo, el manejo proporcionado a los reproductores fue adecuado y no se produjeron muertes por descuido, además, la técnica de detección de hembras aptas para ser inyectados mejoró en relación a la primera etapa.

Agradecimientos

Los autores desean expresar sus sinceros agradecimientos a la Fundación Internacional para la Ciencia de Suecia por el apoyo financiero al Proyecto. De igual modo al Concejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONCYTEC) del Perú por el apoyo en la etapa final.

Bibliografía

- Basile Martins, M.A., Godinho, H.M., Fenerich, N.A.C. & Bramley, J.M., 1975. Influencia dos factores ebióticos sobre a maturação dos ovarios de *Pimelodus Maculatus* LAC 1.803 (Pisces, Siluroidei): Bol. Inst. Pesca, Santos 4 (1): 1-28.
- Bermudez, D., Prada, N. & Kossowski, C., 1979. Ensayos sobre la reproducción de "Cachama", *Colossoma macropomus* (CUVIER) 1818, en cautiverio. Escuela de Agronomía U.C.V. Barquisimeto, Venezuela, 23 pp.
- Carreon, J.A., Ventura, R. & Almazan, G.J., 1973. Notes on the induced breeding of *Clarias macrocephalus* Gunther. *Aquaculture* 2, : 5-16.
- Eckmann, R., 1980. Induced reproduction in *Prochilodus nigricans* from the upper amazon. *Aquaculture*, 20 (9): 381-383.
- Fagundes, N.E. & Benetti, D., 1981. Contribucao ao conhecimento de reproducao da Tainha (*Mugil liza*), Valenciennes 1936. Instituto das Pesquinas da Marinha, Rio de Janeiro, Brasil, 23 pp.
- Pezo, D.R. & Sicchar, V., 1974. Reproducción Inducida por Hipofización en "boquichico" *Prochilodus nigricans*, Agassiz, 1829. Tesis Título Biólogo, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana, Iquitos, Perú, 33 pp.
- Raez, J., 1976. Algunos Aspectos sobre el Ciclo Biológico, Ecología y Cultivo del "boquichico" *Prochilodus nigricans* Agassiz 1829, en la zona de Pucallpa. Tesis Bachiller, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima-Perú 61 pp.
- Solano, M.J., 1973. Reproducción Inducida del *Prochilodus nigricans*, Valenciennes, C.J.M., Colombia, pp. 1-13.

- Von Ihering, R. & de Azevedo, P., 1934. Curimata dos acudes - Nordesteiros (*Prochilodus argenteus*) 2da. Coletanea de Trabalhos Técnicos - DNOCS, Fortaleza, 1981. pp. 227-306.
- Woynarovich, E. & Horvath, L., 1980. The artificial Propagation of Warm-Water finfishes. A Manual for Extension
FAO Fish. Techn. Paper, 201, 183 pp.

DESARROLLO DE METODOS PARA REPRODUCCION DE LOS BAGRES, SURUBI (*PSEUDOPLATYSTOMA CORUSCANS*) Y CABEZÓN (*STENDACHNERIDION SCRIPTA*). RESULTADOS PRELIMINARES

PRELIMINARY RESULTS OF THE DEVELOPMENT OF REPRODUCTION METHODS OF THE CATFISHES SURUBI (*Pseudoplatystoma coruscans*) AND CABEZON (*Stendachneridion scripta*)

G. Chediak y Z. Varela

Instituto Nacional de Pesca "INAPE", Constituyente 1497, Montevideo, Uruguay

Resumen

La ictiofauna en los embalses del río Paraná-Plata es muy rica en siluriformes. El potencial de cultivo de peces en esta zona está por investigarse. Se seleccionaron dos especies importantes para este estudio: el surubí (*Pseudoplatystoma coruscans*) y el cabezón (*Stendachneridion scripta*). La biología de la reproducción de estas dos especies se desconoce todavía. Peces adultos de estas dos especies fueron obtenidos de la naturaleza. Los animales fueron aclimatados en tanques excavados en tierra durante algunos meses. El surubí fue alimentado con pescado fresco troceado complementado con peces vivos sembrados en el estanque y el cabezón también fue alimentado con pescado fresco troceado, recibiendo además alimento artificial. Con todos estos peces se organizaron de dos a tres grupos de reproductores a los que se les administró hCG y/o extractos hipofisarios como agentes inductores de la maduración y puesta. Las pruebas de inducción con el primer grupo se iniciaron al cabo de dos meses de su captura no dando ningún resultado positivo. Tres meses más tarde se administraron 5 inyecciones de hCG aplicadas a intervalos de 48-72 horas pero tampoco se obtuvo ni maduración ni ovulación de los oocitos. Unos días más tarde se seleccionaron dos reproductores de *S. scripta* y se les administró tres inyecciones de extractos hipofisarios, pero nuevamente los resultados fueron poco claros.

Summary

The ichthyofauna in the Paraná-Plata river basins is very rich in catfishes, belonging to the Siluriformes. The aquaculture potential of these fishes remains to be studied. Two important species, surubí (*Pseudoplatystoma coruscans*) and cabezón (*Stendachneridion scripta*) were selected for study of their reproductive biology.

Adult catfishes from these species were caught from natural water bodies, weighed and individually marked. After capture, the fishes were acclimatized in earthen ponds where they remained for several months fed with trash fish (*P. coruscans*) and/or an artificial diet (*S. scripta*). Two to three reproduction trials were carried out with these fishes using HCG

and/or pituitary suspension as an agent. The first reproduction trial was set up two months after capture of the fishes. No response was obtained. Three months later, a series of 5 HCG-injections at a time interval of 48-72 hours didn't result either in maturation and/or ovulation of the oocytes. A few days later, two spawners of *S. scripta* received a series of three injections with pituitary suspension, however again without a clear effect.

Introducción

La fauna Parano-Platense es muy rica en Siluriformes, los cuales no han sido prácticamente evaluados en cuanto a su potencial para la acuicultura. Se entiende que ésta es una etapa previa a la introducción de especies exóticas con estos fines.

Dentro de los Siluriformes existentes en el Uruguay, a partir del año 1975, se comenzó a trabajar con la especie *Rhamdia sapo*, la cual se encuentra en un estado avanzado de investigación. Pero al mismo tiempo se considera necesario estudiar otras especies. Entre ellas se seleccionó el Surubí (*Pseudoplatystoma coruscans*) y el Cabezón (*Stendachneridion scripta*). De estas especies se desconocía totalmente su biología reproductiva, por lo cual el primer paso era determinar las fases de ésta para posteriormente intentar la reproducción controlada.

Uno de los inconvenientes que presentan estas especies es ser migratorias lo cual determina que no se logre su desove bajo condiciones de confinamiento, en forma espontánea.

Estos peces integran la fauna del Río Uruguay, aunque no son muy abundantes. Para iniciar las experiencias fué recoger ejemplares para estudios biológicos, así como para intentar la reproducción.

Material y métodos

Las investigaciones se realizaron en el Centro de Investigaciones Pesqueras y Piscicultura (C.I.P. y P.) del Instituto Nacional de Pesca, ubicado al N.O. del país, en el Departamento de Salto, a las orillas del embalse Salto Grande. Debido a la baja densidad que existe de éstos peces, se decidió capturarlos en el momento de su migración hacia el norte.

Durante septiembre-octubre de 1985 se procedió a la captura de ejemplares en aguas abajo de la Represa Salto Grande aprovechando la barrera que impide su normal migración.

Los peces capturados se mantuvieron en el río en jaulas de 1 m³, luego fueron transportados por tierra en tanques de fibrocemento, con una capacidad de 300 l; utilizándose un compresor, a fin de airear durante el viaje.

Una vez que los peces se encontraron en el Centro de Investigaciones Pesqueras y Piscicultura de Villa Constitución, fueron acondicionados, pesados y marcados. Se marcaron con un alambre caliente en lado izquierdo del pedúnculo caudal.

Debido a las lesiones que se producían por sus propias aletas pectorales éstas fueron amputadas. Con el fin de controlar las lesiones de captura y transporte recibieron de 50 mg/kg de oxitetraciclina por inyección intraperitoneal.

Se capturaron 20 ejemplares de Surubí con pesos comprendidos entre 3.3 y 43.6 kg y 1 ejemplar de Cabezón de 6.5 kg. Otros 5 ejemplares de Cabezón fueron capturados en el lago de Salto Grande, en las inmediaciones del C.I.P. y P.

Surubí (*Pseudoplatystoma coruscans*)

Los ejemplares capturados se acondicionaron en un estanque de 1000 m² (50 x 20 m) con una profundidad media de 1.50 m. Por ser una especie de hábitos alimenticios estrictamente carnívoros, la dieta suministrada consistió fundamentalmente en pescado fresco troceado. Se complementó esta alimentación con peces vivos sembrados en el estanque.

Los parámetros medidos fueron oxígeno disuelto, temperatura y turbidez del agua. Los valores promedios mensuales del oxígeno oscilaron entre 5 y 7 mg/l con valores extremos de 4.7 (febrero) y 9 (marzo) mg/l.

La temperatura bajó de 23.7-24.5 °C en el período noviembre-enero hacia 15.4-13.1 °C en el período mayo-julio. En verano (noviembre-febrero) los valores de la transparencia del agua medidos con el disco de Secchi variaron entre 60 y 73 cm; en invierno (mayo-julio) entre 34.5 y 20.9 cm.

Cabezón (*Stendachneridion scripta*)

Los ejemplares capturados se acondicionaron en dos estanques de 150 m² cada uno (15 x 10 m) donde ya había otros Siluriformes (*Rhamdia sapo*), recibieron como alimento aquellos pescado picado fresco y ración en forma de gránulo sumergible con 28% de proteínas según la fórmula expresada en cuadro 1.

Cuadro 1. Composición de la dieta experimental utilizada en la alimentación de los reproductores de *S. scripta*.

Table 1. Composition of the experimental diet used to feed spawners of *S. scripta*

Fish meal	: 15%	Mais	: 10%
Meat meal	: 10%	Soya	: 25%
Sorghum meal	: 25%	Afrechillo	: 15%
Vitamin + Mineral mix	: 0.2%		

Resultados y discusión

Parte de los peces capturados fueron sacrificados pudiéndose apreciar un estado de desarrollo gonadal poco avanzado indicando que no era la época de reproducción. Teniendo en cuenta este punto se decidió mantener los peces en cautividad para lograr su aclimatación así como para realizar las primeras experiencias de inducción hormonal con el fin de lograr la maduración gonadal.

La ovulación bajo condiciones artificiales se puede lograr por administración de hormonas. Se empleó extracto hipofi-

sario heterólogo y gonadotrofina coriónica humana.

Las hipófisis fueron extraídas de sábalo (*Prochilodus platensis*) y boga (*Leporinus obtusidens*) en avanzado estado de desarrollo gonadal, sin discriminación de sexo, y conservadas en acetona hasta el momento de ser utilizadas. El tiempo transcurrido entre el sacrificio del donante y la extracción de la hipófisis siempre fue inferior a 20 minutos. Para su utilización las hipófisis se homogenizaron en un mortero, se agregó suero fisiológico y se centrifugó, utilizándose sólo el líquido sobrenadante. Las inyecciones intramusculares se aplicaron en la musculatura dorsal del pez y las intraperitoneales se aplicaron en la base de las aletas pélvicas.

La gonadotrofina coriónica humana (GCH) utilizada, se expende liofilizada, bajo el nombre de GONADYL (Lab. Institut de Serotherapie de Toulouse) en frascos de 5000 UI.

En el cuadro 2 se detalla la experiencia no 1.

Cuadro 2. Protocolo de inyecciones seguido en el primer grupo experimental de reproductores de *P. coruscans* y *S. scripta*.
Table 2. The injection scheme during the first reproduction trial with *P. coruscans* and *S. scripta*

Species	Time	Temperature (°C)	Hormone	Dosis	Spawners Weight (kg)	Sex
<i>P. coruscans</i> (Surubi)	First injection 29.10.85 (11.00h)	22	h*	2 mg/kg	22.0	♀
			+G*	250 IU/kg	25.0 28.8	♀ ♀
	second injection 30.10.85 (17.00h)	20	h*	2 mg/kg	6.5 15.4	♀ ♀
<i>S. scripta</i> (Cabezón)	single injection 29.10.85	22	h*	2 mg/kg	6.5	♀
			+G*	250 IU/kg	3.3	♂

h = hypophysis extract; G = Gonadyl

Antes de proceder a la inducción, los peces fueron seleccionados previamente palpandolos abdominalmente y canulandolos para extraer tejido gonadal y analizarlo (cuadro 2). Luego de aplicadas las dosis especificadas en el cuadro 2, se volvieron a canular los ejemplares y dado el escaso desarrollo gonadal de los mismos, se procedió a esperar hasta el verano, manteniéndolos en los estanques.

En el verano se observó la maduración de algunos machos y se procedió a una segunda experiencia.

Se decidió inyectar 50 UI/kg en forma seriada de gonadotrofina coriónica cada 48-72 h de acuerdo con el cuadro 3.

Cuadro 3. Protocolo experimental del segundo ensayo de reproducción de *P. coruscans* y *S. scripta*. HCG fue administrada 5 veces en una dosis de 50 UI/kg. Los datos se refieren a hembras.

Table 3. The experimental set up of the second reproduction experiment with *P. coruscans* and *S. scripta*. Hormone (HCG) injections were repeated 5 times at a dosis of 50 IU/kg. All breeders mentioned are females.

Fish	Weight (kg)	1st injection	2nd injection	3rd injection	4th injection	5th injection
<i>P. coruscans</i>						
1	23.1					
2	14.0	Date: 17/1	19/1	21/1	23/1	25/1
3	18.6	Time: 15.30 h	9.00 h	15.00 h	11.00 h	9.00 h
4	10.8	Temp: 31°C	26°C	28°C	26.5°C	28°C
*5	31.8					
<i>S. scripta</i>						
1	23.1	Date: 28/1	31/1	3/2	6/2	9/2
2	14.0	Time: 10.00 h	9.20 h	9.00 h	10.00 h	8.20 h
3	18.6	Temp: 28°C	24.5°C	23°C	25°C	27.5°C
4	10.8					

* Fish nr 5 died on 26/1. Pez nr 5 murió el 26/1.

Cuadro 4. Protocolo de inyecciones utilizado en el tercer grupo experimental de *S. scripta*. Los machos recibieron una inyección que contenía hipófisis, las hembras en cambio una hipófisis y médua por inyección.

Table 4. The injection scheme of the third reproduction trial with *S. scripta*. The male was injected with one hypophysis per injection, the female with 1.5 hypophysis per injection.

Date	Time (hour)	Temperature (°C)	Spawners weight (kg)	sex
<u>First injection</u>				
24 January	6.40	27	3.1	♂
			5.8	♀
<u>Second injection</u>				
27 January	8.00	26		
<u>Third injection</u>				
30 January	10.00	26		

Se seleccionaron 5 ejemplares hembras de surubí que fueron manejados individualmente en estanques circulares de hormigón de 3 m de diámetro (7 m³ volumen). Se seleccionaron 2 ejem-

plares de Cabezón, 1 macho y 1 hembra que se acondicionaron en un tanque de hormigón de forma rectangular de 2.80 m x 0.75 m x 0.75 m (1.5 m³), mientras se les administraba el tratamiento hormonal (cuadro 4).

Posteriormente a la segunda experiencia se realizó una nueva canulación para determinar el momento de la inyección hormonal desencadenante. Debido a que en el análisis macro- y microscópico no se apreció desarrollo gonadal se decidió dar por finalizada la experiencia, suprimiéndose la administración de las dosis desencadenante de la puesta.

Dado que no fué posible lograr la maduración gonadal de los peces poco después de su captura, se decidió acondicionar a estos animales en estanques durante al otoño-invierno lo cual permitirá en la próxima temporada realizar nuevos ensayos.

Se cree que deben realizarse nuevas inducciones debido fundamentalmente a que no se han detectado áreas de reproducción en nuestro país, lo cual hace que los reproductores maduros estén fuera de nuestro alcance. Por lo tanto a partir de octubre de 1986 se iniciarán experiencias de inducción hormonal con extractos hipofisarios homo- y heteroplásticos, gonadotrofina coriónica y factores liberadores de la gonadotrofina, con el fin apreciar su efecto en peces más adaptados a la cautividad.

Además se realizarán campañas de pesca de reproductores en áreas más al norte, en el límite de nuestro país con Brasil y Argentina, para intentar capturar hembras maduras en la naturaleza.

Bibliografía

- Donaldson, E. & Hunter, G., 1983. Induced final maturation and spermiation in cultured fish. In: W.S. Hoar, D.J. Randall & E.M. Donaldson (Editors), *Fish Physiology, Reproduction*, Vol. IX, B, pp. 351-390.
- Harvey, B. & Hoar, W.S., 1980. Teoría y práctica de la reproducción inducida en los peces. Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (CIID), Canada, 48 pp.
- Sundararaj, B.J., 1981. Reproductive physiology of teleost fishes. *FAO Techn. Pap. ADCP/REP/81/16*.

RESULTADOS DE LAS EXPERIENCIAS DE INDUCCION DEL DESOVE Y CRIA DE LARVAS DE *MUGIL LIZA VALENCIENNES*

INDUCED REPRODUCTION AND LARVAL REARING OF Mugil liza VALENCIENNE

L. Alvarez-Lajonchere, J. Berdayes, O. Laíz y S. Díaz

Empresa Nacional de Acuicultura, Carretera Central Km 20½, Cotorro, Ciudad de la Habana, Cuba

Resumen

Se realizaron experimentos de desove inducido y cría de larvas de *Mugil liza Valenciennes* en Tunas de Zaza, Cuba. Cinco tratamientos hormonales distintos fueron aplicados: pituitaria de lisa o carpa, gonadotropina coriónica humana (GCH) y una mezcla de GCH con pituitaria de lisa o carpa respectivamente. De las 39 hembras tratadas con hormonas, se obtuvieron huevos y larvas viables en 9 de ellas con fertilización natural o artificial. Los mejores resultados se lograron con gonadotropina coriónica humana sola (50 a 60 UI/g), gonadotropina coriónica humana con pituitaria de lisa (27-54 UI/g con 18-48 mg/kg), pituitaria de lisa sola (15 mg/kg) y gonadotropina coriónica humana con pituitaria de carpa (12-41 UI/g con 28-48 mg/kg) en ese orden, administradas en tres inyecciones a intervalos de 24 horas. Aproximadamente 4000 larvas de una hembra sobrevivieron hasta 26 días.

Summary

Experiments to artificially induce maturation and ovulation in female *Mugil liza* (Valenciennes), were carried out at Tunes de Zaza, Cuba. Five different treatments were used as follows: carp respectively *M. liza* pituitary material, human Chorionic Gonadotropin, and mixtures of carp, resp. *M. liza* pituitary material with human Chorionic Gonadotropin. In only 9 out of 39 females the treatments proved to be effective. The best results were obtained by using human Chorionic Gonadotropin and the poorest by using the mixture of carp pituitary material with human Chorionic Gonadotropin, the other treatments giving intermediate results. Fertilization was carried out using free-running males. Best results obtained from one individual female amounted up to 4000 larvae which survived for 26 days.

Introducción

Uno de los prerequisites más importantes para el cultivo de peces es el suministro adecuado de semillas de buena calidad. Hasta el momento esto constituye un obstáculo para su expansión, especialmente para las especies marinas. Actualmente la mayoría de los alevines destinados a la cría de peces en agua salobre se obtienen del medio natural, ya que algunas espe-

cies marinas de interés no se reproducen en confinamiento.

Entre las especies de agua salobre, las lisas son peces comestibles de importancia en las regiones tropical y subtropical, y se crían en más de 50 países. La cría de lisas es una práctica tradicional en diversos países.

Las especies marinas de la familia Mugilidae presentes en Cuba son seis, y entre ellas la que posee mejores características para el cultivo es *Mugil liza* Valenciennes (Alvarez-Lajonchere, 1980) cuyas postlarvas se encuentran en los lugares costeros desde diciembre hasta marzo. Las postlarvas se disgregan rápidamente al arribar a la costa, penetrando en las lagunas costeras por lo que son escasas las posibilidades de capturar grandes cantidades de *M. liza* para su cultivo comercial. Dicha operación sería económicamente no viable por los altos salarios de los pescadores. Por todo ello las técnicas de desove inducido comercial de lisas en Cuba merecen atención. El presente estudio consigna los resultados obtenidos en los experimentos realizados con *M. liza* en 1981 y 1982.

Material y Métodos

Los reproductores fueron capturados mediante artes fijas tipo barrera en un sistema de lagunas costeras en Tunas de Zaza, Provincia de Sancti Spiritus, durante su migración de desove hacia el mar en noviembre y diciembre de 1981 y 1982. El transporte (2-4 h) de los peces vivos fue realizado en bolsas de polietileno con 20-25 l de agua y 50 l de oxígeno o en vivero flotante.

A la llegada, las hembras se pesaron y se valoró su madurez sexual mediante el examen de ovocitos intra-ováricos extraídos *in vivo* (Alvarez-Lajonchere et al., 1983). Se colocaron individualmente en tanques de 350 l con agua de mar, (36-38 ‰), con una tasa de renovación de cinco cambios por día y con aireación. La temperatura del agua se mantuvo entre 20 y 22°C. Los machos se colocaron en tanques de 700 l a una densidad de 5-10 individuos por tanque.

Los tratamientos para la inducción del desove se basaron en inyecciones de gonadotropina coriónica humana (GCH) producida en Cuba (Bonera et al., 1976) y pituitarias de lisas o carpa común solas o combinadas con GCH. Las pituitarias de hembras maduras se recogieron durante la primera hora de muertas y se preservaron en alcohol absoluto, con tres cambios del alcohol (cada 12 h), antes de su almacenamiento definitivo.

Las hormonas se administraron sólo a las hembras. Se aplicaron inyecciones intramusculares cerca de la primera aleta dorsal utilizando 0.5 ml de agua destilada ó 0.06% de solución de NaCl como diluyentes. La primera inyección se administró durante la primera hora de su llegada, y las restantes cada 24 h, siempre después del muestreo *in vivo* de los ovocitos. Los controles se inyectaron sólo con diluyente.

Se probó con fertilización natural (con tres machos) y fertilización artificial (método seco). Una hora después de la fertilización se observaron 100 huevos para estimar el porcentaje de fertilización; si este era de un 50% o más, los huevos se trataban con antibióticos siguiendo el método descrito por Nash et al., (1974). 205 huevos se colocaron en agua de mar (36-38 ‰) esterilizada en tanques de fibrocemen-

to (350-1800 l) a densidades de 50 a 200/l y se mantuvieron en un rango de temperatura de 20 a 26°C. Se administró un tratamiento diario de antibióticos según lo descrito por Nash et al., (1974).

Después de la eclosión, las larvas se mantuvieron en los mismos tanques. Una vez determinada la supervivencia, se transfirieron por sifón a otros tanques (700-1800 l) a densidades de 20 a 100/l, manteniéndose bajo las mismas condiciones ambientales.

Los tanques con las larvas se limpiaron diariamente y se cambió un 25% del agua durante los primeros 13 días, después de lo cual se estableció un flujo continuo, cambiando un 50% del agua el día 14 e incrementándolo hasta completar un cambio por día el día 20. La salinidad se redujo gradualmente de 36 ‰ el día 10 hasta 25 ‰ el día 25. La intensidad de la luz sobre la superficie del agua fue de 1200-1500 lux durante 16 h cada día.

En los tanques de cría se introdujeron cultivos de *Chlor-ella kesleri* y *Tetraselmis chui* desde el primer día hasta el día 14, a una densidad de 10^4 células/ml. Los rotíferos (*Brachionus plicatilis*) se introdujeron el segundo día hasta el día 14, a una densidad de 3 a 5/ml. Los nauplios de *Artemia salina* de un día, se introdujeron desde el día 12 hasta el final del experimento, a una densidad de 3 a 5/ml.

Los niveles de temperatura, salinidad, pH y oxígeno disuelto se determinaron cada 12 h. La densidad de cada organismo utilizado como alimento vivo se estimó cada mañana antes y después de añadir los nuevos cultivos. Cada día se analizó una muestra de 3 a 5 larvas y se preservó en formalina al 2% neutralizada con tetraborato de sodio.

Resultados

Se capturaron y trasladaron al laboratorio un total de 43 hembras (1452-4133 g) y 158 machos (451-132 g). Cuatro hembras se utilizaron como controles y no mostraron ningún progreso en la maduración de los ovocitos durante su tratamiento. Después de 3-4 días de inyectarles el diluyente se sometieron a un tratamiento hormonal logrando el desove parcial de una y un desove espontáneo de óvulos viables en otros.

Los resultados de los tratamientos hormonales se resumen en el cuadro 1. De las 39 hembras tratadas con hormonas, 13 (33%) murieron durante el tratamiento. De 9 hembras (23%) se obtuvieron larvas con fertilización natural (55-98%) o artificial (65-98%). La fecundidad de las hembras que desovaron fue de 746-1021 huevos/g de peso total.

Los mejores resultados se obtuvieron inyectando GCH sola o combinándola con pituitaria de lisa o bien dando pituitaria de lisa sola. Los peores resultados se obtuvieron administrando GCH + pituitaria de carpa ó hipófisis de carpa sola (cuadro 1). Los homogenados de pituitaria de carpa solos indujeron la maduración lentamente y se tuvo que inyectar GCH para lograr la hidratación final y la ovulación.

La mejor programación de los tratamientos fue la de tres inyecciones con la mitad de la dosis total dividida entre las dos primeras y la otra mitad en la tercera inyección cuando las gotas de aceite estaban totalmente agregadas en una sola

Cuadro 1. Tratamientos hormonales aplicados a hembras de *M. liza* para inducir la puesta. ad=agua destilado, g=GCH (U.I./g), c=hipófisis de cuerpo (mg/kg), l=hipófisis de lisa (mg/kg), * muerto per accidente, ** corresponden a los mismos animales que los controles.

Table 1. Hormonal treatments used to induce oviposition in female *M. liza*. ad=ag.dest.; g=HCG (IU/g); c=carp pituitary suspension (mg/kg); l=mullet pituitary suspension (mg/kg); * died because of an accident; ** the same animals as used for the controls.

Number of fishes	Average weight (kg)	Number of injections		Average total dosis/fish		Number of positions	Number of viable spawns	Latency time (h)	Number of deads
		ad	g+c+l	g	c+l				
4	2.7	3	-	-	-	0	-	-	-
3**	2.7	-	2	-	10/14	1	0	30.0	2
1**	2.7	-	3	-	17/28	1	0	7.0	0
6	2.0	-	3	-	24/39	5	2	25.5	1
6	2.3	-	2	-	18/27	5	0	26.8	1
1	2.6	-	1	-	2/5	0	-	-	1*
3	2.3	-	3	-	22	0	-	-	1
3	2.3	2	-	1	39	3	3	34.0	0
3	2.4	-	-	2	-	3	0	-	1
1	2.6	-	1	-	12	0	0	-	1
1	2.2	-	1	-	18	0	1	28.0	0
1	3.2	-	-	1	16	0	-	-	1
8	2.5	-	3	-	46	5	3	22.0	3
1	2.9	-	2	-	21	0	-	-	1
3	3.0	-	-	1	17	2	2	24.0	1
1	1.5	-	2	-	100	1	1	30.0	0
1	1.6	-	3	-	155	1	1	48.0	0

y aún no se habían iniciado los procesos de hidratación y fusión del vitelo. En la mayoría de las ocasiones en que esta secuencia no se seguía ocurrían desoves parciales caracterizados por ovocitos con muchas gotas de aceite.

Todas las hembras capturadas tuvieron los ovocitos en el estadio de vitelo globular terciario pero sin gotas de aceite visibles. El diámetro menor de ovocitos fue de 602 μm y esa hembra produjo las larvas que lograron sobrevivir el período mayor de tiempo. El diámetro de los ovocitos antes de la dosis efectiva fue de 676-752 μm (media 717 \pm 1.2 μm).

El desarrollo embrionario de *M. liza* fue similar al de *M. cephalus*, presentando las mayores diferencias en la duración del periodo de incubación muy influido por la temperatura. La eclosión comenzó a las 33 h después de la fertilización y fue masiva a las 35 h a 24°C. Las condiciones ambientales para la incubación de los huevos fueron similares en todos los tanques, con pequeñas variaciones de salinidad (36-35 ‰), oxígeno disuelto (5.7-7.7 ppm) y pH (7.1-8.2), excepto en la temperatura que varió desde 20-21°C en algunos tanques hasta 25-26°C en otros. Los porcentajes de supervivencia hasta la eclosión fueron de 45% a 98% correspondiendo los valores menores a los tanques con las mayores temperaturas.

El desarrollo y comportamiento de las larvas fue similar a los descritas para *M. cephalus*. Los experimentos de cría presentaron dos períodos críticos de mortalidades masivas, en los días 3-4 y 10-13 después de la eclosión.

Las larvas comenzaron a alimentarse con fitoplancton y se cambiaron a rotíferos 3-4 días después de la eclosión, pero con baja intensidad. Al introducir los nauplios de *Artemia* el día 12, fueron consumidos de forma muy activa.

La mortalidad fue menor a medida que el volumen de los tanques fue mayor, y fue mayor a medida que la temperatura fue más alta. La mejor temperatura fue de 23-24°C y la mejor supervivencia fue de 11.1% 26 días después de la eclosión, en un tanque de 1800 l y con la menor densidad utilizada (20/l). Lamentablemente estas larvas murieron debido a un accidente después de un fallo en la energía eléctrica.

Discusión

Las respuestas positivas de las dos hembras control demuestran que en *M. liza* es posible comenzar el tratamiento hormonal dos días después de la captura y transporte de los reproductores, permitiendo seleccionar los mejores individuos. Esta no es la práctica usual con reproductores salvajes, los cuales sufren una regresión gonadal si no se someten a un tratamiento hormonal inmediato.

La fecundidad de las hembras desovadas fue similar a la consignada por Shehadeh *et al.*, (1973a), Nash *et al.*, (1974) y Liao (1975) para *M. cephalus*.

La dosis total efectiva de GCH fue similar a la consignada por Kuo *et al.*, (1973) para *M. cephalus*, pero fue 1.5-2.5 mayor que la consignada por Godinho *et al.*, (1982) y 5-6 veces mayor que la dosis consignada por Benetti & Fagundes Netto (1980) ambos para *M. liza*. La dosis efectiva con homogenado de pituitaria de lisa fue similar a la consignada por

Chaudhuri et al., (1977) y menor que la consignada por Zhiteniev et al., (1974) para *M. cephalus* y *Liza saliens*.

Los pobres resultados obtenidos con pituitaria de carpa sola, son similares a los de Chaudhuri et al., (1977) pero difieren de los consignados para *M. capito* (*Liza ramada*) (Abraham et al., 1967), *M. cephalus* (Yashouv, 1969; Lumare y Villani, 1972), *L. saliens* (Aronovich, 1976), *M. curema* (Carcia & Bustamante, 1981) y *L. macrolepis* (James et al., 1983). Se han consignado diversas combinaciones de homogenados de pituitarias de lisas o de carpas con GCH en la inducción del desove en lisas, pero las comparaciones son difíciles debido a las propias combinaciones y a las unidades utilizadas.

La programación de las inyecciones, especialmente el momento de administrar la dosis final, concuerda con propuesta por Shehadeh et al., (1973a) y Kuo et al., (1974), quienes describieron el clareado de la porción central de los ovocitos antes de la inyección final. Esto es debido a la agregación de las gotas de grasa.

García & Bustamante (1981) obtuvieron resultados positivos con hembras de *M. curema* cuyos ovocitos contenían sólo de 1 a 3 gotas de grasa hacia el centro y resultados negativos con aquellas cuyos ovocitos presentaban muchas gotas de grasa dispersas. Nuestros resultados no concuerdan con estos trabajos pues ninguna de las hembras de *M. liza* tuvo gotas de aceite visibles en sus ovocitos antes de comenzar el tratamiento hormonal.

Shehadeh et al., (1973a, b) pudieron estimar el desarrollo de los ovocitos en las hembras de *M. cephalus* utilizando fundamentalmente su diámetro; sin embargo, otros autores (Apekin & Vilenskaya, 1976; García & Bustamante, 1981) han señalado que el diámetro de los ovocitos no es suficiente para estimar su desarrollo, requiriendo tomar en consideración otros elementos y características, con lo cual coinciden nuestros resultados con *M. liza*.

El período de latencia que dependa de la temperatura fue mayor (24 a 36 h) que el consignado para la mayoría de los mugílidos, si bien hay datos que van desde 3-6 h con *M. macrolepis* (Sebastian & Nair, 1975) hasta de 42-88 h con *M. cephalus* (Apekin & Tronina, 1972).

La densidad de los huevos utilizada en estos experimentos fue alta para la especie. Las densidades de las larvas también fueron altas, comparadas con las de Kuo & Takenaka (1972) y Liao (1975) con *M. cephalus* y analizando las supervivencias logradas.

En el programa de alimentación se notó la ausencia de un tipo de organismo intermedio entre los rotíferos y los nauplios de *Artemia salina*, probablemente copépodos, los cuales han probado ser muy satisfactorios en la dieta de *M. cephalus* (Nash & Koningsberger, 1981). Diversos autores han consignado la introducción de los nauplios de *Artemia* anticipadamente respecto a nuestros experimentos, por ejemplo el día 7 (Nash et al., 1974) o en el día 10 (Brasola et al., 1979); hay otros datos de supervivencias altas con la introducción más tardía de los nauplios de *Artemia* por ejemplo el día 13 (Gongzhao et al., 1985), el 14/15 día (Nash y Shehadeh, 1980), el día 16 (Benetti & Fagundes Netto, 1982) o el día 20-22 (Liao et al., 1971).

El mejor rango de temperatura fue similar al utilizado para *M. cephalus* (Sylvester & Nash, 1975).

Las mejores supervivencias fueron menores que las obtenidas con *M. cephalus* en Taipei (19.35%) por Liao (1975), y en Hawaii (33.5%) por Nash et al., (1977). Sin embargo, el desove inducido y la propagación de *M. liza* es posible y las técnicas son similares a las de *M. cephalus*.

Agradecimientos

Este trabajo fue realizado por la Empresa Nacional de Acuicultura en colaboración con el Centro de Investigaciones Marinas (Universidad de La Habana) y financiado en parte por un donativo de investigación (G-193) de la Fundación Internacional para la Ciencia.

Los autores agradecen la labor de los pescadores, especialmente la de Pedro Estepe; la de los técnicos, especialmente la de Jorge Choy, así como el apoyo con el alimento vivo brindado por Elvira Alfonso Hernandez y Alfredo de la Cruz Sánchez del Centro de Investigaciones Marinas. Finalmente agradecemos muy sinceramente a los Drs. Colin E. Nash, Tamara, M., Aronovitch, Paolo Villani y Stefano Cataudella la lectura del manuscrito y sus valiosas sugerencias.

Bibliografía

- Abraham, M., Yashouv, A. & Blaco, N., 1967. Induction expérimentale de la ponte chez *Mugil capito* confiné en eau douce. C.R. Acad. Sc. Paris, 265: 818-821.
- Alvarez-Lajonchere, L. 1980. Estudio de las lisas (pisces, Mugilidae) en Cuba, con especial atención al género *Mugil Linné*, la biología pesquera de las especies predominantes y la evaluación de sus potencialidades para ser sometidas a cultivo. Tesis de Candidato a Doctor en Ciencias (Ph.D.), Universidad de la Habana, XVII + 153 pp.
- Alvarez-Lajonchere, L., Berdayes Arritola, J., Díaz Bellido, S.J. & Laiz Averhoff, O., 1983. Método de muestro *in vivo* de ovocitos intraováricos en las lisas *Mugil liza* y *M. curema* (Pisces, Mugilidae) y en el patao *Eugerres brasilianus* (Pisces, Gerreidae). Rev. Lat. Acuicult., (18): 27-38.
- Apekin, V.S. & Tronina, T.M., 1972. Opyty po stimulirovaniyu sozryevaniya i nyeryesta kefali (pry edvarityel'ny e vyezul'tati). Gidrobiol. Zh., 8 (1): 82-89.
- Apekin, V.S. & Vilenskaya, N.I., 1976. Kharakteristika polovovo cicla y sostoyanie gonad vo vressia nierestuvoy migratsii chernomorskovo labona *Mugil cephalus* L. Vopr. Ikhtiol., 18 (3): 494-506.
- Aronovich, T.M., 1976. Ob ikubatsii ikry i vy rashchivanni lichinok kefali-singilya (*Mugil auratus* Risso). Trudi VNIRO, 115: 46-50.
- Benetti, D.D. & Fagundes Netto, E.B., 1980. Considerações sobre desova e alevinagem da tainha (*Mugil liza* Valenciennes, 1836) em laboratório. Publ. Inst. Pescui. Mar. Brasil, 135: 1-26.
- Benetti, D. & Fagundes Netto, E., 1982. Production of mullet's fingerlings (Pisces, Mugilidae) in laboratory. Atlantica, 5 (2): 4.

- Bonera, M., Marrero, M. & García, J., 1976. Gonadotropina coriónica humana III. Obtención industrial a partir de materiales parcialmente purificados. Rev. Cub. Farm., 10: 121-127.
- Brasola, V., Kalfa, A.M. & Cannes, A., 1979. Esperienze positive di riproduzione artificiale di *Mugil cephalus* (L.) effettuate nella Laguna di Orbetello. Riv. It. Piscic. Ittiop., 14 (1): 15-20.
- Chaudhuri, H., Bhowmick, R.M., Kowtal, G.V., Bagchi, M.M., Jana, R.K. & Gupta, S.D., 1977. Experiments on artificial propagation and larval development of *Mugil cephalus* Linnaeus in India. J. Inland Fish. Soc. India, 9: 30-41.
- Carcía, A. & Bustamante, G., 1981. Resultados preliminares del desove inducido de lisa (*Mugil curema* Valenciennes) en Cuba. Inf. cient.-tec. Inst. Oceanol., 158: 17-26.
- Godinho, H.M. Dias, E.R. de A. & Jacobsen, O., 1982. The effect of hormones in the induced spawning of *Mugil liza* Val. from the lagunar region of Cananéia (25°21' S). Atlantica, 5 (2): 48-49.
- Gongzhao, X., Chengwei, Z., Chunwu, Y., Liqing, S. & Peiqui, W., 1985. Feeding behavior of cultured mullet (*Mugil soiuy*) fry. ICLARM Newslet., 8 (4): 7.
- James, P.S.B.R., Rengaswamy, V.S., Raju, A., Mohanraj, G. & Gandhi, V., 1983. Induced spawning and larval rearing of the grey mullet *Liza macrolepis* (Smith). Indian J. Fish., 30 (2): 185-202.
- Kuo, C.-M. & Takenaka, B.T., 1972. Brief experimental notes on larval survival. In: C.M. Kuo, C.E. Nash, & Z.H. Shehadeh, (Editors). The grey mullet (*Mugil cephalus* L.): induced breeding and larval rearing research 1972-73. Vol. II, Oceanic Institute, Rep. OI-73-128, pp. 35-45.
- Kuo, C.M., Shehadeh, Z.H. & Nash, C.E., 1973. Induced spawning of captive grey mullet (*Mugil cephalus* L.) females by injection of human chorionic gonadotropin. Aquaculture, 1: 429-432.
- Kuo, C.M., Nash, C.E. & Shehadeh, Z.H., 1974. A procedural guide to induce spawning in grey mullet (*Mugil cephalus* L.). Aquaculture, 3: 114.
- Liao, I.C., 1975. Experiments on induced breeding of the grey mullet in Taiwan from 1963 to 1973. Aquaculture, 6: 31-58.
- Liao, I.C., Lu, Y. J., Huang, T.L. & Lin, M.C., 1971. Experiments on induced breeding of the grey mullet (*Mugil cephalus* Linnaeus). Fish. Ser. Chin.-Am. Jt. Comm. Rur. Reconstr. (11): 1-29.
- Lumare, F. & Villani, P., 1972. Contributo alla fecondazione artificiale di *Mugil cephalus* (L.). Boll. Pesca Piscic. Idrobiol., 27 (2): 255-261.
- Nash, C.E. & Shehadeh, Z.H., (eds.) 1980. Review of breeding and propagation for grey mullet, *Mugil cephalus* L. ICLARM Stud. Rev., 3: 87 p.
- Nash, C.E. & Koningsberger, R.M., 1981. Artificial propagation. In: O.H. Oren (editor), Aquaculture of grey mullets. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 265-312.
- Nash, C.E., Kuo, C.M. & McConnell, S.C., 1974. Operational procedures for rearing larvae of the grey mullet (*Mugil cephalus* L.). Aquaculture, 3: 15-24.

- Nash, C.E., Kuo, C.M., Madden, W.D. & Paulsen, C.L., 1977. Swimbladder inflation and survival of *Mugil cephalus* to 50 days. *Aquaculture*, 12: 89-94.
- Sebastian, M.J. & Nair, V.A., 1975. The induced spawning of the grey mullet, *Mugil macrolepis* (Aguas) Smith and the large scale rearing of its larvae. *Aquaculture*, 5: 41-52.
- Shehadeh, Z.H., Kuo, C.M. & Milisen, K.K., 1973a. Induced spawning of grey mullet *Mugil cephalus* L. with fractioned salmon pituitary extract. *J. Fish Biol.*, 5: 471-478.
- Shehadeh, Z.H., Kuo, C.M., & Milisen, K.K., 1973b. Validation of an *in vivo* method for monitoring ovarian development in the grey mullet (*Mugil cephalus* L.). *J. Fish Biol.*, 5: 489-496.
- Sylvester, J.R. & Nash, C.E., 1975. Thermal tolerance of eggs and larvae of Hawaiian striped mullet, *Mugil cephalus* L. *Trans. Amer. Fish. Soc.*, 104 (1): 144-147.
- Yashouv, A., 1969. Preliminary report on induced spawning of *Mugil cephalus* L. reared in captivity in freshwater ponds. *Bamidgeh*, 21 (1): 19-24.
- Zhiteniew, A.N., Kalinin, D.S. & Abaev, Y.I., 1974. Sostoyaniyegond lobana *Mugil cephalus* L. y ostronosa *M. saliens* Risso, vijodiaschin iz limanov na nerest y reakcia ij na guipofizarnuyu inyecciu. *Vop. Ijtiol.*, 14 (2): 244-271.

2. Nutrición / *Nutrition*

THE PRODUCTION AND NUTRITION OF FISH FRY, IT'S ROLE AND CONSTRAINTS IN AQUACULTURAL PRODUCTION

EL CULTIVO Y LA NUTRICION DE ALEVINES, SUS PERSPECTIVAS Y PROBLEMAS PARA EL DESARROLLO ACUICOLA

J.A.J. Verreth

Department of Fish Culture and Fisheries, Agricultural University, P.O. Box 338, 6700 AH Wageningen, The Netherlands

Summary

The increasing world demand for fish products puts a heavy strain on aquacultural output. It is believed that aquacultural expansion depends to a large extent upon the availability of suitable and reliable techniques for fish fry production. Actually, one of the major constraints in larval rearing, concerns the nutritional aspects, which at the moment are still poorly understood. Fish larvae can be characterized as very small organisms with a primitive digestive system and a poor swimming and feeding capacity, but which are growing at extremely high rates. Therefore, in larval rearing, specific food types and feeding strategies have to be used. In the present paper, a brief review of fish larval nutrition is given. Attention is paid to basic physiological aspects and practical nursery management. Quantitative and qualitative aspects of larval feeding will be discussed and some recommendations for larval nutrition research on Latin American species are given.

Resumen

El crecimiento de la demanda mundial de productos pesqueros ejerce una alta presión sobre la producción acuícola. El crecimiento de la producción acuícola parece estar limitado por la falta de técnicos de fiar para el cultivo de larvas. Uno de los más grandes problemas en el cultivo larvario es la nutrición. Larvas de peces son organismos de pequeño tamaño, con un sistema primitivo de digestión, y capacidades poco desarrolladas para nadar y alimentar. Al mismo momento, se caracterizan por una tasa de crecimiento muy alta. Estas características exigen el uso de alimentos específicos y estrategias de alimentación específicas. En el presente trabajo, se resumen brevemente tanto los aspectos fisiológicos como los aspectos prácticos de la nutrición larvaria. Se tratarán los aspectos cuantitativos y cualitativos y algunas recomendaciones para la investigación sobre la nutrición larvaria de especies latinoamericanas están presentadas.

Introduction

Aquaculture is carried out in a wide range of farming systems varying from very extensive systems in which only

species combination, age and stocking density is controlled, up to highly intensive systems in which the entire production process, both physiologically and environmentally, is controlled. Whatever the system in use may be, a constant and reliable supply of stocking material is needed.

For many species, the culture production still relies on the supply of seed by capture from nature (Table 1). Well known aquacultural examples are milkfish (*Chanos chanos*), eel (*Anguilla anguilla*), and penaeid shrimp species. The natural fish fry supply fluctuates strongly and is therefore far from reliable. Artificial reproduction is a first step to alleviate this situation, but even then, aquacultural growth is often limited because of an insufficient and unreliable rearing technology of the young larvae.

Table 1. The production output and method of fish seed supply for the most important cultured fish species.

Cuadro 1. La producción y el sistema de abastecimiento de alevines de los peces más importantes en cultivo.

Species	Production (MT)	Reproduction	Fry production
<i>Cyprinus carpio</i>	450 000	+	ponds
Cyprinids (Chinese/Indian)	50 000	+	ponds
tilapia spp.	370 000	+	ponds
<i>Chanos chanos</i>	370 000	-	-
catfishes			
<i>I. punctatus</i>	90 000	±	ponds
<i>C. batrachus</i>	5 000	±	ponds
<i>C. gariepinus</i>	500	+	intensive
<i>Anguilla</i> spp.	70 000	-	-
<i>Seriola quinqueradiata</i>	175 000	-	-
<i>Plecoglossus altivelis</i>	10 000	-	-/in developm.
<i>Pagrus major</i>	15 000	-	-/intensive
<i>S. salar</i>	50 000	+	intensive
<i>S. gairdneri</i>	150 000	+	intensive
<i>Oncorhynchus</i> spp.		+	intensive
<i>Dicentrarchus labrax</i>		+	intensive?
<i>Sparus aurata</i>	500	+	intensive?
PROMISING CANDIDATES			
Siganidae		experi-	experimental
Groupers		mental	
Characidae			
Turbot/Halibut			

+/- technology available/not available

Examples are the sea bass (*Dicentrarchus labrax*) and sea bream (*Sparus aurata*) culture in Europe, the culture of the african catfish (*Clarias gariepinus*) in Africa and *Colossoma macropomum* in Latin America (Jones, 1986; Huisman & Richter, 1987; Saint-Paul, 1987). For these species, the development of controlled hatchery and nursing procedures are badly needed before a significant commercial culture can be established.

Being one of the major problems in fish fry rearing, the nutritional aspects of fish fry rearing will be elaborated in the next sections.

Nursing of fish larvae in pond cultures

The production cycle of fish fry encompasses the entire larval period plus part of the juvenile life stage. According to Balon (1975), the larval period starts at the onset of exogenous feeding and lasts until metamorphosis or completion of all juvenile/adult organs. At the start of the larval period many organs, such as fins, musculature, stomach, intestine etc. are still rudimentary or even lacking. Consequently, in larval rearing, whether extensive pond cultures or intensive indoor culture systems are used, feeding strategies and husbandry techniques have to be designed for very tiny organisms, with a very poor swimming, feeding and digestive capacity.

Most fish larvae still require live food organisms at the onset of exogenous feeding. Therefore, the easiest way of fry production might be to rear the fishes in a semi-natural environment, such as ponds. Although in ponds a great variety of food organisms may be present, pond management still has to be carefully directed towards the particular phase of the life cycle of the larvae cultured. In nature, larvae of certain fish species exhibit a very selective food preference, often correlated with behavioural, environmental or morphological aspects. Hartman (1983, cited in Dabrowski, 1984) found that survival of freshwater fish larvae was limited, in order of importance, by feeding mode, mouth size and food size availability. Many fish species do require very small food organisms as first feed. Dabrowski & Bardega (1984) estimated food sizes for silver carp, grass carp and bighead to be 50-90, 90-150 and 150-270 μm respectively, while common carp and catfishes such as *C. gariepinus* may accept particles of 300-400 μm right from the beginning. As food preference is closely related to food- and mouth size, the preference changes with the growth of the fish. In pond nursery cultures, the supply of food organisms should be synchronized with the changing feeding patterns and food preferences of the growing larvae. In order to establish an effective zooplankton succession in the ponds, insecticides such as trichlorfon (00-dimethyl- 2,2,2-trichlorohydroxyethyl phosphonate) may be applied (Tamás & Horvath, 1976; Verreth, 1984; Verreth & Kleyn, 1987). Large organisms such as cladocera and copepoda are eliminated, and the less sensitive rotatoria populations rapidly increase as a result of the absence of any food competition. Repeated use of trichlorfon may affect all plankton populations, including rotatoria (Verreth,

1984). As a result of the presence of small food organisms during the first days of exogenous feeding, usually larval fish survival is higher in treated ponds than in untreated ones. However, unless the ponds are inoculated with a population of cladocera, the zooplankton in treated ponds may remain dominated by copepoda during the second half of the culture period (fig. 1), resulting in less appropriate food conditions for growing fry of many fish species during that period (Verreth & Kleyn, 1987).

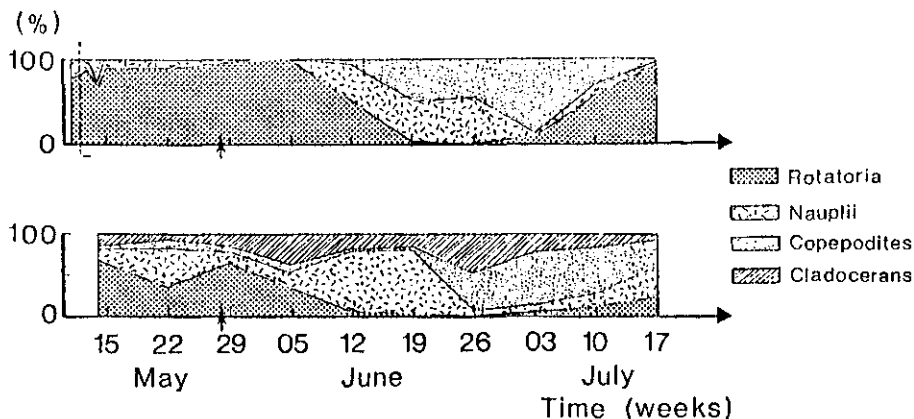


Figure 1. The zooplankton composition in untreated (lower graph) ponds and ponds treated (upper graph) with Dipterex (Bayer), a trichlorfon containing insecticide. The time of application (1 ppm) is indicated by a vertical dotted line. Fishes (pikeperch larvae) were stocked 3 weeks after application (indicated by arrows). (after Verreth & Kleyn, 1987).

Figura 1. La composición del zooplankton en estanques tratados con Dipterex (Bayer) (producto activo : trichlorfon) (arriba) y en estanques no tratados (debajo). El momento del tratamiento (1 ppm) esta indicado por la línea punteada. Las larvas (*S. lucioperca*) fueron sembrados en la fecha indicada por las flechas. (de Verreth & Kleyn, 1987).

Indoor cultures of larvae

Quantitative aspects of larval fish nutrition.

In semi-natural environments such as ponds, the larvae are still subject to unfavourable climatic and environmental conditions, predation, competition etc. Indoor rearing increases the controllability of the culture considerably. The small size, poor swimming and feeding capacities and the primitive digestive system of first feeding larvae have considerable consequences for the size and type of food which can be ingested and/or digested. Further, larvae grow at an extremely high rate, almost doubling their weight daily during the first days of exogenous feeding. During these days, specific

growth rates vary between 65-100 % of the body weight (BW)/day (Huisman, 1979; Hogendoorn, 1980; Bryant & Matty, 1980; Verreth & Den Bieman, 1987). Over the entire larval culture period, and depending on temperature and species, average specific growth rates between 30-40 % may be attained (Bryant & Matty, 1980, Van Haecke & Sorgeloos, 1983; Verreth & Den Bieman, 1987). This means that at the onset of exogenous feeding, daily food rations should be a multiple of the fish biomass (200-400 %). The specific growth rate is allometrically related with fish size (Brett, 1979) (fig. 2), hence the strong weight increase during the larval period results in a continuously decreasing specific growth rate. Huisman (1974, 1979) and Verreth & Den Bieman (1987) report specific growth rates for carp and grass carp, respectively african catfish, declining from 65 %/BW/day during the first three days of exogenous feeding, to about 20 %/BW/day at the end of the second week of culturing. Therefore, feeding levels could be adjusted regularly (f.i. every 2-3 days) (Bryant & Matty, 1980; Van Haecke & Sorgeloos, 1983).

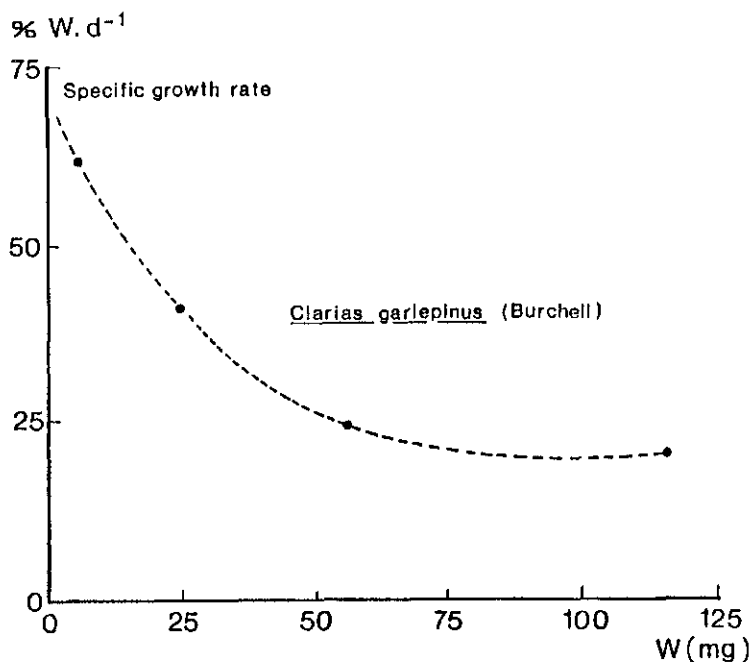


Figure 2. The relation between specific growth rate and body weight in *Clarias gariepinus* larvae.

Figura 2. La relación entre la tasa de crecimiento específica y el peso en larvas de *Clarias gariepinus*.

In larval nutrition research, this point is of utmost importance. Feeding at a fixed percentage/BW/day has no sense because the "physiological value" of a certain feeding level changes very rapidly. Within the course of 2-3 days, a feeding level of 100 %BW/day may change from undersatiation to a

highly oversatiation level. Based on the assumption that growth of larval fishes can be linearized (hence a constant growth rate be obtained), by plotting the cube root of the larval weights against the length of the culture period, Verreth & Den Bieman (1987) developed a feeding procedure in which food rations are adjusted daily, by fixing growth levels instead of feeding levels. Daily feed rations were calculated on the basis of the expected growth for every particular day of culturing according to the equation:

$$R_t = Y_t \cdot \frac{DM_f}{DM_a} \cdot FCR$$

where R_t = the food requirements/fish on day t (mg wet weight)
 Y_t = the average individual growth on day t
 $= Y_{t+1} - Y_t$ (mg wet weight)
 DM_f = dry matter content of fish larvae
 DM_a = dry matter content of food
 FCR = Food Conversion Ratio

On dry weight basis, the food conversion ratios vary mostly between 2 and 4, depending on temperature, feeding level and fish species.

In studying the literature concerning nursery operations and fry rearing experiments, it is striking how often low growth rates - too low in relation to the growth potential - are reported. This is not only true for experiments in which diets of poor quality are used, but also for the control diets (such as zooplankton or *Artemia* (Appelbaum, 1979; Schlumberger et al., 1976; Uys & Hecht, 1985)). It indicates either an inadequate food quantity or a poor quality of the husbandry techniques used. In order to optimize the consumption of the food administered, the encounter rate between larvae and food particles has to be maximized. This can be achieved by using high fish densities which implies also large food quantities. Further, the feeding frequency is also important. This aspect of larval feeding is still poorly documented. In general it is assumed that because of the small fish size and the high gut evacuation rates, feeding frequency should be as high as possible. There is some evidence however, that this assumption does not hold for every species (Uys & Hecht, 1985; Charles et al., 1984; Verreth, unpublished data) and that a few portions per day are better utilized than continuous feeding.

Qualitative aspects of larval nutrition

Apart from quantitative aspects of feeding, qualitative aspects may be of equal or even more importance. If the larvae have to be fed with live food organisms, these have to be collected or to be cultured, increasing vulnerability of the entire system in another way. In routine hatchery procedures, often *Artemia* is used as food organism. It does not require real culturing, is readily available on the market and has excellent nutritional qualities. However, for many fish species, especially marine ones, the size of *Artemia* nauplii is

still too large for first feeding larvae. Locally, the market availability may be very difficult or less accessible due to shortages of hard currency. For all these reasons, the development of dry larval diets would signify a major leap in fish fry production, both of marine and freshwater species. So far, the use of artificial dry diets in larval rearing is not yet widespread. It is assumed that these results are related to problems of food ingestion and/or food digestion.

The ingestion of food particles administered depends on behavioural, morphological and anatomical aspects. The physical and chemical properties of the diet have to correspond with the larval requirements in this respect. Information on the requirements of larval diets regarding texture, hardness and elasticity is very scarce. Studies carried out with several small fish species (1-4 cm), indicate that generally, small fishes prefer soft, smooth and deformable food particles (Verkuyten, 1984). These results have still to be confirmed for larval fishes. The importance of the particle size has already been stressed. Acceptance is further strongly influenced by the aroma or flavour of the food (Appelbaum, 1980). Addition of several amino-acids such as betaine, glycine, arginine, etc. had positive effects on fish survival and growth (Appelbaum, 1978; Dabrowski, 1984). Moving life food organisms may eventually stimulate larval feeding response, however it is not believed to be a major requirement since excellent results have been obtained with dry diets based on yeast (Dabrowski *et al.*, 1984; Bergot *et al.*, 1986) and decapsulated cysts of *Artemia* (Verreth *et al.*, 1987) both of which are motionless and administered as a dry diet.

The above points out that the inadequate performance of fish fry on artificial diets is mainly caused by a poor utilization, i.e. absorption and/or digestion of the nutrients, which is not so strange considering the incomplete development of the digestive system in most fish larvae. At the onset of exogenous feeding, they mostly lack a stomach with functional gastric glands while an alkaline pH prevails in the digestive tract (Stroband & Dabrowski, 1982; Dabrowski, 1984). Since at a pH above 5.1, pepsin activity is only 20% (Dabrowski, 1984), peptic digestion cannot take place during the first days of exogenous feeding. Trypsin, chymotrypsin and/or aminopeptidase activity in the intestine has been detected in first feeding larvae, although these enzymes are also subject to ontogenetic changes (Dabrowski, 1984; Cousin *et al.*, 1987). Poor proteolytic activity is partly met by pinocytotic absorption of protein macromolecules in the hind-gut (Stroband & Dabrowski, 1982; Govoni *et al.*, 1986). Lauff & Hofer (1984) suggest that external enzymes, originating from life food organisms, may contribute up to 70% of the total enzyme activity in the larval digestive tract. With the development of gastric glands and a functional stomach, gut pH becomes acid, which allows predigestion of proteins followed by complete hydrolysis through enzymatic activity. The absorption changes from pinocytosis to membrane transport (Govoni *et al.*, 1986).

The value of a diet depends upon the availability of all the nutrients present in the food and required by the fishes.

The actual food ingestion (hence the intake of all nutrients) is regulated by the available lipid level of the diet, because fishes tend to adjust their food intake according to the lipid content of the body mass, which on its turn is determined by the fat content in the food (Machiels & Van Dam, 1987). Verreth et al., (1987) confirmed this hypothesis measuring low growth but high survival rates in larval *Clarias gariepinus* when fed micro-encapsulated egg diets (35% lipids) (Chow, 1981), while at the same time, the hepatocyte ultrastructure revealed the presence of all or nearly all essential nutrients in the diet.

In juvenile and adult fishes, lipids provide the necessary energy for metabolism. Forstner et al., (1983) indicates that also in first feeding coregonid larvae, the energy sources are fatty and amino acids. When the appropriate enzyme activities increase, energy is fueled through glycolysis and glycogenolysis. Also Fauconneau et al., (1986) found that in coregonid larvae of 90 mg, carbohydrates compete with amino acids as energy source. These results are not so surprising in view of the extremely high growth rates and poor swimming capacities of fish larvae. All energy is fueled into grow metabolism instead of reserve tissues. Under such circumstances, the fast and direct supply of energy through combustion of amino acids and glucose may be advantageous.

Although the exact mechanism of lipid absorption is not yet known, it is believed that they are digested to fatty acids in the midgut lumen, absorbed into the epithelium, resynthesized and deposited into intracellular lipid droplets (Govoni et al., 1986). Histochemical evidence of lipase and esterase in the digestive tract of fish larvae is very scarce. Recently, Cousin et al., (1987) demonstrated some activity of unspecified esterase in first feeding larvae of the turbot, *Scophthalmus maximus* while lipase activity could only be detected after two weeks of rearing, around the time of metamorphosis.

The concentration of poly-unsaturated fatty acids (PUFA) in the diet seems to be very important. The nutritional quality of life food organisms depends largely on their fatty acid profile. Most fishes require fatty acids, preferably highly unsaturated fatty acids (HUFA), of the linolenic family (ω 3-series). Most freshwater fish can elongate and desaturate C18 PUFA to ω 3-series HUFA, while marine fishes generally do not possess this capacity. Eicosapentaenoic acid (20:5 ω 3) and docosahexaenoic acid (22:6 ω 3) are considered to be essential for most marine fish species, while in freshwater fish, either linolenic (18:3 ω 3) or linoleic (18:2 ω 6) acid or both are essential (Watanabe, 1982; Dabrowski, 1984; Tacon & Cowey, 1982). Life food organisms used in marine fish hatcheries are often deficient in the required HUFA. The fatty acid profile of organisms such as *Brachionus* sp. and *Artemia* can be manipulated by feeding them the appropriate algal species, yeast or microcapsules (Dabrowski, 1984; Leger et al., 1986). In penaeid prawn hatcheries, these biomanipulation techniques have increased the success and reliability of the portlarvae production considerably (Sorgeloos, 1987, pers. comm.). It is believed that they may have similar effects in marine fish

hatcheries. For freshwater fish, life food organisms seem to contain sufficient amounts of linolenic and/or linoleic acid, although quantitative data on the fatty acid requirements are scarce. Further research in this area is needed.

Conclusions and recommendations for research on Latin American species

From the foregoing, it may be concluded that in larval nutrition research still a lot of work has to be done before the fish seed supply can be guaranteed. Yet considerable progress has already been achieved. For pond rearing, suitable techniques for zooplankton manipulation have been developed. A considerable amount of information has been gathered concerning the biology, biochemical composition, production and biomanipulation of life food organisms. Further recently, successful results have been obtained with dry diets based on hydrocarbon grown yeast in carp (Dabrowski, 1984), coregonid (Dabrowski et al., 1984; Bergot et al., 1986) and african catfish larvae (Uys & Hecht, 1985). Generally, the diets contain about 60-65% of yeast, and are completed with pork- or beef liver, fish oil and a vitamin- and mineral mix.

First feeding larvae of most latin american "promising aquacultural candidates", such as *Colossoma macropomum*, *Prochilodus* spp., *Brycon* spp. etc. require very small organisms (Woynarovich & Verreth, 1977a, b; Woynarovich, 1986; Saint-Paul, 1987). Biological information on the morphological and physiological aspects of larval nutrition is almost inexistent. Morphological and behavioural studies on the larval feeding of these species should elucidate the food preferences in nature, and provide most needed information on the appropriate food particle size and texture. Studies on the ontogenetic changes of the anatomy and enzymology of the larval digestive tract may provide insight in the digestive and absorptive capacities of the early larvae. Quantitative dietary requirements have to be elaborated. In order to obtain an idea of the growth potential of these fish larvae, the relation between body weight, feeding level and temperature can be investigated, thereby using a standard reference diet such as *Artemia* or another suitable diet.

For extensive (small scale) farms, pond nursing of the larvae seems to be most appropriate. The zooplankton manipulation techniques mentioned above, may be very useful for these species as well. For large scale operations, indoor rearing of the larvae under controlled conditions is more advisable. Although in the short run, life food organisms such as sieved zooplankton collected from ponds, *Brachionus* and *Artemia* may be successfully used, in the long run it is believed that an expanding commercial culture of these species will benefit from more reliable techniques such as the use of dry diets. In this respect it should be stressed that the costs of feeding an excellent diet such as *Artemia* to fish larvae, do not justify the use of any diet which in spite of a lower cost price would result in a lower growth and/or survival rate. Any reduction of the growth rate during the first days of exogenous feeding results in a significant lower weight at the end of the larval rearing period (Verreth, unpubl. data).

In view of the total production costs of the final market sized fish, larval feeding costs, even if fed with the so called "expensive" *Artemia*, are almost neglectible (always less than 5%). In such a situation, it is of the utmost importance to maximize the larval growth rate.

Bibliography

- Appelbaum, S., 1979. The suitability of alkan-yeast (Hydrocarbon grown yeast) as a first nutrient for *Coregonus albula* (L.) fry. In: J.E. Halver & K. Tiews (editors), *Finfish Nutrition and Fishfeed Technology*, Heenemann Verlag, Berlin, 1: 515-524.
- Appelbaum, S., 1980. Versuche zur Geschmackspereption einiger Süßwasser fische im Larvalen und adulten Stadium. *Arch. Fisch. Wiss.*, 31: 105-114.
- Balon, E.K., 1975. Terminology of intervals in fish development. *J. Fish. Res. Board Can.*, 32: 1663-1670.
- Bergot, P., Charlon, N. & Durante, H., 1986. The effect of compound diets feeding on growth and survival of coregonid larvae. *Arch. Hydrobiol. Beih. Ergebn. Limnol.*, 22: 265-272.
- Brett, J.R., 1979. Environmental factors and growth. In: W.S. Hoar, D.J. Randall & J.R. Brett (editors), *Fish Physiology*, Vol. VIII, Bio-energetics and Growth, Academic Press, New York, San Francisco, London.
- Bryant, P.L. & Matty, A.J., 1980. Optimisation of *Artemia* feeding rate for carp larvae (*Cyprinus carpio* L.). *Aquaculture*, 21: 203-212.
- Chow, K.W., 1981. Micro-encapsulated egg diets for fish larvae. *FAO/UNDP Fish Feed Technology, ADCP/Rep/80/11*: 355-361.
- Dabrowski, K., 1984. The feeding of fish larvae: present "state of the art" and perspectives. *Reprod. Nutr. Develop.* 24 (6): 807-833.
- Dabrowski, K. & Bardega, R., 1984. Mouth size and predicted food size preferences of larvae of three cyprinid fish species. *Aquaculture*, 40: 41-46.
- Dabrowski, K., Charlon, N., Bergot, P. & Kaushik, S., 1984. Rearing of coregonid (*Coregonus schinzi palea* Cuv. et Val.) larvae using dry and live food. I. Preliminary data. *Aquaculture*, 41: 11-20.
- Fauconneau, B., Aguirre, P. & Bergot, P., 1986. Protein synthesis in early life of coregonids: Influence of temperature and feeding. *Arch. Hydrobiol., Ergebn. Limnol.*, 22: 171-188.
- Forstner, H., Hinterleitner, S., Mähr, K. & Wieser, W., 1983. Towards a better definition of "metamorphosis" in *Coregonus* sp.: biochemical, histological, and physiological data. *Can. Fish. Aquat. Sci.*, 40: 1224-1232.
- Govoni, J.J., Boehlert, G.W. & Watanabe, Y., 1986. The physiology of digestion in fish larvae. *Env. Biol. Fish.*, 16 (1-3): 59-77.
- Hogendoorn, H., 1980. Controlled propagation of the african catfish, *Clarias lazera* (C. & V.). III. Feeding and growth of fry. *Aquaculture*, 21: 233-241.

- Huisman, E.A., 1974. Optimalisering van de groei bij karper, (*Cyprinus carpio* L.). (Optimization of the growth in carp, *Cyprinus carpio* L., in dutch with english summary). Ph. D. Dissertation, Agricultural University, Wageningen, The Netherlands, 95 pp.
- Huisman, E.A., 1979. The culture of grass carp (*Ctenopharyngodon idella* Val.) under artificial conditions. In: J.E. Halver & K. Tiews, *Finfish Nutrition and Fishfeed Technology*, Heenemann GmbH & C., Berlin, 1: 491-500.
- Huisman, E.A. & Richter, C.J.J., 1987. Reproduction, Growth, Health Control and Aquacultural Potential of the African catfish, *Clarias gariepinus* (Burchell 1822). *Aquaculture*, 63: 1-14.
- Jones, A., 1986. Historical background, present status, and future perspectives of the aquaculture industry on a worldwide basis. In: J.G. Balchen & A. Tyssø, *Automation and Data Processing in Aquaculture*, Preprints symposium Aquaculture 1986, IFAC, Moberg & Helli, A.S., Oslo, pp. A1-A9.
- Lauff, M. & Hofer, R., 1984. Development of proteolytic enzymes in fish and the importance of dietary enzymes. *Aquaculture*, 37: 335-346.
- Leger, P., Bengtson, D.A., Simpson, K.L. & Sorgeloos, P., 1986. The use and nutritional value of *Artemia* as a food source. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.*, 24: 521-624.
- Machiels, M.A.M. & Van Dam, A.A., 1987. A dynamic simulation model for the growth of the African catfish, *Clarias gariepinus* (Burchell 1822). III. The effect of body composition on growth and feed intake. *Aquaculture*, 60: 55-71.
- Saint-Paul, U., 1987. Recent developments and prospects of cultured indigenous freshwater fish in Latin America. In: J. Verreth, M. Carillo, S. Zanuy & E.A. Huisman, *Aquaculture research in Latin America*, Pudoc, Wageningen, (this volume).
- Schlumpberger, W., Anwand, K. & Mendre, R., 1976. Erfahrungen bei der Brutaufzucht von Amurkarpfen (*Ctenopharyngodon idella*, Val.) und Silberkarpfen (*Hypophthalmichthys molitrix*, Val.) mit verschiedenen Trockenfuttermitteln. *Zeitschr. Binnenfish. DDR.*, 23: 164-174.
- Stroband, H.W.J. & Dabrowski, K., 1982. Morphological and physiological aspects of the digestive system and feeding in fresh water fish larvae. In: M. Fontaine (editor), *Nutrition des Poissons, Actes du Colloque*, CNERNA (Paris), 355-376.
- Tacon, A.G.J. & Cowey, C.B., 1982. Fish nutrition. Relevance to invertebrates. *Proceedings 2nd. International Conference on Aquaculture Nutrition*. In: E.D. Pruder, C.J. Langdon & D.E. Conklin, (editors), *WMS-Special Publication*, 2: 13-30. Louisiana State Univ. Press, Baton Rouge, USA.
- Tamás, G. & Horvath, L., 1976. Growth of cyprinids under optimal zooplankton conditions. *Bamidgeh*, 28: 50-56.
- Uys, W. & Hecht, T., 1985. Evaluation and preparation of an optimal dry feed for the primary nursing of *Clarias gariepinus* larvae (Pisces, Clariidae). *Aquaculture*, 47: 173-184.
- Van Haecke, P. & Sorgeloos, P., 1983. International study on *Artemia*. XXX. Bio-economic evaluation of the nutritional value of carp (*Cyprinus carpio* L.) larvae of nine *Artemia* strains. *Aquaculture*, 32: 285-293.

- Verkuyten, J.C.A.M., 1984. Een oriënterend onderzoek naar de rol van fysisch-chemische parameters in visvoerders met betrekking tot opname, groei en overleving. (A preliminary study on the role of physico-chemical parameters in fish feeds in relation to intake, growth and survival). (In dutch). MSc-thesis, Dept. of Fish Culture, Agricultural University, Wageningen, pp. 49.
- Verreth, J., 1984. Manipulation of the zooplankton populations in nursing ponds of pikeperch fry (*Stizostedion lucioperca* L.). Verhandl. Internat. Verein. Theor. Angew. Limnol., 22: 1672-1680.
- Verreth, J., Storch, V. & Segner, H., 1987. A comparative study on the nutritional quality of decapsulated *Artemia* cysts, micro-encapsulated egg diets and enriched dry feeds for *Clarias gariepinus* (Burchell) larvae. Aquaculture, 63: 269-282.
- Verreth, J. & Den Bieman, J., 1987. Quantitative feed requirements of African catfish (*Clarias gariepinus* Burchell) larvae fed with decapsulated cysts of *Artemia*. I. The effect of temperature and feeding level. Aquaculture, 63:251-267.
- Verreth, J. & Kleyn, K., 1987. The effect of biomanipulation of the zooplankton on the growth, feeding and survival of pikeperch (*Stizostedion lucioperca*) in nursing ponds. J. Appl. Ichtyol., 3: 13-23.
- Watanabe, T., 1982. Lipid nutrition in fish. Comp. Biochem. Physiol. 73B: 3-15.
- Woynarovich, E., 1986. Tambaqui e pirapitinga. Propagação artificial e criação de alevinos. Programa nacional de irrigação. CODEVASF, Brasília, 68 pp.
- Woynarovich, E. & Verreth, J. 1977a. Notes and Recommendations on the artificial propagation of cachama (*Colossoma* sp.). Technical Report. FAO project VEN/71/017, Guanapito, Rome.
- Woynarovich, E. & Verreth, J. 1977b. On the artificial propagation of the false sapoara (family Curimatidae) in Venezuela. Technical Report. FAO project VEN/71/017, Guanapito, Rome.

ECOLOGÍA ALIMENTICIA DE LARVAS DE BOCACHICO (*PROCHILODUS RETICULATUS MAGDALENAE*) EN CONDICIONES DE LABORATORIO

FEEDING ECOLOGY OF LABORATORY-REARED BOCACHICO LARVAE (*Prochilodus reticulatus magdalenae*)

M.G. Rios

Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y del San Jorge, CVS, A.A. 355, Montería, Colombia

Resumen

Cien larvas de bocachico recién eclosionadas, obtenidas mediante desove inducido, fueron mantenidas durante 17 días en tanques plásticos de 10 litros. Se realizaron experimentos para determinar el efecto del tamaño del alimento vivo y del alimento artificial en la supervivencia de las larvas. También se investigó sobre la existencia del "punto de no retorno" en las larvas de bocachico. Se encontró un periodo crítico de tiempo en el cual la mortalidad se incrementa, comenzando al séptimo día después de la eclosión. Zooplancton con tallas de 150 y 230 micras de ancho mantuvo una supervivencia del 31% al 17° día después de la eclosión. Una mezcla de 3 partes de salvado de arroz por una de harina de sangre de ganado, dió una supervivencia del 36%, 17 días después de la eclosión. Solamente en las larvas que comenzaron alimentarse el primero o segundo día después de la eclosión mantuvo una supervivencia alta al día 10°, mientras que las que comenzaron alimentarse el sexto u octavo día no sobrevivieron más allá del 12° día después de la eclosión. Durante su vida temprana el bocachico parece tener una conducta típica de pez pelágico.

Summary

Newly hatched "bocachico" (*Prochilodus reticulatus magdalenae*), obtained through artificial reproduction were reared in 10 l plastic tanks for 17 days. Experiments were carried out to determine the effect of food type, food particle size and delayed first feeding (existence of the "point of no return") on the larval survival. If zooplankton measuring 150 - 230 μ m was administered the first or second day after hatching, a survival of 31 % was found on day 17 after hatching. In case a mixture, containing 3 parts of rice bran and 1 part of cow blood meal was used, survival was slightly increased to 35 %. However, if feeding started only between day 6 and day 8 after hatching, the fry died between day 6 and 12, indicating a "critical period" from day 7 after hatching onwards.

Introducción

Con el nombre de Bocachicos son conocidos en Suramérica peces de los géneros *Semaprochilodus* y *Prochilodus* pertenecientes a la familia Curimatidae (Gery, 1977). En Colombia, el Bocachico, *Prochilodus reticulatus magdalenae*, (Dahl, 1971) tiene una gran importancia económica llegando a constituir hasta el 50% de la captura pesquera en aguas continentales.

Los bocachicos son conocidos por realizar extensas migraciones pre-desove contra la corriente de los grandes ríos suramericanos (Fontenele, 1953, Godoy, 1967, Bayle, 1973). El desove de los bocachicos ocurre en los principales cauces de los ríos, cuando regresan de su migración y en el momento en que la turbidez y el nivel del agua aumenta a causa del comienzo de la estación lluviosa. Debido a grandes alteraciones en su habitat natural, ya sea por la desecación de ciénagas o pantanos, que son sus criaderos naturales, o por la construcción de grandes obras hidroeléctricas, que constituyen barreras físicas infranqueables que interrumpen sus migraciones, la captura de los bocachicos ha entrado en franco descenso en los últimos tiempos, temiéndose en algunas regiones por su desaparición total. En el Río Sinú se construirán dos represas para uso hidroeléctrico, las cuales alterarán drásticamente su regimen hidrológico, poniendo en peligro de extinción a las especies reofilas que han adaptado su estrategia de supervivencia a este regimen (Leentvaar, 1982).

El bocachico es una especie que ha sido considerada apta para cultivo, ya sea extensivo o intensivo (Dalh, 1971, Ramos, 1973), y para el policultivo con otras especies nativas (Solano & Gonzales, 1981). La reproducción artificial de *Prochilodus reticulatus magdalenae* se ha logrado, usando extracto hipofisiario homoplástico y gonadotrofina coriónica humana HCG (Solano, información personal). Se han hecho pocos estudios sobre los estadios larvarios de los peces characoideos, existiendo sólo el de Machado Allison (1974), realizado sobre *Piabucina pleurotaenia*, que es una especie de la familia *Lesbianicidae*.

Sobre larvas de bocachico no se conoce casi nada, los trabajos de reproducción artificial ya mencionados, sólo mencionan las supervivencias hasta los estadios post larva y alevin, sin referirse a factores importantes tales como, concentraciones, clase y tamaño optimo del alimento, ó factores abióticos que pueden ser manejados para aumentar el crecimiento y la de las larvas. En el presente trabajo se registran los datos del comportamiento de la supervivencia de las larvas de bocachico en sus primeros 17 días de vida. Estos datos son los resultados de una primera fase de investigaciones sobre la ecología alimenticia de las larvas de bocachico, orientada a obtener datos que sirvan para dos aspectos fundamentales:

- Esclarecer eventos que ocurren en la vida temprana de los bocachicos, gracias a cuyo conocimiento se puedan establecer reglas de manejo hidráulico del Río Sinú, que favorezcan la perpetuidad de la especie.
- Incorporar los resultados a la producción comercial de alevines de bocachicos, para satisfacer la demanda de los piscicultores de la zona del Río Sinú.

Material y métodos

Las larvas usadas en los bio-ensayos fueron obtenidas mediante el desove inducido de bocachicos maduros. Cien larvas recién eclosionadas fueron colocadas en tanques plásticos de 10 litros. Estos tanques son de color oscuro, lo cual facilita la visualización de larvas muertas en el fondo. Cada tanque tenía una lámpara luz de día, colocada a 25 cm de la superficie del agua, y, estaban provistos de aireación (Figura 1).

El agua utilizada en los bioensayos fue tomada del Río Sinú, filtrada lentamente a través de un lecho de arena. Al llenar a los tanques, donde se colocaban las larvas, se pasó por un filtro de fibra de vidrio de 10 micras. Para los experimentos sobre las preferencias del tamaño del alimento vivo, se usó zooplankton recogido en la Ciénaga Grande de Loricá, mediante redes de plancton de 75, 230 y 360 μm . Este zooplankton fue pasado por varios tamices de distinta luz de malla para obtener los diferentes grupos de tallas. El cuadro 1 muestra los grupos de talla y sus concentraciones en los tanques de cultivo.

Estas concentraciones eran determinadas y corregidas cada 72 horas. Como alimento artificial se usó una mezcla de diferentes proporciones de salvado de arroz y harina de sangre de ganado. Esta mezcla fue batida y pasada a través de un tamiz de 150 micras, antes de suministrarla a las larvas. El cuadro 2 muestra las proporciones de las mezclas utilizadas como alimento artificial.

Todos los días, se sacaban las larvas muertas y se determinaba la supervivencia (S_n) de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$S_n = \frac{(P - \sum_{k=1}^n M_k)}{P} \times 100$$

donde P = población inicial

M = mortalidad en un día (Raymond, 1970).

Cuadro 1. Rango de tamaños y concentración del zooplankton utilizado como alimento en los experiencias.

Table 1. Size range and concentration of zooplanktonic food organisms used in the experiments presented in this report.

Size range of food organisms (μm)	Concentration (individuals/ml)
< 75	0.01 - 0.001
75 - 115	0.1 - 0.3
115 - 150	0.5 - 0.7
150 - 230	1 - 2.5
230 - 360	4 - 5
natural mix (not graded)	5 - 10

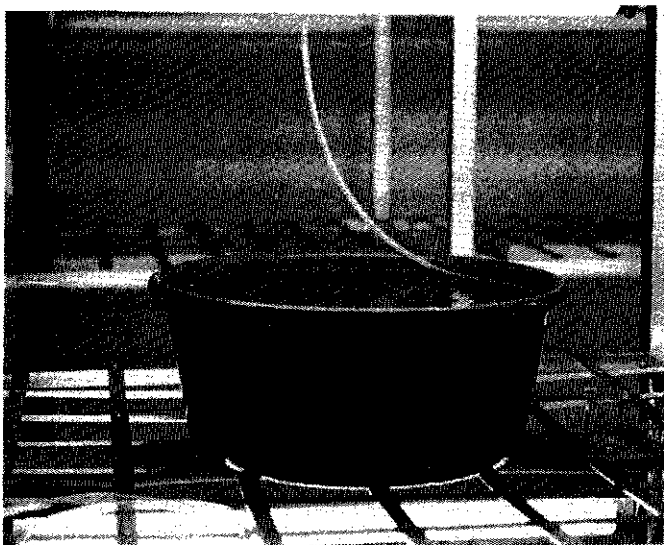


Figura 1. Tanque plastico usado para los experimentos de alimentaci3n de larvas de *P. reticulatus*.
 Figure 1. Plastic bowl used in the feeding experiments with larval *P. reticulatus*.

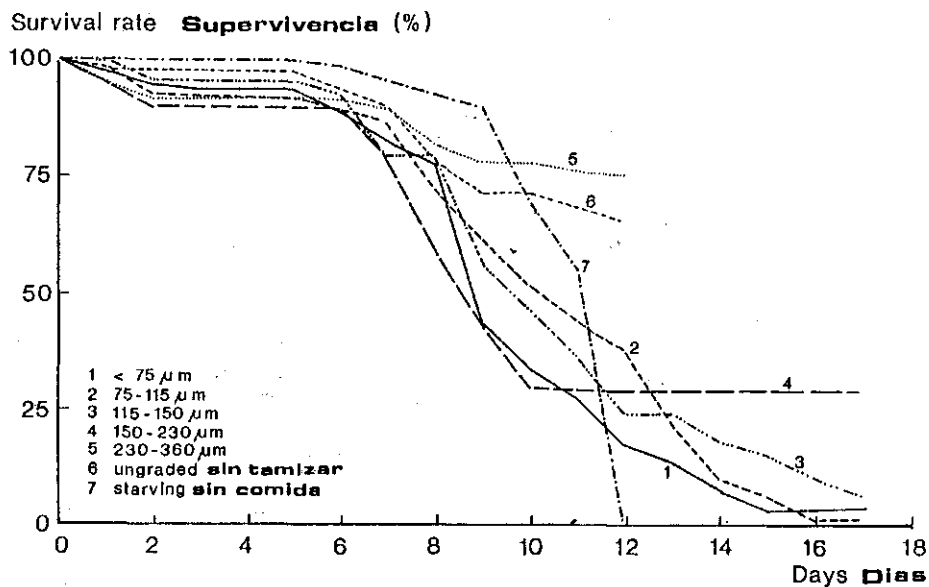


Figura 2. Supervivencia de larvas de bocachico alimentadas con zooplancton de diferentes tama1o.
 Figure 2. The survival of larval bocachico (*P. reticulatus*) fed with zooplankton of different size.

Cuadro 2. Composición de las cuatro dietas experimentadas en las larvas de *P. reticulatus*.

Table 2. The composition of the four test diets for *P. reticulatus* larvae.

Diet	Composition
1	Blood meal*
2	Rice bran + Blood meal (1:1)
3	Rice bran + Blood meal (2:1)
4	Rice bran + Blood meal (3:1)

* Cow blood meal

En los experimentos sobre el efecto del retraso de la alimentación en la supervivencia de las larvas, se usó una mezcla de 3 partes de salvado de arroz y 1 parte de harina de sangre de ganado ofrecida a las larvas en el primer, segundo, cuarto, sexto y octavo día después de la eclosión.

Resultados

La figura 2 muestra la supervivencia de las larvas de bocachico alimentadas con zooplancton de diferentes tamaños. Zooplancton con tamaños entre 150 y 230 micras mantiene una supervivencia del 34% 12 días después de la eclosión. Zooplancton con menos de 150 micras no es suficiente para mantener la supervivencia de las larvas de bocachico. Los experimentos con zooplancton mayor de 230 micras terminaron al día 12 debido a que no se encontraron larvas en los tanques.

La figura 3 muestra la supervivencia de las larvas de bocachico cuando se alimentaron con una dieta artificial. Una mezcla de 3 partes de salvado de arroz por una de harina de sangre de ganado dió una supervivencia del 36% a los 14 días de la eclosión. La harina de sangre de ganado, cuando se ofreció sola, no mantuvo la supervivencia de las larvas. Pero cuando se mezcló en igual proporción con salvado de arroz, la supervivencia fué del 10% al día 17 después de la eclosión.

La figura 4 muestra los efectos del retraso de la alimentación sobre la supervivencia de las larvas de bocachico. El alimento usado en estos experimentos fué una mezcla de 1 parte de harina de sangre de ganado y 3 partes de salvado de arroz. Solamente cuando el alimento se ofreció el primer o segundo día después de la eclosión mantuvo una supervivencia del 100% al día 10 y del 50% al día 17. Cuando la alimentación comenzó al 4° día después de la eclosión hubo una alta mortalidad entre el día 17 y el día 15. Cuando el alimento estuvo disponible al 6° y 8° día después de la eclosión no hubo supervivencia alguna al día 13°.

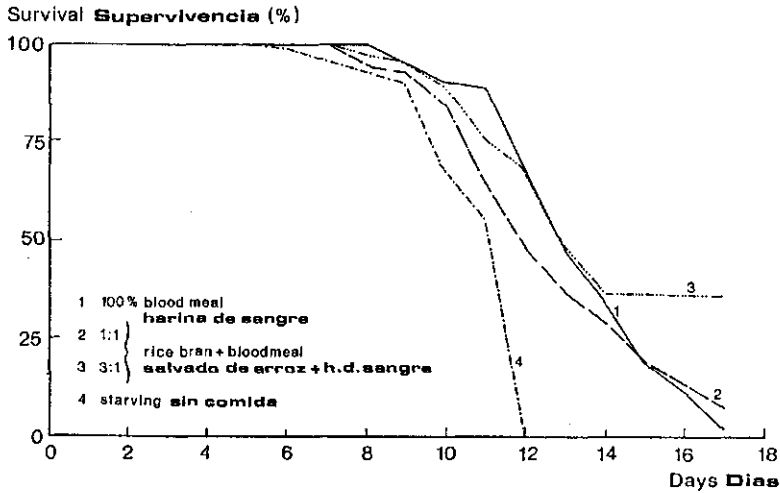


Figura 3. Supervivencia de las larvas de bocachico alimentadas con comida no viva.
 Figure 3. Survival rate of *P. reticulatus* larvae fed with dry feed.

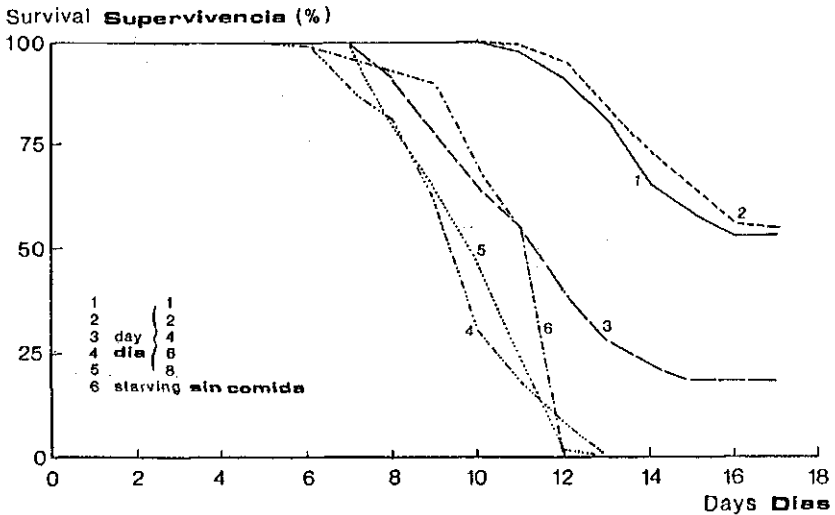


Figura 4. Efectos del retraso de la alimentación en la supervivencia de las larvas de *P. reticulatus*, alimentadas con una mezcla de salvado de arroz y harina de sangre (3:1). La alimentación empezó: 1 = el primer día después de la eclosión; 2 = día 2; 3 = día 4; 4 = día 6; 5 = día 8; 6 = sin comida.
 Figure 4. The effect of delayed first feeding on the survival of larval *P. reticulatus*, fed with a mixture of rice bran and blood meal (3:1). Feeding started on: 1 = first day after hatching; 2 = day 2; 3 = day 3; 4 = day 6; 5 = day 8; 6 = starving.

Discusión

La longitud total de las larvas al eclosionar es de aproximadamente de 3.5 mm. Muchos organos están presentes rudimentariamente y se diferencian a su estado funcional durante el consumo del vitelo. Esta época de la vida larvaria la llamamos "Estadio prolarva". A las 24 horas después de la eclosión la larva desarrolla mandíbulas y dientes y comienza la búsqueda del alimento. Desde este momento hasta el séptimo día la supervivencia es constante, pero a partir de este día, hasta el 12° se presentó una alta mortalidad, es el período crítico y la supervivencia disminuye al 20%. Esta época de la vida temprana la llamamos "Estadio larva". Después del día 12 la supervivencia es más o menos constante hasta la metamorfosis, momento en el cual la larva ha desarrollado la mayoría de los organos vitales y adquiere las características morfológicas y la conducta alimenticia de los adultos. Este período lo llamamos "Estadio post larva". A partir del día 17 empieza una época de crecimiento rápido, aquí la larva tiene aproximadamente 1.5 cm de longitud total y son pasados a los estanques de tierra donde a los 30 días alcanzan 5 ó 6 cm de longitud total.

Los resultados de los experimentos sobre las preferencias de tamaño de las larvas de bocachico, parecen indicar que esta especie es selectiva en el tamaño del alimento. Partículas menores de 115 micras de ancho dan una supervivencia muy pobre. Esto pudo ser debido a que las concentraciones en que se encontraron en los tanques fueron muy bajas. Las principales partículas de este tamaño fueron protozoarios y microalgas. Si comparamos las curvas 1 y 2 de la figura 2, con la curva 7 (condiciones de iniciación), vemos que de alguna manera estas partículas son utilizadas como alimento por las larvas. Probablemente sean consumidos inmediatamente después de que el vitelo se haya agotado, pero al no encontrar las larvas otro alimento de mayor tamaño, mueren. Los experimentos 5 y 6 de la figura 2, finalizaron debido a que las larvas fueron predadas por un copepodo ciclopoideo. Este copepodo fué el principal componente del zooplancton mayor de 230 micras, usado como alimento en esta investigación.

Partículas con rango de tamaño de 150-230 micras, detuvieron la mortalidad al décimo día, después de la eclosión y la mantuvo en 34% hasta el día 17, cuando finalizó el experimento. Las principales componentes del zooplancton con ese rango de tamaños fueron rotíferos, nauplius y copepoditos.

La harina de sangre de ganado se usó como alimento artificial debido a que es fácilmente obtenida en la región. Cuando se ofreció a las larvas, sola o mezclada en igual proporción con salvado de arroz, causó una drástica disminución del oxígeno disuelto en el tanque de cultivo, lo que pudo ser la causa de la alta mortalidad presentada en los experimentos 1 y 2 de la figura 3. La mezcla de 3 partes de salvado de arroz con una parte de harina de sangre de ganado, dió una supervivencia del 36%, 14 días después de la eclosión y la mantuvo igual hasta el día 17.

Cuando esta misma mezcla, batida y pasada por un tamiz de 230 micras se colocó en el tanque de cultivo, el primero o segundo día después de la eclosión, mantuvo la supervivencia

al 100% hasta el día 10 que luego disminuyó a 50% el día 16. Esta mezcla demostró ser un buen alimento para las larvas de bocachico debido a que se iba al fondo del tanque como un sedimento y allí las larvas la consumían en posición vertical. Esta misma mezcla ofrecida al 6° y 8° día después de la eclosión no mantuvo ninguna supervivencia al 13° día (curvas 4 y 5 de la figura 4), mientras que cuando se ofreció 4 días después de la eclosión mantuvo una supervivencia del 20% al 15° día. Según los resultados de estos experimentos, las larvas de bocachico tienen un "punto de no retorno", que parece ser a los 6 días después de la eclosión.

De acuerdo a la selección de tamaños de sus presas y por presentar un punto de no retorno, las larvas de bocachico tienen una estrategia de supervivencia similar a la de las larvas de los peces marinos pelágicos. El desove del bocachico ocurre en el cauce principal del río. Los huevos y larvas quedan a la deriva y son arrastrados por las corrientes. En este período transcurre el desarrollo embrionario (10 horas) y las primeras 24 horas de vida de la larva. Cuando la larva necesita alimentación externa ya está en la ciénaga, donde el alimento es abundante. Vemos que la población de bocachicos del río Sinú ha adaptado su conducta reproductiva a las condiciones hidrológicas del mismo, una alteración de estas condiciones pondrá en peligro a la especie. Con el conocimiento de estos aspectos de la vida temprana del bocachico, podremos proponer reglas de operación de los embalses, que se construirán en el Río Sinú.

Para efectos de producción masiva de alevines, el método utilizado en estos primeros experimentos, no es el más adecuado, ya que las condiciones ambientales en los tanques de cultivo son difíciles de mantener en laboratorio, lo que da una supervivencia y un crecimiento muy bajo. Para la producción masiva de alevines es mejor cultivar larvas en estanques en tierra fertilizados con abonos inorgánicos y orgánicos, quienes estimulan el crecimiento del alimento vivo de las larvas del bocachico.

Bibliografía

- Bayle, P.B., 1973. Studies on the migratory characin, *Prochilodus platensis* Holmberg, 1889 (Pisces, characoidei) in the River Pilcomayo, South America. J. Fish. Biol., 5: 25-40.
- Dahl, G., 1971. Los peces del Norte de Colombia. Publication of: INDERENA, Bogotá.
- Fontenele, O., 1953. Contribuição para o conhecimento de Biología da Curimatá pacú, *Prochilodus argenta* Spix en Spix y Agassiz (Pisces: Characidae, Prochilodinae). Rev. Bras. Biol., 13: 87-102.
- Gery, J., 1977. Characoids of the world. T.F.H. Publications Neptune City. New York, 672 pp.
- Godoy M.P., 1967. Dez años de observacoes sobre periodicidade migratoria de peixes Do Rio Mogi Gausso. Rev. Brasil. Biol., 27: 1-12.
- Leentvaar, 1982. Possible implications for the environment of the proposed Alto Sinú Hydroelectric project, Colombia. RIN

Contributions to research on conservation of Natural Resources, Arnhem, The Netherlands.

- Machado Allison, A., 1974. Etapas del desarrollo del pez *Piabucina pleurotaenia* Regan, 1903. (Characiformes: Lesbiansidae) Acta. Biol. Venez., 8 (3-4): 579-622.
- O'Connell, C.P. & Raymond, L.P., 1970. The effect of food density on survival and growth of early post yolk-sac larvae of the Northern Anchovy larvae (*Engraulis mordax* Girard) in the laboratory. J. exp. Mar. Biol. Ecol., 5: 187-197.
- Ramos, A., 1973. Crecimiento de Bocachico (*Prochilodus reticulatus* STEINDACHNER) en estanques, bajo condiciones de productividad natural. Centro experimental Piscícola, Universidad de Caldas. Informe técnico N° 1: 72-74.
- Solano, J.M. & Gonzales, A., 1981. Policultivo de peces en aguas continentales de Colombia. Congreso Latinoamericano de Acuicultura. Informe provisional I.F.S., Stockholm, Sweden.

CULTIVO EXPERIMENTAL DE TAMBAQUI, *COLOSSOMA MACROPOMUM* CUVIER 1818, USANDO 4 TIPOS DE DIETAS

THE USE OF FOUR DIFFERENT DIETS IN EXPERIMENTAL CULTURES OF TAMBAQUI, *Colossoma macropomum* CUVIER 1818

L. Herculano

Departemento de Oceanografía e Limnología da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Brasil.

Resumen

Este experimento tiene como objetivo el cultivo del tambaqui, *Colossoma macropomum*, Cuvier 1818, usando 4 tipos de dietas con diferentes niveles proteicos. Cada ración contenía vísceras de gallina en la proporción de 25%. El resto (75%) consistió de ingredientes que fueron distintos para cada dieta: (A) ración balanceada para pez (20% de proteína bruta); (B) harina de la parte verde de la mandioca (13%, de P.B.); (C) harina de sorgo (9,65% de P.B.) y (D) harina de algarrobo (12% de P.B.). Esta experiencia fue realizada en 4 estanques de cemento a la densidad de 2 peces/m², con un peso promedio inicial de 30.8 g. La alimentación fue ofrecida 6 veces a la semana a razón de 3% de la biomasa por día. El mayor resultado fue obtenido con la dieta A (peso final: 393.2 g; tasa de conversión: 3.0) seguido por la dieta B (peso final: 321.7 g; tasa de conversión: 3.2).

Summary

Tambaqui, *Colossoma macropomum* Cuvier 1818, were kept in concrete tanks and fed four different diets. Each test diet contained 25% chicken viscera, the remaining 75% being different ingredients as follows: A. a balanced fish diet (20% protein); B. freshly ground casave meal (13% protein); C. sorghum meal (9.65% protein); D. "Algarrobo" (Bredtree) meal (12% protein). Fish density was 2 fish/m², the initial weight being 30.8 g. The experiment lasted for 6 weeks and fish were fed 6 times a week at a rate of 3% of the total biomass per day.

The best results were obtained with diet A (final weight 393.2 g; feed conversion 3.0) followed by diet B (final weight 321.7 g; feed conversion 3.2).

Introducción

El tambaqui *Colossoma macropomum* (Cuvier 1818) es un Characidae nativo de los rios de la cuenca Amazonica. Sin embargo, se le ha introducido en otras partes de Latinoamérica y, en el Brasil, *C. macropomum* está introducido en la región nordeste del país. Se sabe poco sobre la biología de esta especie en su habitat natural. Honda (1974) estudió sus hábitos alimenticios, que son frutivoros. Se han realizado varios

ensayos de cultivo indicando su alto potencial para la acuicultura (Lovshin et al., 1974; Da Silva et al., 1978), u en monocultivos extensivos en estanques de tierra (Lovshin et al., 1974; Da Silva et al., 1978) o intensivos en jaulas flotantes (Merola, 1986).

El cultivo del tambaqui podria brindar una contribución importante a la situación socio-economica y nutricional de las poblaciones rurales en el Nordeste de Brasil. Los agricultores pobres del Nordeste solo disponen de productos vegetales para alimentar a los peces. En el presente estudio, se comparan diferentes dietas vegetales con un alimento balanceado para peces con el fin de encontrar un buen producto que pueda servir como alimento en el cultivo rural de *C. macropomum*.

Material y métodos

El estudio se realizó en la Estación de Acuicultura "Professor Sebastião Monte" en Jundiá, Macaíba, Rio Grande do Norte, Brasil entre diciembre 1985 y julio 1986. Se utilizaron 4 estanques de cemento, cada uno con 15 m² de superficie. Los estanques fueron sembrados con 30 alevines de *C. macropomum* (densidad: 2/m²) con un peso promedio de 30.5 g (siembra: 610 kg/ha).

Los cuatro tipos de dieta fueron: A. Ración balanceada para peces (20% de proteínas); B. Harina de la parte verde de mandioca (13% de proteínas); C. Harina de sorgo (9% de proteínas); D. Harina de algarrobo (12% de proteínas). Cada ración se complemento con visceras de gallina (25% del peso).

Durante todo el período, el suministro de alimento fue el 3% de la biomasa de los peces. Para el ajuste de la ración se hicieron muestreos mensuales, midiendo el peso en una balanza de plato (precisión 0.1 g). Los peces fueron alimentados dos veces al día durante 6 días a la semana.

La calidad del agua fue contralada regularmente (temperatura, pH y O₂) y semanalmente todos los estanques fueron secados y lavados para evitar la acumulación de materia orgánica.

Resultados y discusión

Crecimiento

Los resultados de los muestreos mensuales se presentan en la figura 1 y el cuadro 1. Se puede notar que el crecimiento de los peces fue similar durante los primeros 90 días del ensayo. Los peces alimentados con la ración balanceada, alcanzaron un peso final mayor (393.2 g) que los de las tres dietas vegetales (321.7, 268.0 y 287.4 g para dieta B, C y D respectivamente). Es obvio que esas diferencias fueron causadas por diferentes tasas de crecimiento entre los 90 y 180 días (cuadro 1). En los últimos 30 días del ensayo se dió una tasa de crecimiento mayor en los estanques con dieta vegetal que en el estanque con dieta A. No se ha encontrado una buena explicación para este hecho.

Cuadro 1. Crecimiento del tambaqui, *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818) alimentado con cuatro dietas experimentales¹. Los peces fueron alimentados dos veces por día, seis días por semana a razón de un 3%/biomasa/día. Los datos expresan las tasas de crecimiento específico (% peso corporal/día) calculado a través de los pesos mensuales medios.

Table 1. The growth of tambaqui, *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818) fed with 4 different test diets¹. Fishes were fed twice a day during 6 days a week at a feeding level of 3%/biomass/day. The data refer to the specific growth rates (% body weight/day) calculated from the monthly average weights.

Culture Period (days)	A Balanced fish diet (20% protein)	B Cassave meal (13% protein)	C Sorghum meal (9.65% protein)	D Bredtree meal (12% protein)
30	1.68	2.02	1.97	1.74
60	1.84	1.87	1.59	1.76
90	1.14	0.64	0.91	0.97
120	0.99	0.62	0.80	0.58
150	0.75	0.62	0.36	0.36
180	0.79	0.39	0.44	0.47
210	0.70	0.07	0.55	0.69
240	0.43	1.04	0.65	0.93

¹ Todas las dietas se suplementaron con un 25% de vísceras de pollo. All diets were supplemented with 25% chicken viscera.

Conversión

En el cuadro 2 se puede notar que no se encontró una diferencia significativa en los índices de conversión, que fluctuaron entre 3.0 (dieta A) y 3.8 (dieta C). Después de 405 días de cultivo en estanques de tierra, Lovshin *et al.* (1974) obtuvieron un índice de conversión de 3.1 para el mismo especie. Da Silva *et al.* (1978) obtuvieron después 13 meses de cultivo un peso final de 1.245 kg y un índice de conversión promedio de 3.07. Todos estos resultados no difieren mucho de los presentados aquí, aún considerando que el presente ensayo fue realizado en estanques de cemento donde la alimentación natural es muy escasa.

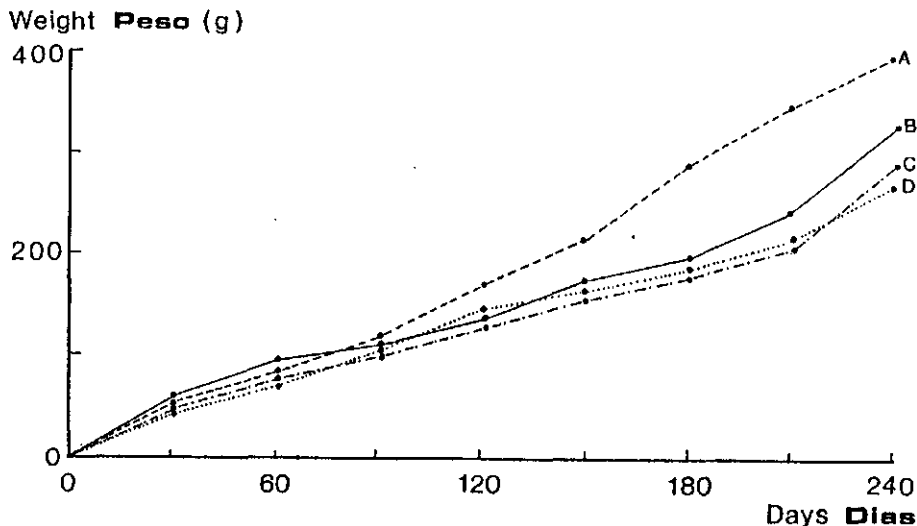


Figura 1. El crecimiento de *C. macropomum* alimentado con cuatro dietas experimentales todas conteniendo 25% de vísceras de pollo y 75% de ingredientes distintos. A = ración balanceada (20% proteínas); B = harina de mandioca (13% proteína); C = harina de sorgo (9.54% proteínas); D = harina de algarrobo (12% de proteínas).

Figure 1. The growth of *C. macropomum* fed with four experimental diets, all containing 25% chicken viscera, the remaining 75% being different. A = fish pellet (20% protein); B = cassave meal (13% protein); C = Sorghum meal (9.65% protein); D = breadtree meal (12% protein).

Análisis del agua

La concentración de oxígeno disuelto en el agua osciló entre 4.26 y 0.64 mg/l; el pH entre 7.3 y 5.3 y la temperatura entre 23.8 °C y 27.0 °C con un promedio de 24.0 °C. Estos datos se consideran como normales.

Cuadro 2. Tasas medias de conversión del alimento alcanzadas con las cuatro dietas experimentales para *C. macropomum*.

Table 2. Mean Food Conversion Ratios realized with 4 experimental diets for *C. macropomum*.

Diet	FCR
A. Fish pellet	3.0
B. Cassave meal	3.2
C. Sorghum meal	3.8
D. Bread tree meal	3.4

Conclusiones

La dieta balanceada dió el mayor resultado, posiblemente debido al mayor contenido proteico de la misma. En el presente estudio se nota una correlación positiva general entre el crecimiento de tambaqui y el contenido protéico de las dietas, indicando la poca calidad de las dietas utilizadas.

Por otro lado, el precio de los alimentos depende también del contenido proteico. Para el cultivo artesanal en zonas rurales, hay que buscar un balance entre el precio y la calidad del alimento. Considerando los índices de conversión y el crecimiento obtenido en el presente estudio, la dieta B se considera como aceptable para este tipo de cultivo.

Bibliografía

- Da Silva, A.B., Fernandes, J.A., Sobrinho, A.C. & Lovshin, L.L., 1974. Testes preliminares em viveiro com tambaqui, *Colossoma bidens*. Observações preliminares em viveiros com pirapitinga, *Mylossoma bidens*. Ministerio do Interior. SUDENE, Série Estudos de Pesca, 3, 17 pp.
- Ferrari, V.A., 1986. Monocultivo do tambaqui (*Colossoma macropomum*), determinação da carga máxima sustentável em diferentes intensidades de produção. In: IV Simpósio Brasileiro de Aquicultura. Cuiabá-MT, 2-7 fevereiro, 1986, p.23.
- Honda, E.M.S., 1974. Contribuição ao conhecimento da biologia de peixes do Amazonas - II - Alimentação do tambaqui, *Colossoma macropomum* (Spix). Acta Amazonica, 4 (2): 47-53.
- Lovshin, L.L., Silva, A.B. de, Fernandez, J.A. & Carneiro-Sobrinho, A., 1974. Preliminary pond culture test of pirapitinga (*Mylossoma bidens*) and tambaqui (*Colossoma bidens*) from the Amazon River basin. CARPAS/VI/74/FE24.
- Merola, N., 1986. Cultivo de tambaqui (*Colossoma macropomum*) em gaiola. In: IV Simpósio Brasileiro de Aquicultura. Cuiabá-MT, 2-7 fevereiro, 1986, p. 24.

EL EFECTO DEL CONTENIDO PROTEICO Y ENERGETICO EN LA ALIMENTACION ARTIFICIAL SOBRE EL CRECIMIENTO DE COLOSSOMA MACROPOMUM

THE EFFECT OF DIETARY PROTEIN AND ENERGY CONTENT ON THE GROWTH OF *Colossoma macropomum*

T. Luna

Departamento de Piscicultura y Oceanografía, Universidad Nacional Agraria "La Molina", Lima, Perú

Resumen

En el presente estudio se utilizaron 128 alevines de *Colossoma macropomum* de 1.85 g de peso medio, capturados en el río Ucayali (Iquitos) y trasladados a 16 tanques de cemento (2.5 m de ancho x 2.5 m de largo x 1 m de profundidad) situados en la Universidad Agraria "La Molina", Lima. Se diseñó una experiencia factorial con el fin de estudiar el efecto de dos niveles distintos de proteína total (17% y 31% PT) y de energía digestible (3300 y 3800 kcal/kg ED) sobre el crecimiento de los alevines. A los animales se les administraron cuatro dietas experimentales en forma de gránulos.

Los resultados no muestran interacción entre los niveles de proteína y de energía digestible; sin embargo el nivel de 31% de PT tuvo mejores efectos sobre el crecimiento de los alevines que el de 17% PT. Asimismo el nivel de 3800 kcal/kg ED fue más eficiente que el de 3300 kcal/kg ED. Las tasas de alimentación fluctuaron entre 6-12%, las conversiones alimenticias obtenidas fueron eficientes (1.15-1.22) y las tasas específicas de crecimiento fueron elevadas (0.91-4.76%/día).

Summary

128 *Colossoma macropomum* fry with an average weight of 1.85 g, were captured in the Ucayali river (Iquitos) and taken to the facilities of the Universidad Nacional Agraria "La Molina" (Lima). The fishes were distributed in 16 concrete tanks (2.5 m with x 2.5 m length x 1 m depth). By means of a factorial experiment the effects on fry growth of two protein levels (17% and 31% TP) and two levels of digestible energy (3,300 and 3,800 kcal/kg DE), administered as granulated food, were evaluated. The feeding rates used fluctuated between 6 to 12%.

The results do not indicate interaction between protein and digestible energy levels; however, the 31% TP level led to better growth than the 17% TP level, and the 3,800 kcal/kg DE level proved to be more efficient than the 3,300 kcal/kg DE level. The food conversion values obtained were good, (1.5-1.2) and the specific growth rates were high (0.9-4.76%/day).

Introducción

La necesidad de buscar alternativas nuevas para la producción de alimentos, sobre todo en países en vías de desarrollo, ha llevado a crear tecnologías de cultivo de ciertos peces nativos como el *Colossoma macropomum* ("gamitana"), que ha mostrado grandes ventajas para el cultivo en ambientes artificiales y puede constituirse en una fuente importante de producción de proteína animal.

Existen numerosos trabajos sobre aspectos relacionados con la biología, la ecología, la reproducción artificial, y el cultivo de esta especie, en Brasil, Venezuela, Colombia, Panamá y Perú. Sin embargo uno de los aspectos menos estudiados concierne a los requerimientos nutricionales de esta especie.

De las experiencias realizadas sobre el cultivo de esta especie, muy pocas han puesto énfasis en la composición de los alimentos utilizados, empleándose principalmente alimentos comerciales preparados para otras especies. Por ejemplo concentrado para pollos 15-17% PT, concentrado para conejos 16% PT, concentrado para peces (bagre del canal, 25% PT) y otros (hasta un contenido proteico de 27% PT).

El presente experimento inicia una serie de experiencias relacionadas con la nutrición del *C. macropomum* y trata de evaluar niveles proteicos y energéticos en raciones, especialmente formuladas para este fin y que incluyen en su composición ingredientes regionales disponibles. Además con estas experiencias se intenta ampliar las experiencias realizadas sobre este tema (Saint Paul & Werder, 1981; Da Silva et al., 1974; Saint Paul, 1983; Da Silva et al., 1978).

Material y métodos

En el presente experimento se evalúa el efecto sobre el crecimiento de alevines de *C. macropomum*, de 2 niveles de proteína (17% y 31% PT) y 2 niveles de Energía Digestible (3300 kcal/kg y 3800 kcal/kg de alimento).

Material

Se utilizaron 128 alevines de *Colossoma macropomum* (peso promedio: 1.85 g), capturados en los ríos Supay y Ucayali (Perú), y transportados a las instalaciones del Dpto de Piscicultura y Oceanología de la Universidad Nacional Agraria "La Molina" en Lima, Perú. El experimento fue llevado a cabo en 16 estanques de cemento con una superficie de 6.25 m² (2.5 x 2.5 m) y una profundidad de 1 m.

Las 4 dietas experimentales preparadas en forma de gránulos contenían ciertos ingredientes disponibles en Selva Alta, región con potencial para el cultivo de esta especie. Entre ellos podemos citar harina de yuca, polvillo de arroz y harina de maíz amarillo. Adicionalmente las dietas contenían harina de pescado, aceite hidrogenado de pescado, bentonita y sal común. La composición proximal de las dietas experimentales está reproducido en el cuadro 1.

La composición de las dietas se determinó de acuerdo a la metodología siguiente: proteína por el método Kjeldahl

(N x 6.25), grasa por el método soxhlet, ceniza por incineración a 600°C, y fibra cruda por eliminación de carbohidratos solubles y luego cenizas de la muestra. El contenido de nifex (nitrogen free extract) fue calculado por diferencia entre el total y la suma de ceniza, fibra cruda, grasa y proteína (en peso seco). El contenido de humedad fue medido por secado a 100°C durante 6 horas.

Procedamiento experimental

El efecto del nivel de proteína y energía sobre el crecimiento de *C. macropomum* fue estudiado en un experimento factorial de 2x2 tratamientos con 4 repeticiones por cada tratamiento. Los cuatro tratamientos fueron:

T-1: 17% proteína, 3300 kcal/kg de alimento

T-2: 31% proteína, 3300 kcal/kg de alimento

T-3: 17% proteína, 3800 kcal/kg de alimento

T-4: 31% proteína, 3800 kcal/kg de alimento

El alimento fue distribuido dos veces al día (9 a.m. y 4 p.m.), 6 días a la semana, reajustándose la cantidad de alimento después de cada muestreo de acuerdo con el peso corporal y con el consumo observado.

La tasa de alimentación fue 12%, 8%, 8% y 6% del peso corporal durante cuatro periodos consecutivos de 15 días del experimento. El tiempo total de la experimentación fue de 60 días, entre Marzo y Mayo 1986.

El crecimiento se controló cada 15 días a través del peso individual de toda la población experimental. La temperatura se controló diariamente, mientras que otros factores como el oxígeno, pH, SBV, CO₂, se midieron una vez a la semana en la madrugada (5 a.m.).

Cuadro 1. Composición de las dietas experimentales
Table 1. Proximal composition of the four test diets

Nutrient	T-1	T-2	T-3	T-4
Protein (%)	17.00	31.00	17.00	31.00
Digestible Energy (kcal/kg)	33.01	33.01	38.36	38.36
Humidity (%)	8.74	9.29	9.23	8.72
Fat (%)	5.02	9.18	14.19	17.17
Fibres (%)	5.45	6.76	6.96	6.23
Ash (%)	9.27	13.95	9.04	13.17
N.F.E.* (%)	52.76	28.61	43.28	24.10

* Nitrogen Free Extract

Análisis estadístico

A partir de los muestreos quincenales se calculó la tasa de crecimiento específico:

$$\alpha = \left(\frac{\ln W_t - \ln W_0}{t} \right) \times 100,$$

y la tasa de conversión del alimento. El efecto de los tratamientos fue analizado por un análisis de varianza según el modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + P_i + E_j + e_{ijk}$$

en que: Y_{ijk} = crecimiento ó peso final

μ = nivel

P_i = nivel proteico

E_j = nivel energetico

e_{ijk} = error experimental

El análisis de varianza se realizó para el caso en que los factores principales (proteína y energía) no interaccionen.

Resultados y discusión

Factores ambientales

La temperatura osciló entre un mínimo promedio de 22.7°C (\pm 0.3°C) y un máximo promedio de 29.7°C (\pm 2.4°C), lo que se puede considerar como temperaturas normales para esta especie, que a los 16-17°C deja de comer y a los 12°C muere.

Los otros factores tampoco presentaron variaciones importantes, considerándose adecuados: O₂ : 6-10.8 mg/l; alcalinidad: 0.9-3.2 °SBV; pH : 6.8-7.0.

Crecimiento

En el cuadro 2, se observa la evolución del crecimiento individual de los alevines, tomando el promedio de las 4 repeticiones.

El Análisis de Varianza de los pesos finales (Calzada, 1974) manifiesta diferencias altamente significativas para los efectos principales: Proteína y Energía. Este análisis indica que independientemente uno del otro, el nivel de 31% PT tuvo mejores efectos sobre el crecimiento que 17% PT y el nivel de 3800 kcal/kg ED fue más eficiente que el de 3300 kcal/kg ED. No se ha detectado interacción entre Proteína y Energía, por lo que al combinarse los diferentes niveles no se puede afirmar si los resultados son mejores o peores.

Las tasas específicas de crecimiento son mayores a las descritas por Saint Paul & Werder (1981), quienes indican valores entre 0.2-0.9%/día, para alevines con un peso inicial de 3-4 g.

Alimentación

Las dietas experimentales fueron bien consumidas, observándose un consumo más rápido en la ración de la tarde cuando se registraron las temperaturas más altas del día. Del mismo modo se observó mayor avidez por consumir las raciones que contenían aceite hidrogenado de pescado (T-3 y T-4).

Cuadro 2. Peso promedio (\bar{w}) y tasa de crecimiento específico (α) de *C. macropomum* alimentado con cuatro tipos de dietas. T-1 y T-3 contenían un 17% de proteína, T-2 y T-4 el 31%. El contenido energético fue de 3300 kcal/kg de alimento (T-1 y T-2) y 3836 kcal/kg de alimento (T-3 y T-4).

Table 2. The average weight (\bar{w}) and specific growth rate (α) of *C. macropomum*, fed with four different types of feed. T-1 and T-3 contained 17% protein; T-2 and T-4 31% protein. The energy content was 3300 kcal/kg of feed (T-1 and T-2) or 3836 kcal/kg of feed (T-3 and T-4).

Culture Day	\bar{w} (g)	α (%BW/d)	\bar{w} (g)	α (%BW/d)	\bar{w} (g)	α (%BW/d)	\bar{w} (g)	α (%BW/d)
1	1.85	-	1.85	-	1.85	-	1.85	-
15	5.86	3.34	6.78	3.76	7.42	4.02	9.58	4.76
30	11.01	1.83	13.14	1.92	14.46	1.93	18.53	1.90
45	15.94	1.07	22.19	1.52	23.80	1.44	33.67	1.73
60	23.75	1.15	32.77	1.13	34.30	1.06	46.08	0.91

Cuadro 3. Tasas de conversión obtenidas en los distintos intervalos del cultivo de *C. macropomum* alimentado con cuatro tipos de dietas.

Table 3. The food conversion ratios obtained during the different intervals in the culture of *C. macropomum*, fed with four types of feed

Culture day	T-1	T-2	T-3	T-4
1	-	-	-	-
15	0.65	0.59	0.54	0.38
30	1.10	1.03	1.01	1.03
45	1.72	1.39	1.60	1.32
60	1.39	1.58	1.71	2.02
Mean	1.21	1.15	1.22	1.19

Las tasas de alimentación fueron bastante elevadas si las comparamos con otros estudios: 5% (Romero, 1980), 3.3% (Saint Paul & Werder, 1981), indicando un alto consumo del alimento suministrado.

Las conversiones alimenticias inferiores a 1, obtenidas en los primeros 15 días, se atribuyen al alto contenido de humedad de los alevines en relación con el alimento concentrado proporcionado (Cedillo, 1979), por otro lado puede haber existido consumo de alimento natural presente en los ambientes experimentales. Las conversiones alimenticias promedio de los tratamientos T-2 y T-4 fueron las mejores, aunque todos los tratamientos fueron más eficientes que los citados por Da Silva et al., (1974): 3.5:1; Nuñez & Salaya, (1983): 2.8-3.6:1 y Saint Paul & Werder, (1981): 2.3-13.6:1 entre otros.

Conclusiones

- La harina de yuca, polvillo de arroz y harina de maíz amarillo son fácilmente utilizables en la elaboración de alimentos concentrados y no afectan la textura del gránulo.
- El consumo del alimento es influenciado por la temperatura y la palatabilidad del mismo (inclusión de aceite hidrogenado de pescado); mientras que la flotabilidad del gránulo no tiene un efecto determinante.
- Los alevines presentan un elevado consumo de alimento entre 6-12% de su peso corporal y la eficiencia de conversión del alimento es alta en todos los tratamientos.
- El nivel de 31% de Proteína Total ha tenido mejores resultados sobre el crecimiento de los alevines que el de 17% PT. Del mismo modo el nivel de 3800 kcal/kg de Energía Digestible demostró mayor eficiencia que el de 3300 kcal/kg ED; no presentándose interacción entre ambos factores.

Bibliografía

- Calzada Benza, J., 1974. Métodos Estadísticos para la Investigación. Lima, Perú. pp. 286-429.
- Cedillo Siu, R., 1979. Evaluación de 4 Tipos de Harinas de Pescado Comerciales en la Alimentación de Alevines de Trucha Arco iris. Tesis U.N.A. La Molina, Lima, Perú. 66 p.
- Da Silva, A.B., Lovshin, L.L., Fernandez, J.A. & Carneiro-Sobrinho, A., 1974. Ensayo Preliminar de Cultivo en Estanques de Pirapitinga (*Milossoma bidens*) y del Tambaqui (*Colossoma bidens*) de la Cuenca del río Amazonas. Actas del 2do. Simposio de Montevideo. FAO, Informes de Pesca No 159, Vol. 1: 185-193.
- Da Silva, S.B., Carneiro-Sobrinho, A. & Resende Melo, F., 1978. Mono e policultivo do Tambaqui *Colossoma macropomum* Cuvier, 1818, e da pirapitinga, *Colossoma bidens* Spix, 1829, como híbrido macho das Tilapias *Sarotherodon niloticus* (♀♀) Linnaeus e *Sarotherodon hornorum* (♂♂) Trewavas. 2do. Simposium de la Asociación Latinoamericana de Acuicultura, Mexico. 16 p. *Shawclan*
- Núñez, J.M. & Salaya, J.J., 1983. Cultivo de Cachama, *Colossoma macropomum*, Cuvier 1818, en Jaulas flotantes no rígidas en la Represa de Guanapito, Estado Guárico, Venezuela. V Simposio de la Asociación Latinoamericana de Acuicultura. Valdivia, Chile.
- Romero, C.O., 1980. Crecimiento de Larvas y Juveniles de Cachama *Colossoma macropomum* en diversas condiciones experimentales. Estación Experimental de Guanapito. Dirección General de Piscicultura, MAC, Caracas, Venezuela. Mimeografiado.
- Saint Paul, V. & Werder, V., 1981. The potential of some Amazonian fishes for warm water aquaculture. Proc. World Symp. on Aquaculture in Heated Effluents and Recirculation Systems. Heenemann & Co, Berlin. Vol. II : 275-287.
- Saint Paul, V., 1983. Ecological and Physiological investigations of *Colossoma macropomum*: a new species for fish culture in Amazonia. V Simposio de la Asociación Latinoamericana de Acuicultura. Valdivia, Chile. 20 p.

EVALUACION DE EXTRACTOS ALIMENTICIOS COLORANTES SOBRE EL MUSCULO DE LA TRUCHA ARCO IRIS *SALMO GAIRDNERI* R.

THE EVALUATION OF PIGMENTED FEED INGREDIENTS ON THE MEAT QUALITY OF RAINBOW TROUT (*Salmo gairdneri* R.)

V. Venturi y L. Luna

Departemento de Piscicultura y Oceanología, Facultad de Pesquería, Universidad Nacional Agraria, Apartado 456, La Molina, Lima, Perú.

Resumen

Se analizaron los efectos de tres extractos colorantes dietos: harina de cabeza de langostino (*Penaeus vannamei*), "Muy-muy" (*Emerita analoga*) y Margarita (*Tagetes erecta*), sobre el músculo de trucha arco iris de aproximadamente 16 meses de edad (rango: 195-214 g). Se diseñaron tres raciones pigmentantes y un testigo, evaluando dos niveles de pigmentos carotenoides en las raciones alimenticias (0.96 y 1.14 mg de carotenoides) (para el testigo 0.37 mg), en 2 períodos consecutivos de 16 semanas (primer nivel de pigmentos) y 15 semanas (segundo nivel de pigmentos).

De acuerdo a los resultados obtenidos en la coloración del músculo, las truchas del tratamiento con cabezas de langostino presentaban una coloración entre rosada y anaranjado-rojiza mientras que las del tratamiento con "Muy-muy" mostraron una coloración entre rosada y naranja-amarillo intenso. En los especímenes del tratamiento con Margarita, el color era entre de amarillento y blanco grisáceo con variaciones en la intensidad. El testigo presentó que iba entre la coloración una ligeramente amarilla poco perceptible y blancogrisacea.

Las concentraciones de pigmentos carotenoides del músculo de las truchas revelaron diferencias altamente significativas por efecto de los tratamientos, siendo el tratamiento con cabeza de langostino significativamente superior a los demás tratamientos.

Las pruebas de evaluación organoléptica demostraron que las truchas del tratamiento con cabeza de langostino fueron superiores a las de los demás tratamientos en cuanto a textura, color y sabor.

Summary

The effect of three pigmented feed ingredients on the meat quality of adult rainbow trout, *Salmo gairdneri*, weighing 196-215 g was studied. The ingredients were: shrimp (*Penaeus vannamei*) head meal, sand crab (*Emerita analoga*) meal, and marigold (*Tagetes erecta*) extract.

The tests were carried out during two consecutive periods of 16 resp. 15 weeks in which the carotenoid content of the test diets amounted to 0.95 resp. 1.14 mg/kg. Organoleptic tests proved the shrimp head meal to be superior to the other

test diets, including the reference diet, with respect to texture, colour and flavour.

Introducción

La cría de truchas constituye actualmente una de las principales actividades de gran importancia económica en el Perú. Sin embargo, existen problemas de alimentación en los diferentes estadios de crecimiento, principalmente en lo que se refiere a la utilización de los ingredientes. Dentro de éstos, se ha creído conveniente investigar el uso de ciertos productos que por su riqueza en pigmentos carotenoides, pueden inducir el color asalmonado (rosado o anaranjado) en el músculo de las truchas de granja. La utilización de estos ingredientes, aparte de ofrecer un óptimo crecimiento al pez, tiene como finalidad el mejorar sus cualidades gastronómicas.

Diferentes carotenoides sintéticamente preparados, han sido utilizados con el fin de inducir la pigmentación en las truchas (Brinchmann, 1967). Dentro de los ingredientes pigmentantes naturales podemos citar al camarón, langostinos, cangrejos, harina de cangrejo, pimentón y ciertas plantas. Los carotenoides en los productos naturales son variables, de aquí que el grado y forma de pigmentación puede cambiar según el recurso y el lote de individuos utilizados.

Lee et al., (1978) encontraron que la trucha (*Salmo gairdneri*) alimentada durante 8 semanas con dietas que contenían un 10% de extractos florales de Margarita (*Tagetes erecta*) o de calabaza (*Cucurbita maxima marica*), presentaba un mayor contenido de carotenoides que el de los controles. El color de la carne de la trucha alimentada con Margaritas fue de dorado-amarillo, en cambio la de los peces que fueron alimentados con flores de calabaza fue incolora, semejante a la de los controles.

El uso de ciertos crustáceos (p. ej. langostino), como componentes dietéticos en las raciones de salmónidos, podrían ofrecer la pigmentación deseada a los salmónidos de los criaderos (Spinelli et al., 1974; Spinelli, 1979).

No es posible afirmar cuanto desperdicio de langostino podría ser aprovechado, pero lo cierto es que actualmente constituye un 5-15% de las dietas artificiales formuladas para truchas de estanques (Brinchmann, 1967).

Saito & Regier (1971) indican que niveles más altos de 20% de desperdicio de langostino deben ser descartados por dar a la carne una apariencia artificial. En estudios con salmones "coho" y "chinook" fue demostrado que niveles menores de 5% produjeron muy poca pigmentación, mientras que arriba del 40% fue impráctico desde el punto de vista nutricional y de manufacturación.

En el presente trabajo se han evaluado tres insumos pigmentantes: (a) Harina de cabeza de langostino *Penaeus vannamei* (b) Harina de "Muy-muy" *Emerita analoga* (c) Harina de Margarita *Tagetes erecta*. Para cada uno de estos extractos colorantes se han evaluado dos niveles de pigmentos en las dietas para truchas.

Material y métodos

El presente trabajo de investigación se realizó en la Estación Pesquera de Ancash, situada en la ciudad de Huaraz (altura: 3050 metros sobre nivel del mar). La experiencia se llevó a cabo en dos partes: la primera, se desarrolló en 10 semanas (Primer nivel de pigmentos) y la segunda en 15 semanas (segundo nivel de pigmentos).

Peces y facilidades

Se trabajó con 884 truchas "arco iris" *Salmo gairdneri* R. adultas de aproximadamente 16 meses de edad (peso: 196 a 215 g).

Se utilizaron dos tanques de cemento de 12.7 y 13.5 m³ respectivamente (tamaños respectivos: 13.3 x 1 x 0.9 m y 12.5 x 1.5 x 0.7 m), dotados de entradas individuales de agua. En cada una de los tanques se colocaron rejillas metálicas, con el fin de subdividirlos en 5 o 4 unidades experimentales, con un volumen de agua aproximado de 2.23 m³ cada una. En las unidades experimentales se ensayaron 3 tratamientos con 2 repeticiones cada uno y un testigo sin repetición.

El estudio se planificó en base a una carga fija de 5 kg/m³ de truchas, variando el número de individuos por unidad experimental por diferencias unitarias de talla y peso.

El caudal de renovación de agua en los tanques se mantuvo en 1 l/kg/min, haciendo la corrección semanalmente de acuerdo a los pesos obtenidos en cada control y muestreo.

Dietas experimentales

La concentración de los pigmentos carotenoides en los extractos colorantes, fueron determinados por el método de la A.O.A.C. para Carotenos y Xantófilas en materiales vegetales secos y alimentos mezclados.

Las concentraciones de estos pigmentos se aprecia en el cuadro 1.

Cuadro 1. Concentración media de los pigmentos carotenoides determinados por cromatografía en los ingredientes utilizados en las dietas. Los valores extremos estuvieron dentro del 2% de variación de la media.

Table 1. Average concentration of carotenoid pigment in the feed ingredients. (The concentration was determined chromatographically. Extreme values were within a 2% range of the mean).

Material	Humidity (%)	Carotenoid pigments (mg/kg material)
Prawn head meal	6.84	38.97
Sand crab meal	6.51	50.22
Marigold meal	7.95	4961.16
Homing feed	9.80	7.59
Mais powder	-	20.00

La formulación de las dietas experimentales está basada sobre una dieta testigo en la que algunos ingredientes (harina de pescado; subproductos de arroz y trigo) fueron substituidos por el extracto colorante (Cuadro 2). Esto se hizo con el fin de obtener varias dietas experimentales que presenten igual contenido de pigmentos y de principios inmediatos (Cuadro 3).

Para la determinación de las dosis de pigmentos carotenoides de las raciones en la primera y segunda parte del trabajo, se tomó a la harina de cabezas de langostinos como extracto básico por su menor concentración, considerando el porcentaje con que contribuye en las raciones.

Para la protección de los ingredientes pigmentantes se utilizó el antioxidante Santoquín a una concentración del 0.02%.

Las dietas fueron granuladas con un tamaño de grano de 5/32 pulgados o 7/32 pulgados de acuerdo al aumento de tamaño de los peces. La tasa de alimentación fue 0.9 y 1% de la biomasa/día, tomando en cuenta el tamaño de los peces y la temperatura constante (10-11°C) del agua.

Analises

Cada semana se pesaron y midieron los animales de todos los grupos. El oxígeno disuelto en el agua y sus reservas alcalinas (SBV) también fueron determinadas con esta periodicidad. Cada 15 días se midió el pH del agua tomándose al mismo tiempo una muestra al azar del 10% de la población de cada unidad experimental para determinar la coloración del músculo. La temperatura del agua se midió 3 veces por día.

Los análisis de la composición química del músculo de las truchas se realizaron dos veces: uno al inicio del experimento y el otro al final del trabajo. Se determinaron humedad, proteína cruda (Método Semi-micro Kjeldahl), grasa total (Método Soxhlet), cenizas (calcinación en mufla a 600°C por 4 horas) y los carbohidratos por la diferencia respecto de 100 de la suma de los otros componentes.

La determinación de pigmentos carotenoides totales en la carne de trucha, se realizó por el Método de Saito & Regier (1970), al iniciar el experimento en el músculo testigo, y el siguiente al finalizar el experimento en los diferentes tratamientos.

La evaluación organoléptica se hizo tanto en el producto al estado fresco como cocido. El objetivo de las pruebas fue determinar el grado de aceptabilidad y preferencia de la carne de trucha. Un grupo de 15-20 personas no especializados estuvieron a cargo de apreciar el color, textura y sabor de las diferentes muestras ofrecidas.

Resultados y discusión

Las características fisico-químicas del agua denotaron en términos generales condiciones apropiadas para un buen crecimiento de las truchas (temperatura 10°C-11°C; oxígeno disuelto > 9 mg/l; reservas alcalinas (SBV): 2.25; pH: 7.6-8.2).

Cuadro 2. Composición de los ingredientes en las dietas usadas: (%)

Table 2. Composition of ingredients in the test diets (%)

Ingredients	Control diet	Prawn head diet (PHD)		Sand crab diet (MMD)		Marigold diet	
		Period		Period		Period	
		1st	2nd	1st	2nd	1st	2nd
Fish meal	60.0	51.0	47.5	53.8	50.5	60.0	60.0
Fish oil	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
Mais powder	16.0	16.0	16.0	16.0	16.0	16.0	16.0
Homing feed	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0
Rice waste	4.0	2.0	-	2.0	-	2.9	2.8
Wheat waste	5.0	1.0	1.5	2.0	2.3	5.0	5.0
Molasses	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	6.0	6.0
Mineral mix	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Vitamin mix ¹	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Prawn head meal	-	15.0	20.0	-	-	-	-
Sand crab meal	-	-	-	11.2	16.2	-	-
Marigold meal	-	-	-	-	-	0.1	0.2

¹ Composition of vitamin-mix (g/kg mix): Thiamine: 23.2 g; Riboflavine: 38.2 g; Piridoxine: 14.2 g; Folic acid: 12.1 g; Ascorbic acid: 245 g; calciumpentolenate: 75.4 g; biotine: 2.3 g; nicotin acid: 210 g; vit. A: 1.5 g; vit. E: 77 g; vit. K: 160 g

Cuadro 3. Principios inmediatos de las dietas usadas (%)

Table 3. Proximate analysis of the test diets (%)

Parameter	Control Diet	Prawn head diet		Sand crab diet		Marigold diet	
		Period		Period		Period	
		1st	2nd	1st	2nd	1st	2nd
Humidity	6.9	6.8	7.0	6.8	7.0	6.8	6.9
Protein	40.8	41.0	40.9	40.8	40.8	40.8	40.8
Fat	8.5	8.9	9.0	9.0	8.8	8.4	8.5
Ash	11.9	13.7	13.8	13.3	13.5	11.8	11.8
Fibres	2.5	3.6	3.5	3.2	3.3	2.5	2.5
Carbohydrates	29.0	26.1	25.9	26.9	26.6	29.7	29.6
M.E. (Kcal/kg) ¹	2735.8	2728.5	2726.8	2741.9	2724.7	2734.1	2741.9
Carotenoids (mg)	0.37	0.95	1.14	0.95	1.14	0.95	1.14

¹ calculated on the basis of: 3.9 kcal/g proteins; 8 kcal/g fat; 16 kcal/g carbohydrates (Phillips, 1969)

Crecimiento y composición del crecimiento

El crecimiento promedio y la tasa de conversión del alimento se muestra en el cuadro 4.

Cuadro 4. Crecimiento (g) y tasa de conversión del alimento (FCR) en los diferentes grupos experimentales.

Table 4. Growth (g) and food conversion ratios (FCR) obtained in the different treatments

Diet	First period		Second period	
	Growth (g)	FCR	Growth (g)	FCR
Control	160	1.4	194	1.7
Prawn head	202	1.3	215	1.2
Sand crab	180	1.4	220	1.3
Marigold	169	1.4	203	1.3

Estos resultados muestran una influencia positiva de los extractos colorantes sobre el crecimiento y la conversión alimenticia de las truchas, especialmente durante el segundo período.

En cuanto a la composición de los peces, se dieron diferencias muy marcadas con respecto al contenido de carbohidratos. En la primera parte, la dieta Margarita indujo un contenido de carbohidratos en los peces del 10.5%, mientras la dieta "Muy-muy" dió solamente 2.1% de carbohidratos después de la segunda parte. El contenido de grasa osciló entre 19.6% (Margarita, primera parte) y 26.4% ("Muy-muy", primera parte). Las diferencias en cuanto al contenido de proteínas y cenizas no fueron significativos.

Coloración externa

Las truchas mostraron un excelente aspecto, cuando se utilizó harina de cabezas de langostino y "Muy-muy". Con los primeros, se presentaron una coloración asalmonada en todo el cuerpo y con los segundos una coloración lila muy intensa en la línea lateral, opérculos y aletas. Con la dieta "Margarita", se observó la misma coloración en la línea lateral, pero menos intensa. En algunos ejemplares se presentó una coloración amarillenta en las aletas o puntuaciones amarillas en el abdomen. La dieta testigo mostraba algunas truchas de color rosado en la línea lateral y en otras el color fue plateado.

Coloración interna

Respecto a la coloración del músculo, las truchas de la dieta "Cabezas de langostino", presentaban una coloración rosada o anaranjada rojizo, mientras que las de la dieta "Muy-muy" mostraron una coloración rosada o anaranjada-ama-

rilla intenso. En los especímenes de los tratamientos "Margarita", el color fue desde amarillento al blanco grisáceo, con variaciones en la intensidad. El testigo presentó una coloración ligeramente amarilla poco perceptible y blanca grisácea.

Concentración de pigmentos

En el Cuadro 5, se observa que en la primera y segunda parte experimental, existe una gran diferencia entre los tratamientos, en cuanto al efecto de la fijación del pigmento en el músculo de las truchas. La mayor concentración de pigmentos, se observó en las truchas del tratamiento con cabezas de langostinos (598.3 μg carot/100 g de carne) y la menor concentración al tratamiento con Margarita (84.0 μg carot./100 g de carne).

Cuadro 5. Efecto de distintas dietas sobre el contenido de carotenos del músculo de trucha. Los datos corresponden a valores medios de 5-6 peces y todos ellos están expresados en $\mu\text{g}/100$ g de músculo.

Table 5. The effect of different test diets on the carotenoid content of the muscle tissue of trout. The data presented are averages of the replicate means, which were based on the analysis of 5 to 6 fishes per replicate. All data are expressed as $\mu\text{g}/100$ g muscle tissue

Diet	First period	Second period
Initial concentr.	81.0	84.1
Control	96.3	88.6
Prawn head	368.8	434.6
Sand crab	252.0	229.2
Marigold	177.5	150.4

El análisis de la varianza y las comparaciones múltiples de Duncan, revelaron diferencias altamente significativas en las concentraciones de los carotenoides en el músculo por efecto de los tratamientos, siendo el tratamiento con cabezas de langostino superior a la de los demás tratamientos.

En la coloración del músculo se observó que los colores obtenidos fueron rosado, anaranjado rojo y amarillo, presentando además distintas tonalidades. El color rojo y anaranjado, se debe principalmente a los pigmentos astaxantina y cantaxantina, (Torrissen & Braekkan, 1979). Diferentes estudios han mostrado que el color amarillo se debe principalmente a la luteína y zeaxantina. En efecto, Lee et al., (1978), mostraron que truchas arco iris, alimentadas con un 10% de extracto de pigmento de *Tagetes erecta*, obtuvieron una carne dorada y amarilla, donde los pigmentos predominantes fueron la luteína y zeaxantina. Kuo et al., (1976) indican que la luteína es depositada sin modificaciones en la trucha arco iris.

Los resultados obtenidos nos permiten afirmar que la harina de cabezas de langostino es rica en astaxantina, aunque no se podría decir lo mismo de la del "Muy-muy". Hay que destacar que antes del procesado de este extracto a harina, un 80-85% de las hembras de "Muy-muy" estaban ovadas. Estos hechos nos permitirían suponer que el pigmento mayoritario de este producto podría estar constituido por la aloxantina. De todas maneras, queda todavía por averiguar si la trucha es capaz de retener la aloxantina en sus tejidos.

Otro de los hechos que pudimos constatar es que exista una relación aproximadamente lineal entre el peso medio de los peces y la concentración de los pigmentos carotenoides en el músculo, de tal forma que los peces de mayor tamaño presentaron una mayor cantidad de este pigmento. Resultados similares fueron obtenidos por Spinelli (1979).

Finalmente las pruebas de evaluación organoléptica (aceptabilidad y preferencia) demostraron que las truchas con la dieta "Cabezas de langostino" fueron superiores a las de los demás tratamientos, en cuanto a textura, color y sabor.

Bibliografía

- Brinchmann, H.J., 1967. Pigmentation of pond reared fish. Techn. Univ. of Norway, Inst. of Techn. Biochem. Trondheim, Norway, 38 pp.
- Kuo, H.C., Kamata, T. & Simpson, K.L., 1976. Red crab processing waste as a carotenoid source for rainbow trout. *Alimentaria*, 15: 47-51.
- Phillips, A.M., 1969. Nutrition, digestion, and energy utilization. In: W.S. Hoar & D.J. Randall, *Fish Physiology*, Vol. 1. Excretion, Ionic regulation and Metabolism. pp. 391-432.
- Saito, A. & Regier, L.W., 1970. Determination of total carotenoid pigments in trout and salmon. *News Serv. Circ.*, No 36, Halifax, Nova Scotia, 2 pp.
- Saito, A. & Regier, L.W., 1971. Pigmentation of brook trout (*Salvelinus fontinalis*) by feeding dried crustacean wastes. *J. Fish Res. Board Can.*, 28: 509-512.
- Spinelli, J., 1979. Preparation of salmonid diets containing zooplankton and their effect on organoleptic properties of pen-reared salmonids. In: J.E. Halver & K. Tiews, *Finfish Nutrition and Fishfeed Technology*, Heenemann GmbH & Co, Berlin, 2: 383-392.
- Spinelli, J., Lehman, L. & Wieg, D.H., 1974. Composition, processing and utilization of red crab (*Pleuronectes planipes*) as an aquacultural ingredient. *J. Fish. Res. Board Can.*, 31: 1025-1029.
- Torrissen, O. & Breakkan, O.R., 1979. The utilization of astaxanthin-forms by rainbow trouts (*Salmo gairdneri*). In: J.E. Halver & K. Tiews, *Finfish Nutrition and Fishfeed Technology*, Heenemann GmbH & Co, Berlin, 2: 377-382.

3. Sistemas de producción, manejo y control ambiental /
Husbandry, management and environmental control

EVALUACION DEL PEJERREY (*BASILICHTHYS BONARIENSIS*) PARA EL CULTIVO EN ESTANQUES

THE SUITABILITY OF PEJERREY (*Basilichtys bonariensis*) FOR POND FISH CULTURE

J. Reartes

Estación de Piscicultura del Lago San Roque, C.C. 36, 5152 Villa Carlos Paz, Argentina

Resumen

Con el fin de determinar las perspectivas acuicolas del pejerrey (*Basilichthys bonariensis*), se analizó el crecimiento, el rendimiento en biomasa, la alimentación y la evolución de la madurez de las gonadas de pejerreyes criados en estanques de cemento. Si bien las experiencias se llevaron a cabo en verano (temperatura del agua: 18-30°C), se adjuntan también resultados de ensayos de invierno (temperatura del agua: 8.3-15°C). Los estanques se abonaron con estiercol vacuno fresco con una tasa de aplicación entre 889 y 1778 kg/ha por semana.

El zooplancton está presente como principal componente en más del 90% de los tubos digestivos analizados. En general en las experiencias de verano los coeficientes de regresión "b" de las ecuaciones de longitud-peso, son superiores a 3. En las experiencias de verano, (duración: 130-140 días) el rendimiento fluctúa entre 1184 y 1661 kg/ha/año) de "cornalitos" (peso medio: 10.1-11.9 g.). El rendimiento en las experiencias de invierno oscila entre 37.4 y 121 kg/ha/año de peces con peso promedio de 50.2 y 42.3 g respectivamente. El desarrollo de las gonadas comienza a hacerse visible a partir de los 130 días de edad. La reproducción artificial se practicó con ejemplares de 10 meses de edad. Se evidenció una buena respuesta aún a pesar de las condiciones adversas debidas al abonado orgánico.

Al crecimiento más bien lento de la especie se suma la existencia de prácticas de consumo de ejemplares juveniles o "cornalitos" en la Argentina y peces de entre 50 y 80 g en el Altiplano de Bolivia.

Summary

In order to identify the aquaculture potential of pejerrey (*Basilichthys bonariensis*), experiments were carried out in concrete ponds to monitor growth, yield, gut content and gonadal development. The data given in this paper concern mainly those obtained in summer experiments (18-30°C), but some preliminary data from winter experiments (8-15°C) are given as well. Pond productivity was enhanced by cow manure application at rates of 889 resp. 1778 kg/ha/week. More than 90% of the guts analysed contained zooplankton. The regression coefficient of length/weight relations during summer was

slightly over 3.

Summer experiments lasted for 130-140 days and yields ranging from 1184 to 1661 kg/ha/yr were obtained, the average weight being 10.1-11.9 g. Yields from winter experiments (130-152 days) ranged from 37.4 to 121 kg/ha/yr with an average fish weight of 40.2 to 42.3 g. Gonadal development started at an age of 130 days and successful artificial reproduction was carried out with fishes of 10 month or older.

The rather slow growth rate is not regarded as too disadvantageous since consumer preference in Argentina is for fingerlings of some 10 g and in the Bolivian Altiplano highlands for fishes of 40-50 g.

Introducción

El pejerrey (*Basilichthys bonariensis*) (Atherinidae), es un pez eurihalino que puebla las aguas continentales (dulces y salinas) de la Argentina, donde es muy apreciado como especie de captura en pesquerías comerciales y deportivas. Los pejerreyes son consumidos ya sea como adultos de más de 150 grs o como "cornalitos" (juveniles de entre 5 y 7 cm de longitud). El pejerrey también está presente en otros países sudamericanos. En el Altiplano boliviano constituye el principal pez de consumo popular.

Desde las primeras décadas de este siglo se practica en Argentina una acuicultura extensiva de esta especie además del desove artificial y el cultivo de huevos. Asimismo tanto la biología general de la especie como su ecología están bien documentados (Cabrera, 1962 a, b; Freyre et al., 1983). No obstante tales antecedentes, sólo se ha trabajado esporádicamente sobre aspectos muy parcial de su cultivo en estanques. Restan por dilucidar aspectos esenciales que se relacionan con las respuestas de la especie a los métodos y condiciones usuales de cultivo de peces en estanques.

El presente trabajo tiene como objetivo generar información sobre la biología de la especie en estanques de cultivo y sobre su potencial para la acuicultura argentina.

Se analizan el crecimiento, la biomasa en el momento de la cosecha, la alimentación, la evolución de maduración de gonadas en pejerreyes criados en estanques de cemento y abonados con estiércol de vacuno y finalmente el efecto de las condiciones ambientales resultantes.

Material y métodos

Peces y facilidades

En el primer experimento se utilizaron alevines de 5 días de edad procedentes de huevos incubados a 16-18°C en la Estación de Piscicultura del Dique Sañ Roque. Los alevines se sembraron antes de que se completara el proceso de reabsorción de la vesícula vitelina. En el segundo experimento, se usaron peces provenientes del primer experimento (peso medio entre 10.1 y 11.9 g).

Se emplearon estanques de concreto de 54 m³ (3x15x1.2 m).

Procedimiento experimental

El estudio fue realizado en dos etapas, cubriendo las diferentes estaciones climatológicas. El objetivo de los experimentos fue el de estudiar la biología y potencial del pejerrey en varias condiciones de cultivo. Como variables se utilizaron la densidad de siembra, el tipo de manejo de los estanques (abonado o alimentación adicional) y la estación climatológica.

En las experiencias de verano se sembraron las larvas a dos densidades: 5.6 y 13.3 individuos/m². En estos estanques se aplicó únicamente abono. Este experimento se realizó por duplicado para cada tratamiento. Debido a una caída de los niveles de oxígeno disuelto, se registró una elevada mortalidad en una de las replicas por cada tratamiento por lo cual solo se dispuso de un valor por densidad experimentada. En dos estanques adicionales, los peces, después de haber cumplido el primer mes de vida, fueron alimentados con dietas de bajo contenido proteico (22% de proteína). En las experiencias de invierno los peces fueron sembrados a dos densidades: 0.16/m² y 0.5/m², con una sola repetición para cada una.

Se empleó estiércol fresco de bovino recogido en corrales. Los estanques se comenzaron a abonar 10 días antes de ser sembrados los alevines. En las experiencias de verano sólo se compensó con agua fresca el agua perdida por evaporación; en este caso se empleó una tasa de abonado de 889 kg/ha/semana y de una sola vez. En las experiencias de invierno el agua de los estanques se renovó tres veces por semana a razón del 10% de su volumen total. La tasa de abonado se duplicó a 1778 kg/ha repartidos en dos aplicaciones semanales.

Análisis

Parametros de producción

A partir de muestreos mensuales, se determinaron las relaciones de longitud-peso, el coeficiente mensual de crecimiento y el factor de condición, utilizando las siguientes fórmulas:

$$\text{crecimiento: } G = \frac{\text{Ln } P_2 - \text{Ln } P_1}{t}$$

$$\text{condición: } FC = P \times L^{-3} \text{ (Ricker, 1968)}$$

siendo : G = coeficiente de crecimiento
 P = peso (g)
 P_1 = peso inicial (g)
 P_2 = peso final (g)
 L = longitud (cm)
 t = tiempo

De las muestras mensuales se tomaron submuestras de 5 individuos, en las cuales se registraron los siguientes parámetros: peso del hígado, análisis cualitativo del contenido del tubo digestivo y estado de maduración de las gonadas; este último de acuerdo a la clasificación de Nikolsky (Ricker, 1968).

Periódicamente se filtraron 1000 litros de agua sobre una red de plancton de 65 μm , para recoger zooplankton. La biomasa del zooplankton fue determinada por el peso seco después de la incubación durante 24 horas a 100°C.

Parámetros ambientales

Periódicamente se analizaron los siguientes parámetros en muestras superficiales (20 cm de profundidad): pH, temperatura, oxígeno disuelto, nitrógeno amónico, dióxido de carbono, alcalinidad total y dureza total. A tal efecto se utilizó un colorímetro de la marca Hach.

Resultados y discusión

Parámetros ambientales y zooplankton

No se pueden encontrar grandes diferencias entre las densidades altas y bajas o entre el experimento de verano o invierno. El pH fue muy elevado (8-10) durante todo el estudio, posiblemente correlacionado con un agotamiento del CO_2 , que osciló entre 0-51 (verano) y 0-95 mg/l (invierno). Los registros elevados de dióxido de carbono en invierno pueden ser explicados por el incremento de la tasa de abonado y la disminución estacional de la producción primaria.

Las diferencias más marcadas entre ambas estaciones se dieron por la diferencia en temperatura (18-30°C en verano; 8-15°C en invierno) y en el oxígeno disuelto (mínimas de 1.2-1.6 mg/l en verano, siempre saturado en invierno).

Se observa un incremento sustancial (cuadro 1) en las estimaciones de biomasa de zooplankton de las experiencias de invierno con respecto a las de verano. Tal incremento es paralelo a la duplicación de la tasa de abonado, a la introducción de prácticas de recambio semanal de agua y a la baja en la densidad de peces sembrados. Estas biomásas invernales de zooplankton (entre 0.32 y 1.68 g/m³) son similares a los valores dados por Schroeder (1974) (en Hopher & Pruginin, 1981) que oscilan entre 0.34 y 1.3 g/m³, en estanques abonados orgánicamente y sembrados con peces zooplanctófagos. Las tasas de abonado aconsejadas por Hopher & Pruginin (1981) rondan en los 100-120 kg/ha/día (materia seca) para las temperaturas del verano israelí (similares a las del verano en el centro de la Argentina). En el presente estudio las tasas de abonado al ser convertidas a peso seco dan valores de 107 y 213.4 kg/ha/semana, los cuales aún resultan muy inferiores a los empleados en Israel.

Cuadro 1. Biomasa zooplanctónica (peso seco) en los tanques de cultivo.

Table 1. The zooplankton biomass (dry weight) in the culture tanks

	Fish Density (N/m ²)	Zooplankton (g/m ³)	
		min	max
Summer	5.6	0.01	0.74
	13.3	0.20	0.39
Winter	0.16	0.32	1.68
	0.50	0.36	1.10

Preferencia alimenticia

La preferencia alimenticia fue determinada por el método de porcentajes de ocurrencia, observando el tubo digestivo de \pm 30 peces de 40-140 días de edad. En general los tubos digestivos estaban llenos de zooplancton (principalmente cladóceros), presente en más de un 90% de los tubos digestivos examinados. Otros alimentos importantes para el pejerrey fueron insectos (hormigas; larvas y adultos de mosquitos) y vegetales (algas verdes filamentosas y macrófitas). (Cuadro 2).

Cuadro 2. Preferencia alimenticia del pejerrey expresada como porcentaje de abundancia de cada ítem.

Table 2. Food preferences of pejerrey. Data represent % of occurrence of each item

Pond	N	Zoopl. %	Veget. %	Insects %	Spiders %	Indet. %	Insects %	Fish age (days)
1	14	92.9	78.6	7.1	---	64.3	28.6	73-141
2	15	93.3	53.3	13.3	6.7	40.0	13.3	40-130

Cabrera (1962a) para clases de tallas superiores (entre 75 y 350 mm) observó que los peces y pequeños caracoles, el zooplancton, insectos y vegetales son principales ítems componentes de la alimentación del pejerrey en el estuario del Río de la Plata. Los peces ictiófagos fueron los de mayor tamaño.

Datos biológicos de pejerrey

Relación longitud-peso

Debido al reducido número de ejemplares con que se trabajó en las experiencias de invierno, las ecuaciones respectivas sólo se establecieron para las experiencias de verano. En este caso la ecuación adopta los siguientes valores:

Estanque 1 (n=21) : $\log P = 3.2527 \log L - 5.777$ (r=0.96) (1)
Estanque 2 (n=32) : $\log P = 3.0571 \log L - 5.326$ (r=0.97) (2)
en las cuales: P = peso del pez (g)
L = longitud total (mm)

Freyre et al. (1983) establecieron la siguiente relación basándose sobre datos de ± 2300 pejerreyes capturados en un embalse cercano: $\log P = 3.1629 \log L - 5.297$ (3)
en la cual L = longitud estándar

Aplicando ecuación (3) a los datos de los peces cosechados en el presente estudio, se pudo constatar que la condición de los peces al fin del experimento de verano fue inferior (5 a 10%) a la del ambiente natural. En el experimento de invierno, no habían diferencias claras.

Maduración de las gonadas

Al superar los peces los 130 días de edad en las experiencias de verano, se encuentran ejemplares de ambos sexos en el estado 2 de maduración de gonadas según Nikolsky (en Ricker, op. cit.). Es decir gonadas de muy pequeño tamaño y oocitos no distinguibles a simple vista. Al realizar la cosecha de los peces en las experiencias de invierno fue posible llevar a cabo el desove artificial del 11% de las hembras con 271-282 días de edad y del 81.1% de los machos de la misma edad (Estado 5). Los porcentajes de abundancia de los otros estados fueron: para hembras: 69.4% en estado 4; 13.1% en estado 3 y 6.4% en estado 2. De los machos 81.8% estaba en estado 5 y 18.2% en estado 4 de maduración de las gonadas.

Peso relativo del hígado

Durante el transcurso de las experiencias de verano, se compararon, mediante un análisis de la varianza, los pesos relativos de los hígados de peces criados en los estanques en base a una alimentación natural, con el de los peces criados en los estanques a los cuales se les brindó una dieta de bajo contenido proteico (22%). Proporcionalmente el hígado de estos últimos resultó significativamente más pesado ($P < 0.05$) en relación con el peso de los peces (cuadro 3). Esta situación no fue reflejada en cambio por los respectivos factores de condición, dado que en su comparación no se encontraron diferencias significativas ($P < 0.05$). O sea que la baja calidad nutricional de la dieta no se reflejó en este caso por diferencias en el factor de condición pero sí por el peso relativo del hígado. El hígado es un órgano muy importante en la acumulación primaria de lípidos en peces; su hiperplasia es un indicador indudable de baja calidad nutricional del alimento ingerido (Halver, 1972; Roberts & Sheperd, 1979). Índices sencillos tales como el que nos ocupa quizás merezcan una mayor consideración en la evaluación del efecto de dietas experimentales sobre peces.

Cuadro 3. Peso relativo del hígado y factor de condición de pejerreyes alimentados con alimento natural ó suplementada con una dieta baja en contenido proteico.

Table 3. Relative weight of the liver and condition factor of pejerrey in ponds with natural food organisms only and ponds with additional feeding of a low protein diet

Treatment	Pond	Number of fish	Age (days)	Condition (Fulton index)	Average Relative liver ¹⁾ weight
Feeding	1	15	134-199	0.52	2.76
	2	5	151	0.54	2.58
Manuring	1	19	73-165	0.57	1.35
	2	13	61-130	0.57	1.25

¹⁾ Determined as: $\frac{\text{Liver weight}}{\text{Fish weight}} \times 100$

Crecimiento y producción de pejerrey

Experiencias de verano

Al cabo de 130 y 141 días de cultivo, los peces alcanzan un peso final de 11.9 y 10.1 g respectivamente (cuadro 4). El rendimiento neto en biomasa de peces fluctúa entre 1184 y 1661 kg/ha/año, consistentes en "cornalitos" de 10-12 g.

Experiencias de invierno

Después de 152 y 130 días de cultivo (282 y 271 días de edad), los peces registraban un peso medio de 42.3 y 50.2 g. Los rendimientos netos fluctuaron de 121.6 a 37.4 kg/ha/año.

En experiencias con tratamiento similar, Luchini et al. (1983), después de 310 días de cultivo, obtienen una biomasa de 54,5 kg de peces con un peso medio de 9.6 g.

Del análisis de los coeficientes de crecimiento (cuadro 4) se deduce que las tasas de incremento en peso son sensiblemente inferiores a las evidenciadas por especies de crecimiento rápido tales como tilapia y carpa (Hepher & Pruginin op. cit.). No obstante éste no parece constituir un inconveniente insalvable, dado que ciertos mugílidos de crecimiento lento son empleados en acuicultura en consideración a sus otras ventajas como especies de cultivo (Hepher & Pruginin, op. cit.). Esta característica negativa del pejerrey puede ser neutralizada por la existencia de prácticas de consumo de ejemplares de tallas menores: "cornalitos" en la Argentina y peces de entre 60 y 80 g en Bolivia.

Observaciones complementarias

a) En experiencias aún en curso, sera empleado con éxito una mezcla de rotíferos (*Brachionus plicatilis*) y de algas cianófitas (*Spirulina sp*), como alimento inicial de larvas de pejerrey criadas masivamente en acuarios, tanto en medio sa-

Cuadro 4. Datos de crecimiento y producción del pejerrey (*B. bonariensis*).
 Table 4. Growth and production data of pejerrey (*B. bonariensis*)

Density (N/m)	Age (days)	Number of fish	Average weight (g)	Relative Growth rate	Yield (kg/ha)	Production (kg/ha/yr)	Mortality %
<u>Summer</u>							
13.3	30	27	0.14	1.75	456.6	1184	66
	73	16	2.56	2.03			
	110	21	4.90	0.53			
5.6	141	21	10.10	0.69	594.4	1661	10.8
	40	10	0.35	1.98			
	61	15	1.90	2.42			
	90	22	5.20	0.79			
	130	32	11.90	0.80			
<u>Winter</u>							
0.5	130	22	11.9	0.26	169.2	121.6	18.2
	282	16	42.3				
0.16	141	7	10.1	0.37	78.1	37.4	40
	271	5	50.2				

lino como de agua dulce.

b) El pejerrey evidencia alta sensibilidad a la manipulación. En general los peces capturados en los muestreos mueren en su totalidad después de las mediciones. Empero tal mortalidad puede bajarse sensiblemente si se trabaja con peces anestesiados y temperaturas del agua por debajo de 20°C.

c) Juveniles (130-145 mm de LT) mantenidos en tanques (150 l) externos de baja profundidad (30 cm), superaron sin inconvenientes la congelación de la capa superficial (0.4 cm) de agua (T = 4.2°C).

Conclusiones

El análisis global de los resultados obtenidos nos conduce a realizar una primera evaluación de las aptitudes del pejerrey (*B. bonariensis*) como pez de cultivo en estanques. En tal sentido deben destacarse las características siguientes:

- La especie, esencialmente zooplanctófaga, se sitúa en los primeros eslabones de la cadena trófica, lo cual permite su producción mediante el cultivo en estanques a muy bajo costo.
- Se evidencia una adecuada tolerancia a las condiciones ambientales adversas definidas por el empleo de abonos orgánicos.
- Si bien el crecimiento de la especie es lento en comparación con otros peces de cultivo, la circunstancia de poder ser consumida en tallas juveniles deja abierta la posibilidad de acortar el proceso productivo y reducirlo a unos pocos

meses. Tal hecho permite minimizar los riesgos inherentes a las explotaciones de este tipo, a la vez que neutraliza la posibilidad de reproducciones incontroladas en los estanques, conducentes a una indeseada sobreproducción de los mismos.

- Los peces aceptan fácilmente alimentos artificiales en forma de harinas, lo cual deja abierta la posibilidad de intensificar su ritmo de producción.

- Un sistema apropiado de cultivo podría integrarse con: incubadoras de huevos y criaderos de larvas situadas bajo techo; tanques, también interiores, de desarrollo masivo de larvas alimentadas con *Brachionus sp.* hasta los 30 días de edad y finalmente estanques externos abonados orgánicamente para la cría de los peces hasta talla de consumo.

- El complemento del alimento natural rico en proteínas con desechos agrícolas ricos en hidratos de carbono, es uno de los aspectos fundamentales a desarrollar en el futuro al efecto de incrementar la densidad de siembra y por ende la producción de peces en estanques abonados orgánicamente.

Agradecimientos

Se agradece a la International Foundation for Science (IFS) por financiar parcialmente el proyecto. Asimismo se deja expresa constancia del reconocimiento al Técnico Sr. Juan C. Castronuovo por su invalorable aporte al desarrollo del presente trabajo

Bibliografía

- Cabrera, S., 1962a. La alimentación natural del pejerrey del Río de la Plata. Bol. Sec. Estado Agricult. y Ganad. Nación, 27 pp.
- Cabrera, S., 1962b. Crecimiento del pejerrey del Río de la Plata. Bol. Sec. Estado Agricult. y Ganad. Nación, 51 pp. Bs. As.
- Freyre, L., Protogino, L. & Iwaszkiw, J., 1983. Demografía del pejerrey en el Embalse de Río Tercero. Biología Acuática N° 4, ILPLA, La Plata, Argentina, 39 pp.
- Halver, J.E., (Ed.), 1972. Fish Nutrition. Academic Press, New York.
- Hepher, B. & Pruginin, Y., 1981. Commercial Fish Farming, with special reference to Fish Culture in Israel, J. Wiley & Sons, New York, 261 pp.
- Luchini, L., Quirós, R. & Avendaño, T., 1983. Cultivo del pejerrey en estanques. V Reunión Asoc. Latinoam. de Acuicultura., Valdivia, Chile, 7 pp.
- Ricker, W., 1968. Methods for assesment of fish production in fresh water. IBP Handbook N° 3. Blackwell, England, 306 pp.
- Spotte, S., 1979. Fish and Invertebrate Culture. Wiley and Co, New York, 179 pp.
- Roberts, R. & Sheperd, C., 1974. Handbook of trout and salmon diseases. Fishing News Books, Surrey, England, 168 pp.

POLICULTIVO DEL BOCACHICO (*PROCHILODUS RETICULATUS*), LA DORADA (*BRYCON MOOREI*) Y LA MOJARRA AMARILLA (*PETENIA KRAUSSII*) EN AGUAS CALIDAS DE COLOMBIA

POLY CULTURE OF BOCACHICO (*Prochilodus reticulatus*), DORADA (*Brycon moorei*) AND MOJARRA AMARILLA (*Petenia kraussii*) IN COLOMBIA

A. Gonzalez

Departamento de Biología, Centro de Investigaciones Piscícolas Continental Tropical (CINPIC), Universidad de Córdoba, Montería, Colombia

Resumen

El bocachico, *Prochilodus reticulatus* es una de las especies más importantes de las aguas continentales de Colombia y tiene un gran valor en el mercado nacional. El policultivo con otras dos especies de gran importancia comercial en Colombia (la dorada, *Brycon moorei sinuensis*, y la mojarra amarilla, *Petenia kraussii*) ha mostrado la posibilidad de una explotación intensiva de estas especies.

En el presente trabajo, se probó tres combinaciones de policultivo de estas especies, con una densidad total de siembra de 1.42 individuos/m² diferenciándose en las densidades de cada una de ellas: 0.67, 0.50 y 0.25 ind/m². Los resultados demuestran una relación inversa entre el peso final y la densidad de cada especie, logrando un crecimiento individual máximo de 334.8 g para *P. reticulatus*, 285.4 g para *B. moorei* y 139.2 g para *P. kraussii*. La mayor biomasa final y producción neta total se logró en la combinación con 0.67 ind/m² de *P. reticulatus*, 0.50 ind/m² de *B. moorei* y 0.25 ind/m² de *P. kraussii*, siendo respectivamente 2900 kg/ha/año y 2378 kg/ha/año. La mejor eficiencia alimenticia se obtuvo con la misma combinación.

Summary

The bocachico, *Prochilodus reticulatus*, is one of the most important freshwater species in Colombia. It has a high commercial value on the local markets, just as dorada, *Brycon moorei* and mojarra amarilla (*Petenia kraussii*).

The feasibility of a polyculture system based on these three species has been demonstrated earlier. In this study, three different density combinations of the species were investigated. In each combination, each species was stocked at either 0.67/m², 0.50/m² or 0.25 fishes/m², but total stocking density was always 1.42/m². The experiment lasted 12 months, the ponds were manured and the fishes received supplemental feed.

A maximal weight increase of 334.8 g for *P. reticulatus*, 285.4 g for *B. moorei* and 139.2 g for *P. kraussii* was found, each time at the lower stocking density of the respective

species. Growth and final weight were inversely related to stocking density. The highest yield (2900 kg/ha/yr), net production (2378 kg/ha/yr) and the best food conversion ratio were obtained in a combination of 0.67 *P. reticulatus*, 0.50 *B. moorei* and 0.25 *P. kraussii* per m².

Introducción

Dentro de los planes de desarrollo de la piscicultura semintensiva e intensiva en Colombia, se considera de gran importancia el estudio de las especies Bocachico (*Prochilodus reticulatus magdalenae*, Steindachner 1878), Dorada (*Brycon moorei*, Dahl 1955), y un cíclido, la Mojarra Amarilla, (*Petenia kraussii*, Steindachner 1898). Existe además, una gran demanda en el mercadeo, por ser peces de consumo tradicional en Colombia.

Los resultados obtenidos en policultivo mostraron claramente la posibilidad de una explotación intensiva de estas especies, lográndose establecer las densidades de siembra con mejores rendimientos.

El propósito básico de este trabajo fué observar el comportamiento y desarrollo de las especies en estudio con tres combinaciones de siembra y con un alimento suplementario a dos niveles de suministro.

Con la realización del presente estudio, junto con el perfeccionamiento de las técnicas de inducción y el manejo y cultivo masivo de larvas de estas especies, se obtendrán las bases para iniciar a corto plazo, un amplio programa de extensión piscícola a nivel nacional.

Material y métodos

El trabajo fué realizado en el Centro de Investigaciones Piscícolas (CINPIC) de la Universidad de Córdoba, Colombia, con una duración de doce meses (1983-1984).

Material

Fueron utilizados un total de seis estanques de tierra de 100 m² cada uno (20 m x 5 m x 1.0 m), recibiendo cada uno de ellos agua bombeada desde el río Sinú. Para el control de peces indeseables se colocó una malla fina de nylon en los tubos de PVC que vierten el agua a los estanques.

Los estanques fueron abonados con estiércol de ganado a una proporción de 2500 kg/ha/mes aplicándose $\frac{1}{4}$ parte de esa cantidad semanalmente.

Los alevines de bocachicos y doradas utilizados en este estudio fueron obtenidos por medio del proceso de inducción. Los alevines de mojarra amarilla fueron capturados en los estanques de reproductores. Los alevines fueron capturados al azar, sin ningún defecto físico y de tamaño y peso uniforme.

Plan experimental

Se probó tres combinaciones de policultivo de *P. reticulatus*, *B. moorei* y *P. kraussii*, con una densidad total de siembra de 1.42 individuos/m². Las densidades de siembra de cada una de las especies fue de 0.67, 0.50 o 0.25 ind/m² respectivamente (Cuadro 1).

Cuadro 1. Diseño experimental. Policultivo de *P. reticulatus*, *B. moorei* y *P. kraussii*. Se ensayaron por duplicado tres densidades de cada especie. N = número de individuos.

Table 1. Experimental design. Three different fish density combinations in a polyculture of *P. reticulatus*, *B. moorei* and *P. kraussii* were investigated with two replicates per treatment. N = n° of individuals.

	Combination 1 (N/m ²)	Combination 2 (N/m ²)	Combination 3 (N/m ²)
<i>P. reticulatus</i>	0.67	0.50	0.25
<i>B. moorei</i>	0.50	0.25	0.67
<i>P. kraussii</i>	0.25	0.67	0.50
Total	1.42	1.42	1.42

Los bocachicos fueron sembrados con un peso promedio inicial de 34.2 gramos y longitud inicial promedio de 13.6 centímetros. Las doradas se sembraron con un peso promedio inicial de 48.5 gramos y longitud inicial promedio de 16.6 centímetros. Las mojarra amarillas fueron sembradas con un peso promedio inicial de 11.3 gramos.

Los alevines correspondientes a cada repetición y a cada tratamiento fueron distribuidos al azar.

Alimento y suministro

El alimento utilizado fué común para todos los tratamientos y consistió en una mezcla con 35% de proteína cruda a base de: harina de carne, harina de sangre y salvado de arroz.

La ración fué suministrada diariamente durante seis días a la semana, calculada, durante los seis primeros meses del estudio, en base al 5% de la biomasa de la población de cada estanque. Durante los seis meses finales al experimento se suministró el 3% de la biomasa de la población en cada tratamiento. Para el reajuste de ración se capturo mensualmente al azar el 10% de la población de cada estanque en experimentación y en base al incremento porcentual de peso, se ajustó el suministro para las diferentes combinaciones probadas.

Parámetros e análisis

Los parámetros investigados fueron: crecimiento y peso final promedio, producción en kg/ha/año, cantidad de alimento y tasa de supervivencia.

El efecto de las diferentes densidades probadas fué evaluado midiendo el peso y la longitud standard mensualmente. Los muestreos no se pudieron realizar a intervalos de tiempo fijos, resultando sólo 11 muestreos durante los 12 meses del estudio. Una vez capturados los alevines eran colocados en un recipiente plástico de 50 litros, lleno de agua y llevados al laboratorio para pesaje y medida.

El pesaje fue realizado en una balanza marca Ohaus con capacidad de dos kilogramos y divisiones de 0.1 gramo, con

plato superior para efectuar pesajes individuales. Para la medición de longitud standard, se utilizó un ictiómetro de 50 centímetros, con divisiones en milímetros.

Resultados y discusión

Crecimiento y peso promedio final

Los resultados de los muestreos mensuales están resumidos en el cuadro 1. En cuanto al crecimiento puede observarse que fue relativamente mayor en los tres primeros meses del experimento, para disminuir entre las muestras 6 y 9. En la mayoría de los casos, el crecimiento fue mínimo en esta época (de 0.6 g/día para los densidades menores de *P. reticulatus* y *B. moorei* hasta un crecimiento negativo para *P. kraussii* en la combinación 3).

Considerando el bocachico (*P. reticulatus*) como la especie principal dentro del policultivo, se observó que el mejor peso promedio final de bocachicos se obtuvo en la combinación 1. El mayor peso promedio final de doradas (*B. moorei*), se alcanzó con la combinación 2, y en la mojarra amarilla (*P. kraussii*) con la combinación 1.

Los datos revelan una relación inversa entre el peso promedio final y la densidad de cada especie (fig. 1). No se encontró indicaciones de un efecto interspecífico sobre el peso final (ó crecimiento).

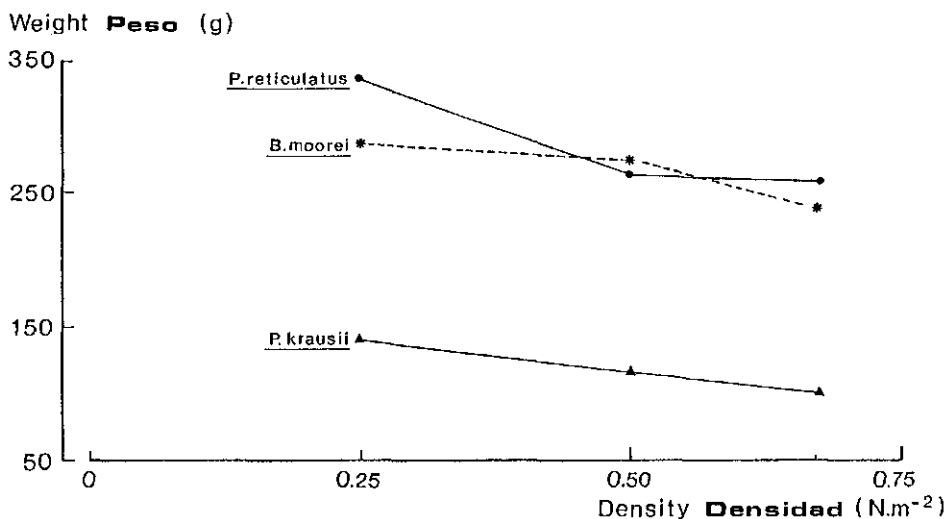


Figura 1. El crecimiento de las tres especies cultivadas en policultivo en relación con sus densidades respectivas.

Figure 1. The growth of three species, cultured in polyculture, in relation to their respective densities.

Cuadro 2. Crecimiento en peso corporal individual de tres especies diferentes de acuerdo a su combinacion respectiva en policultivo. Las muestras son: 0 = Agosto; 3 = Noviembre; 6 = Febrero; 9 = Mayo; 11 = Julio.

Table 2. The growth in individual body weight of the three different species in the respective polyculture combinations. Sample numbers correspond with: 0 = August; 3 = November; 6 = February; 9 = May; 11 = July.

Sample	Combination 1			Combination 2			Combination 3		
	Pr*	B*	PK*	Pr	B	Pk	Pr	B	Pk
	0.67	0.50	0.25	0.50	0.25	0.67	0.25	0.67	0.50
0	35.3	50.7	12.8	34.5	43.9	9.6	31.7	50.8	11.4
3	97.6	161.3	53.5	161.6	206.9	41.2	185.9	164.2	52.9
6	202.6	205.5	108.6	223.8	224.1	81.3	227.8	200.9	123.2
9	233.1	245.5	114.1	249.2	281.3	82.0	285.0	242.1	91.0
11	295.2	321.3	152.0	296.8	329.3	106.6	366.5	288.5	126.3
Total growth	259.9	270.6	139.2	262.3	285.4	97.0	334.8	237.7	114.9

*Pr = *Prochilodus reticulatus*; B = *Brycon moorei*;
Pk = *Petenia kraussii*

Cuadro 3. Rendimientos y Producción de cada una de las especies en los tres sistemas de policultivo ensayados. Todos los datos están expresados en kg/ha/año.

Table 3. Yield and production of each species in the three polyculture systems tested. All data are expressed as kg/ha/year.

Fish species	Combination 1		Combination 2		Combination 3	
	Y ¹	P ¹	Y	P	Y	P
<i>P. reticulatus</i>	1580	1343.5	1150	977.5	780	700.8
<i>B. moorei</i>	1040	786.5	640	530.2	1220	879.6
<i>P. kraussii</i>	280	248.0	610	545.7	520	463.0
Total	2900	2378	2400	2053.4	2520	2043.4

¹) Y = Yield, P = Production

Biomasa final y Producción

En el cuadro 3 se puede observar los datos de la biomasa final y de la producción neta (biomasa final - biomasa inicial). La mayor biomasa final total y producción neta total se logró en combinación 1, con la densidad alta de *P. reticulatus*.

La mejor biomasa final y producción neta de doradas se logró con la combinación 3 (alta densidad de *B. moorei*). De la misma manera, la combinación 2 con la densidad de *P. kraussii* de 0.67/m², dió los mejores resultados en cuanto a la biomasa final y la producción neta. Sin embargo, combinaciones 2 y 3 no mostraron diferencias significativas en producción neta total del sistema.

Eficiencia alimenticia y rentabilidad

La eficiencia alimenticia en los primeros seis meses fué alta, observándose una pérdida a partir del séptimo mes en todos los tratamientos.

El cuadro 4 muestra el total de kilogramos de alimento suministrado en cada tratamiento. El menor consumo de alimento se registró en la Combinación 2, la biomasa final promedio fué la menor.

Cuadro 4. Cantidad de alimento y tasa de conversión en tres sistemas de policultivo.

Table 4. Feed quantity and Food Conversion ratios in the three polyculture systems.

Combination	1	2	3
Yield (Total sum of all replicates) (kg)	58.0	48.0	50.4
Feed quantity (kg)	360.1	326.8	381.9
Food Conversion ratio	6.2	6.8	7.5

La mayor eficiencia alimenticia se observó en la Combinación 1 donde la mejor conversión alimenticia correspondió a 6.2. La peor eficiencia alimenticia registrada correspondió a la Combinación 3, donde el consumo de alimento fué mayor. La eficiencia alimenticia no fué buena en ninguno de los tratamientos, observándose una mala conversión alimenticia, debido probablemente a la calidad del alimento.

En el cuadro 5, se estableció un balance económico sencilla de las tres combinaciones de policultivo. Se puede observar que la ganancia bruta es mayor en la combinación 1.

Cuadro 5. Evaluación de la relación costo/provecho de los tres sistemas de policultivo ensayados. La ganancia obtenida se calculó multiplicando el rendimiento final por el precio promedio del mercado de las tres especies (200 pesos col/kg). Los costos de mano de obra se omiten al ser un cultivo a pequeña escala, en el cual no hay mano de obra pagado. Todos los datos se expresan en pesos colombianos.

Table 5. A simple cost/profit evaluation of the three polyculture systems tested. Income from fish was calculated by multiplying the final yield with the average market price for the three species (200 Col.pesos/kg). Labour costs were omitted, because in small-scale fish farming, only the farmer's labour is involved. All data are expressed in colombian pesos.

	Combination 1	Combination 2	Combination 3
Fish sales	\$ 9840	\$ 8900	\$ 9600
Total feed costs	8415	7679.8	8974.6
Gross profit	\$ 1425	\$ 1220.2	\$ 625.4

Conclusiones y recomendaciones

Las densidades de siembra con que se obtuvo un mayor rendimiento fueron las establecidas en la Combinación 1, la biomasa final más alta se consiguió con este mismo tratamiento, lográndose una mejor conversión alimenticia.

Durante los primeros seis meses del estudio se encontró un rápido crecimiento, así como un considerable incremento en el peso por la disponibilidad del alimento natural en los estanques.

Las altas densidades de siembra probadas en los diferentes tratamientos disminuyó el alimento natural, influyendo en los incrementos de peso y talla, ya que el alimento suministrado no constituyó una dieta balanceada.

La mejor eficiencia alimenticia se obtuvo con la Combinación 1, seguida de la Combinación 2.

Como recomendaciones generales, se propone:

- Adelantar un estudio posterior de policultivo con las densidades probadas en la Combinación 1 bajo condiciones de una buena productividad natural y un alimento suplementario balanceado, con el propósito de reducir los costos de producción y la alta tasa de mortalidad por especie.

- Utilizar subproductos agrícolas de la región, de alta energía metabolizable, con la finalidad de bajar los costos de alimentación.

EL EFECTO DE LA FERTILIZACION, DEL ALIMENTO FORMULADO Y DE LA DENSIDAD DE SIEMBRA SOBRE EL CRECIMIENTO Y LA SUPERVIVENCIA DE *Oreochromis aureus*

THE EFFECT OF FERTILIZATION, ARTIFICIAL DIETS AND STOCKING DENSITY ON GROWTH AND SURVIVAL OF *Oreochromis aureus* LARVAE AND FINGERLINGS

M.A. Saavedra

Instituto Nicaraguense de la Pesca, Dirección de Acuicultura, Apto. No. 2020, Managua, Nicaragua

Resumen

El presente trabajo tuvo por objeto estudiar el crecimiento de *Oreochromis aureus* en etapa larvaria y de alevinaje, empleando fertilizantes orgánicos e inorgánicos, y alimento formulado.

La ejecución se realizó en 3 fases: I. Efectos de fertilización orgánica e inorgánica en el crecimiento de larvas. II. Efecto de diferentes tipos de mezclas a base de productos y sub-productos agropecuarios en alevines. III. Efectos de fertilización y alimento suplementario en el crecimiento de alevines, con tres densidades de siembra.

En la etapa larvaria se utilizó una densidad de siembra de 150 larvas/m², con diferentes niveles de fertilización. Los pesos iniciales fueron de 0.02-0.05 g., obteniéndose a los 45 días un incremento en peso de hasta 1.57 g.

Se logró sustituir el alimento que consistía en concentrado para engorde de pollos (17.6% proteína), por uno con 25% de proteína.

En la etapa de alevinaje se utilizaron 3 densidades de siembra (35, 45 y 55 alevines/m²), sembrándose alevines con rangos de peso entre 1.18 y 1.58 g. Al finalizar la experiencia (45 días) se obtuvieron medias de peso de 6.9 y 12.4 g.

Summary

This paper reviews the results of a study to determine the effect of different production parameters on the growth of *Oreochromis aureus* larvae and fingerlings in laboratory cultures. Three different parameters were studied: organic and inorganic fertilizers, the use of supplementary feeds based on local agricultured waste products and fish density.

Fry, at a stocking density of 150 fish/m² and having an initial weight of 0.02 g, increased their weight during 45 days, pending type and level of fertilizer used, to a maximum of 1.57 g.

A local made 25%-protein diet gave better results than chicken pellets (17.6%-protein) which served as control.

Fingerlings, fed a 25%-protein diet at stocking densities of 35, 45 and 55 fish/m² grew in 45 days from 1.18-1.58 g to 6.9-12.4 g pending stocking density.

Cuadro 1. Composición aproximada de los ingredientes alimenticios utilizados para la formulación más apropiada de las dietas experimentales.

Table 1. Proximate composition of different feed ingredients which were evaluated to select the most appropriate feed composition (see Table 2).

Ingredients	Humidity (%)	Proteins (Nx6.25) (%)	Lipids (%)	Ash (%)	Carbo-hydrates (%)	Fibres (%)	Calcium mg/100g	Phosphorous mg/100g
Sorghum	9.8	8.9	2.7	1.2	77.2	1.6	161	321
Puntilla (rice)	11.4	8.6	0.9	0.8	78.1	0.3	102	172
Semolina (rice)	8.9	10.5	10.0	9.7	60.6	19.3	118	889
Shell meal	0.4	2.2	0.7	91.8	4.7	3.4	35111	310
Meat & bone meal	3.7	43.9	11.4	27.5	13.3	3.4	11706	2042
Mineral meal	5.0	39.9	4.2	43.0	7.6	4.1	13190	182
Feather meal	3.2	43.1	13.7	33.2	6.6	3.2	14722	1585
Fish meal	5.8	29.0	3.2	33.0	18.8	5.5	21834	1589
Cotton meal	7.7	44.7	1.9	6.9	38.5	12.4	440	1342
Harina de jícara	6.7	13.2	7.7	24.1	48.0	25.8	9860	461
Soya meal	8.7	46.5	1.4	7.4	35.7	6.1	497	730
Ground mais	9.7	8.2	2.7	1.2	78.0	1.6	295	226
Coffee pulp	14.8	19.8	0.7	17.7	46.7	25.0	1230	217
Rice bran	7.0	5.1	0.9	18.9	67.9	37.0	186	126
Mixed grains (Mais-Sorghum)	12.0	8.4	10.5	2.1	66.8	2.1	686	410
"Gallinaza"	15.5	17.8	6.4	45.7	14.4	6.3	16211	3044

Introducción

Una necesidad básica del piscicultor es mantener una óptima productividad primaria en el estanque, para lo cual se recurre al uso de fertilizantes orgánicos e inorgánicos. Los fertilizantes inorgánicos están importados, cuestan cada día más, por lo que es necesario buscar buenas alternativas. El abonado es un medio sencillo y económico que aumenta la producción piscícola de los estanques. Se puede efectuar también un aumento de producción por densidades más altas de siembra para lo cual se utilizan alimentos suplementarios al ser insuficiente la producción natural. Desde que llegan a los 4 ó 5 cm de tamaño las tilapias comienzan a tomar alimento artificial. Las tilapias pueden alimentarse fácilmente de vegetales, harinas y distintos desperdicios.

En este estudio se intentó de analizar el efecto de la fertilización, del alimento suplementario y de la densidad de siembra sobre el crecimiento de larvas y alevines de *Oreochromis aureus* en cultivos de laboratorio.

Material y métodos

Materiales

Los trabajos se llevaron a cabo en la Estación Piscícola Experimental "Gral. Omar Torrijos Herrera" ubicada en el departamento de Managua.

El material biológico consistió en larvas (20-50 mg) o alevines (1.3-2.2 g) de *O. aureus*, originarias de la propia estación.

Los ensayos se realizaron en 16 tanques plásticos de 30 l (Ensayo 2) o en 12 estanques de cemento con fondo de tierra de 50 m² de superficie (Ensayos 1 y 3).

Para poder seleccionar los ingredientes de las dietas, tomando en cuenta precio, lugar de obtención y permanencia del producto en el mercado, se realizó un inventario de productos y subproductos agropecuarios al tiempo que se efectuaban análisis bromatológicos de cada una de las muestras con el fin de conocer sus características nutritivas (Cuadro 1).

Procedamiento experimental

Se estudió el efecto de la fertilización, composición de dietas y densidad de siembra.

Ensayo 1

Los tres tratamientos a base de urea, 20-20-0, y gallinaza en varias cantidades se especifican en el cuadro 2. El ensayo se realizó con tres réplicas. Los estanques fueron sembrados con 150 larvas/m² (peso 20-50 mg). El fertilizante se aplicó en el fondo del estanque.

Cuadro 3. La composición de las cuatro dietas experimentales.
 Table 3. Composition of the four different experimental diets.

Diet No. 1	Crude Proteins (%)	Quantity fed (g)	Diet No. 2	Crude Proteins (%)	Quantity fed (g)
Meat and bone meal	43.9	33.6	Meat and bone meal	43.9	29.4
Cotton meal	44.7	10.0	Cotton meal	44.7	10.0
Harina de Jícaro	13.2	5.0	Feather meal	43.1	5.0
Mixed grains	8.4	39.6	Ground mais	8.4	43.9
"Gallinaza"	17.8	10.0	"Gallinaza"	17.8	10.0
Shell meal	-	1.5	Shell meal	-	1.5
Premix Vit. and Min.	-	0.	Premix Vit. and Min.	-	0.

Diet No. 3	Crude Proteins (%)	Quantity fed (g)	Diet No. 4*	Crude Proteins (%)	Quantity fed (g)
Meat and Bone meal	43.9	28.9			
Cotton meal	44.7	10.0			
Soya meal	46.5	5.0			
"Gallinaza"	17.8	10.0			
Ground mais	8.4	44.4			
Shell meal	-	1.5			
Premix Vit. and Min.	-	0.3			

* Chicken pellet. The exact formulation is not known

Cuadro 2. Tasas de fertilización del primer ensayo de cultivo.
Datos expresados en kg/ha.

Table 2. The different fertilization rates during the first experiment. All data are expressed in kg/ha.

Fertilizer	A	B	C
Urea	50	100	150
20-20-0	60	110	160
"Gallinaza"	700	1000	1300

Ensayo 2

Se emplearon cuatro dietas, de las cuales tres fueron formuladas según el método de Pearson, calculándose en un 25% de proteína, la dieta 4 (concentrado para pollo) (17,6% de proteína) se usó como testigo (Cuadro 3). El tamaño del grano osciló entre 1-2 mm. Los tratamientos fueron estudiados con 3 réplicas cada uno.

El alimento se suministró a diario después de limpiar los tanques y de cambiar 50% del agua. La ración fue del 6% de la biomasa total. El ensayo se realizó por espacio de 60 días.

Ensayo 3

Las densidades de siembra comparadas fueron 35, 45 y 55 alevines/m² (peso individual 1.18-1.58 g), con tres réplicas cada una.

La fertilización aplicada se basó en la constante de 75 kg/ha de urea, 90 kg/ha de superfosfato y 1000 kg/ha de gallinaza.

La alimentación consistió en una dieta con 25% de proteína, suministrada 2 veces por día y distribuyendo el 60% por la mañana (8.30 h) y el 40% por la tarde (15.00 h). La ración fue de una 6% de la biomasa total. El tiempo de cultivo fue 45 días.

Análisis

En todos los ensayos, se realizó un muestreo quincenal para medir el crecimiento y ajustar la ración. En los estanques se tomó el 10%, en los tanques el 25% de la población.

El pesaje se realizó con una balanza de 0.1 g de precisión y para la medida de longitud se utilizó un "Vernier" de 1.0 mm de precisión.

Los parámetros físico-químicos tomados diariamente fueron Oxígeno y Temperatura. El pH se tomó una vez por semana y la transparencia se midió con el disco Secchi.

Resultados y discusión

Ensayo 1

Los resultados más importantes de este ensayo están especificados en el cuadro 4.

Se puede observar que el crecimiento mayor se obtuvo con el tratamiento C, pero la supervivencia fue menor (60%). La

mayor mortalidad en este tratamiento fue debida a un crecimiento excesivo de algas en un estanque que dió como consecuencia una disminuci3n de oxígeno. La causa fue un error en el cálculo de la transparencia que hizo que el período de administraci3n de fertilizante, en el caso del tratamiento C, fuere de 10 días en lugar de 15 o 22 como en el caso de los tratamientos A y B.

Cuadro 4. Peso final, tasa de crecimiento específico y supervivencia de alevines de *O. aureus* mantenidos a tres tasas de fertilizaci3n distintas.

Table 4. Final weight, specific growth rate and survival of *O. aureus* fry at three different fertilizing treatments.

Fertilizing treatment	final weight	Specific growth rate (%/weight/day) (g)	Survival (%)
A	1.34	8.1	94
B	1.23	7.9	96
C	1.58	9.2	60

La temperatura osciló alrededor de 29 a 30°C. El rango de oxígeno fue más amplio, entre un mínimo de 0.5 ppm para tratamiento C y 1-1.2 ppm para los otros dos y un máximo de 10 ppm durante toda la experiencia.

Ensayo 2

Cuadro 5. Peso final, tasa de crecimiento específico, tasa de conversi3n del alimento y supervivencia de alevines de *O. aureus*, alimentados con cuatro dietas experimentales.

Table 5. Final weight, specific growth rate, food conversion ratio and survival of *O. aureus* fingerlings fed with four different experimental diets.

Diet	Average final Weight (g)	Average specific Growth rate (%/BW/day)*	FCR**	Survival (%)
1	5.28	1.49	1.80	98
2	5.47	1.55	1.76	95
3	6.03	1.73	1.50	98
4	4.87	1.36	2.03	98

*BW: body weight **FCR: Food Conversion Ratio

Según el cuadro 5, los mejores resultados se obtuvieron con la dieta no. 3 con un 25% de proteínas. Las diferencias entre los resultados de la dieta 3 y de las demas, no son signifi-

cativos ($p < 0.05$), así que no se puede señalar a la dieta 3 como superior. Sin embargo esta dieta está considerada como muy importante, puesto que tiene un precio más bajo que el concentrado para pollos. En estudios anteriores se demostró que la ración utilizada en el presente trabajo (6%/peso/día) es la más viable para el cultivo de la semilla.

Ensayo 3

El crecimiento de *O. aureus* está relacionado inversamente con las densidades utilizadas (fig. 1). Para la densidad de 35 peces/m², con peso promedio inicial de 1.42 g se obtuvo un peso promedio final de 10.96 g, con un incremento diario de 0.21 g. Con 45 peces/m², y peso inicial de 1.29 g se obtuvo un peso final de 8.01 g, con un incremento diario de 0.15 g y para la densidad de 55 peces/m², con un peso inicial de 1.43 g se obtuvo un peso final de 7.58 g y un incremento diario de 0.14 g.

El porcentaje de mortalidad para esta fase (alevinaje), se estima en 10% (Fernández, N., comunicación personal). En el presente trabajo estuvo 2 y 8%, se asume que este resultado se debió a errores del conteo inicial del material biológico.

El factor de conversión alimenticia fué bajo, ésto pudo deberse a la abundancia de alimento natural, el cual, fue aprovechado en gran parte por los alevines.

Las variaciones de temperatura (28.1-32°C) y las de oxígeno (1.2-1.0 ppm), estuvieron dentro de los rangos permisibles. La transparencia se mantuvo en el rango de 27-30 cms.

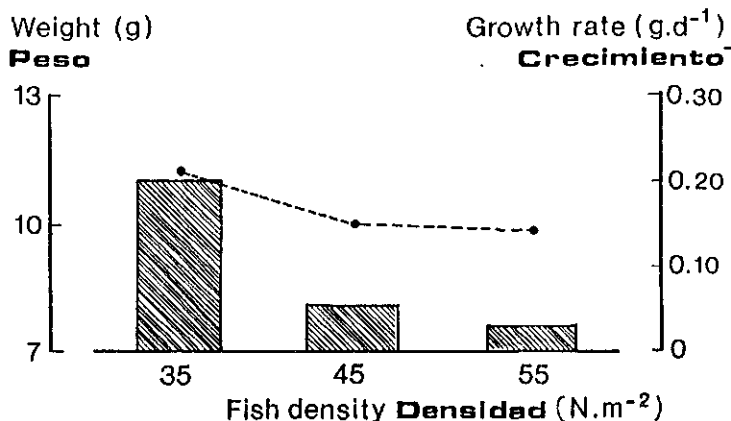


Figura 1. El efecto de la densidad de siembra sobre el peso final y la tasa de crecimiento de alevines de *O. aureus*.
 Figure 1. The effect of stocking density on final weight and growth rate of *O. aureus* fingerlings.

Conclusiones

1. El mayor incremento en peso, en la etapa larval, se obtuvo aplicando 50 kg de Urea/ha, 60 kg 20-20-0/ha y 700 kg de galinaza/ha, con aplicación quincenal y usando el método de maduración.
2. La nueva dieta garantiza un 25% de proteína y redujo en un 28% los costos que se generan por quintal de alimento.
3. El alevinaje dió los mayores incrementos de peso diario, a una densidad de 35 alevines/m².

CRECIMIENTO DE *OREOCHROMIS AUREUS* A ALTAS DENSIDADES DE SIEMBRA UTILIZANDO FERTILIZACIÓN ORGÁNICA A BASE DE ESTIERCOL DE CERDO

THE GROWTH OF *Oreochromis aureus* AT HIGH STOCKING DENSITIES IN PONDS FERTILIZED WITH PIG MANURE

A. Porras

Departamento de Acuicultura, Ministerio de Agricultura y Ganadería, Antiguo Edificio "La Salle", San José, Costa Rica

Resumen

Para los productores que practican la acuicultura de subsistencia en zonas rurales de Costa Rica, el cultivo de *Oreochromis aureus* se debe basar en una tecnología simple, que optimice el uso de los recursos existentes. Se podría incrementar la producción de *O. aureus* tanto en biomasa como en cantidad de alevines, integrando el cultivo pecescerdos, utilizando las excretas de los cerdos para fertilizar los estanques y los peces para alimentar a los cerdos.

En el presente trabajo, se estudia el efecto de tres densidades de siembra (5, 10 y 15 peces/m²) sobre la producción y crecimiento de *O. aureus* en estanques fertilizados con estiércol de cerdos. A la densidad de 10/m² se obtuvo un rendimiento diario máximo superior a 30 kg/ha en experimentos de \pm 100 días, y una producción máxima de alevines de 7.3×10^{-3} peces/m²/día. A la densidad de 15 peces/m², el rendimiento diario y la producción anual fue mayor pero la producción de alevines casi se paró. El análisis de varianza no detectó efecto significativo de la densidad sobre ninguno de los parámetros analizados. No se observó una relación entre la densidad de siembra y el índice de condición de los peces. A través de las ecuaciones de von Bertalanffy, se obtuvo el parámetro de velocidad de crecimiento k que fue lo más alto a la densidad de 10 peces/m².

Summary

The subsistence farmer from Costa Rica's rural areas needs a simple technology optimizing existing resources, to culture *Oreochromis aureus*. As such, an integrated fish-cum-pig culture, in which the fish ponds are manured with pig excreta and the pigs fed with fish, may be the right way to enhance fish production, both in terms of fish biomass and of fingerling production.

During the present study the effect of three fish densities (5, 10, 15 fish/m²) on the production and growth of *O. aureus* in ponds, manured with pig excreta, was studied. At a density of 10 fish/m², a maximal daily yield above 30 kg/ha and a fingerling production of 7.3×10^{-3} fishes/m²/day was obtained. At the density of 15 fishes/m², the daily yield and yearly production were higher but the fingerling production

was neglectable. Analysis of variance did not reveal a significant density effect on any of the investigated parameters, neither was a relation found between stocking density and fish condition.

Assessing von Bertalanffy growth curves, a maximal growth rate coefficient k was found at the density of 10 fishes/m².

Introducción

Las tilapias son una fuente importante de alimento en muchos países tropicales y subtropicales (Guerrero, 1982) y presentan características que favorecen su cultivo (Kohler & Pagan Font, 1978; Wohlfarth & Hulata, 1981; Caulton, 1982; Guerrero, 1982; Pullin & Lowe-McConnell, 1982). La reproducción incontrolada y la madurez sexual temprana perjudican la tasa de crecimiento (Wohlfarth & Hulata, 1981; Guerrero, 1982).

Las densidades de siembra de tilapias en estanques oscila entre 1 a 2 por metro cuadrado y se sabe, que densidades mayores producirían al cabo de 8 a 10 meses, mayor número de peces, pero de pequeño tamaño y de escaso peso, debido a los factores limitantes de productividad natural. El control de la densidad de población y la utilización de la alimentación suplementaria, son dos de los factores más importantes que afectan la producción en los estanques de cultivo.

Las producciones más altas se obtienen a determinadas densidades de peces, de tal modo que alteraciones en la densidad, influyen directamente en la producción. Con densidades bajas los recursos alimenticios no se utilizan totalmente, ocasionando pérdidas a nivel de producción. Con densidades altas, se podrían agotar los recursos del estanque y la producción sufrirá disminuciones (Hepher, 1978).

En sistemas controlados, *Oreochromis aureus*, comienza a reproducirse a los 85 días, lo cual afecta la producción de los estanques al aumentar la densidad en forma no controlada. Por lo tanto se utilizan diversas técnicas para el control de la reproducción cuando se llevan a cabo siembras a altas densidades.

Las condiciones económicas de Costa Rica no permiten el cultivo comercial de tilapias utilizando alimentos suplementarios y/o sistemas de aireación. Para los pequeños productores rurales el cultivo integrado peces-cerdos está considerado como una alternativa interesante por su elevada eficiencia al utilizar las excretas de los cerdos como fertilizante en los estanques. En Costa Rica, el valor comercial de cerdos es mayor que el de tilapias, razón por la cual en un sistema integrado, los peces podrían ser utilizados como alimento para los cerdos, reduciendo los costos de producción de los mismos. Para la implantación de esa tecnología, la producción autónoma de alevines es muy importante, permitiendo la continuación del sistema integrado para el pequeño productor.

El objetivo de estos trabajos es maximizar la producción de *O. aureus* tanto en biomasa como en número de alevines, usando fertilización orgánica y altas densidades de siembra. El presente estudio trata del efecto de la tasa de siembra sobre el crecimiento y la producción de *O. aureus*.

Material y métodos

Materiales

Se cultivó *Oreochromis aureus* en 3 estanques de tierra. Los estanques están localizados en la Estación Acuícola "Los Diamantes", del Ministerio de Agricultura y Ganadería, en Guápiles, Limón, y poseen un área de 1065 m², 990 m² y 870 metros cuadrados, con una profundidad media de 1 m.

El ensayo se efectuó en dos oportunidades: de mayo a septiembre de 1985, la primera vez, y de noviembre de 1985 a febrero de 1986, la segunda. Para los dos ensayos efectuados, se utilizaron 56550 alevines de *O. aureus* en una relación teórica de hembras-machos de 1:1.

Procedamiento experimental

Las densidades estudiadas fueron 5, 10 y 15 peces por metro cuadrado. En estos ensayos no se utilizó alimento suplementario, sino únicamente fertilización orgánica a base de estiércol de cerdo, que era pesado en estañones sobre una romana con capacidad para 200 kilogramos, y suministrado en los estanques por la mañana (de lunes a viernes) y en diferentes puntos de los mismos. Se distribuyeron 35 kg al estanque con 5 peces/m², 65.3 kg al estanque con 10 peces/m² y 86 kg al estanque con 15 peces (los pesos corresponden a peso húmedo). La cantidad de estiércol suministrado fue constante durante todo el período de experimentación.

Parámetros

Para medir el crecimiento de los peces se realizó muestreos quincenales al azar, tomando un mínimo de un 1% de la población, con una red de 25 metros de largo por 2 metros de ancho, con un ojo de malla de 0.5 cm x 0.5 cm. Una vez anestesiados los ejemplares fueron pesados en conjunto, en una romana con capacidad para 20 kg. Así se obtuvo el peso total de la muestra. También fueron medidos para obtener el tamaño total en centímetros, considerándose la medida, desde la punta de la boca hasta el extremo libre de la aleta caudal. Los peces después del análisis biométrico, y una vez recuperados de la anestesia, fueron devueltos al estanque.

Al final de cada ensayo, los peces se contaron y pesaron, y, de una muestra de al menos 1%, se midieron la longitud. Se determinó para cada estanque la tasa de supervivencia y mortalidad, producción total en kilogramos por hectárea por año y el número de alevines producidos.

Análisis estadístico

Producción

Para analizar los datos de producción (crecimiento individual, cosecha, producción anual, tasa de supervivencia y cantidad de alevines producidos) se consideraron los ensayos 1 y 2, como réplicas y se les sometió a un análisis de varianza con la densidad de siembra como factor de tratamiento, según el modelo:

$$[\text{Variable}]_{ij} = \mu + [\text{Dens.}]_i + e_{ij}$$

La homogeneidad de las varianzas se averiguó con la prueba de Bartlett (Sokal & Rohlf, 1969).

Crecimiento

Con los datos obtenidos de los muestreos quincenales se ha obtenido información sobre el crecimiento y la condición de los peces, calculando la relación longitud peso para cada densidad y en cada ensayo. A partir de esta relación se calculó el índice de condición, según Le Cren (1958) y através de la transformación de Ford-Walford se determinó la expresión de von Bertanffy para el crecimiento de *O. aureus* en los estanques analizados.

Resultados y Discusión

Datos de producción

El cuadro 1 muestra los resultados más importantes de los diferentes ensayos. Se observa que aunque el crecimiento individual es menor en los estanques con 15 peces/m², tanto la cosecha como la producción neta es menor en los estanques con 5 peces/m². Es obvio, el crecimiento se reduce a densidades altas, la producción y biomasa final aumentan al haber mayor cantidad de peces. El rendimiento diario varía de 13.3 a 39.6 kg/ha, siendo este último muy alto en comparación con datos de la literatura. En estanques muy abonados, el rendimiento diario es máximo alrededor 30 kg/ha (Schroeder, 1980;

Cuadro 1. Crecimiento, rendimiento, producción anual, supervivencia y producción de alevines de *Oreochromis aureus* a tres densidades de siembra. Los ensayos se llevaron a cabo en tres estanques y repetidos en tiempo.

Table 1. Growth, yield, estimated yearly production, survival rate and offspring production in three ponds of *Oreochromis aureus*, stocked at three different densities. The experiments were repeated in time.

Fish density:	5/m ²		10/m ²		15/m ²	
Experiment nr.:	1	2	1	2	1	2
Pond size (m ²)	1065	1065	90	990	870	870
Culture period (days)	106	92	105	91	107	90
Final weight (g)	37.6	31.6	32.4	39.1	30.5	24.7
Growth (g)	22.0	26.1	26.2	29.6	14.8	20.0
Yield (kg/ha/day)	15.3	13.3	23.6	32.8	39.6	29.9
Net Production (kg/ha/year)	3783	5180	9118	11889	7583	12170
Survival rate (%)	76.5	72.5	70.7	68.7	84.7	66.2
Larvae production (10 ⁻³ N/m ² /day)	2.8	5.6	7.3	3.4	0.04	1.0

Oláh, 1986). Luego, la cantidad de alevines producidos se reduce drásticamente en los estanques de 15 peces/m², confirmando la teoría de la relación existente entre densidad-reproducción de tilapias. Los resultados de este trabajo indican que la densidad crítica es superior a 10 peces/m², ya que a esta densidad se obtuvo un número significativo de alevines.

El análisis de varianza no detectó un efecto significativo ($p < 0.05$) de la densidad sobre ninguno de los parámetros analizados (Cuadro 2), tal vez debido a la elevada varianza de los resultados y al número reducido de réplicas. Sin embargo se debe mencionar la fuerte influencia de la densidad sobre el crecimiento individual y sobre el rendimiento diario, mostrando valores de probabilidad menores de 0.10 (0.0875 y 0.0721 respectivamente).

Cuadro 2. Análisis de la varianza (cuadrados medios y valores de p-para la prueba de Bartlett sobre homogenidad de las varianzas) de los diferentes parámetros mencionados en cuadro 1.

Table 2. Analysis of variance (mean squares, and p-values for Bartlett's test of equal variances) of the different production parameters mentioned in table 1.

Parameter	Source of variation	Df	MS	Probability Bartlett's test
Growth	Density	2	56.43	0.94
	Remainder	3	9.24	
Daily Yield	Density	2	218.10	0.52
	Remainder	3	30.46	
Production	Density	2	1.97.10 ⁷	0.79
	Remainder	3	5.45.10 ⁶	
Survival	Density	2	19.00	0.23
	Remainder	3	60.37	
Larvae Production	Density	2	12.73	0.60
	Remainder	3	4.00	

Crecimiento

Los parámetros de la relación longitud-peso y los índices de condición se resumen en el cuadro 3. Los valores estimados de "b" variaron de 1.91 a 3.11, siendo el valor de 1.91 correspondiente a la densidad de 15 peces/m² en el ensayo nr. 2, un valor que se aleja del valor estimado para todos los datos juntos. El índice de condición de este estanque se desvia también mucho de los demás, siendo entre 2 a 5 veces más alto. Estas observaciones hacen pensar que en este estanque se cometió un error de muestreo.

En términos generales se podría observar una disminución del índice de condición cuando se aumenta la densidad de 5 a 10 peces/m². El número de datos es demasiado pequeño para poder determinar estadísticamente una relación significativa.

Excepto para la densidad 5/m² en el ensayo 1, los valores quincenales del índice de condición no mostraron cambios significativos de la condición en función del tiempo. Generalmente, se presentan crecimientos y disminuciones posiblemente ocasionadas por condiciones ambientales, comportamiento reproductivo y disponibilidad de alimento.

Los parámetros más importantes de la determinación de las curvas de von Bertalanffy están resumidos en cuadro 4. En cuanto a los valores de L_∞ no se puede detectar el cuadro diferencias significativas, variando de 12.1 cm a 16.3 cm con promedios de 15, 13.2 y 14 cm para las densidades de 5, 10 y 15 peces/m² respectivamente. Al ser κ el parámetro que indica la velocidad para alcanzar L_∞, sus valores son los más importantes. En ambos experimentos, se observa un valor mayor de κ

Cuadro 3. Parámetros a y b de la relación longitud-peso de *O. aureus* y el índice de condición según le Cren (1958) para cada ensayo del estudio.

Table 3. The parameters a and b of the length-weight relationship and the condition factor according to Le Cren (1958) of *O. aureus* as assessed in the different culture trials.

Fish density (N/m)	Pond trial	a	b	Condition Factor
5	1	0.094	2.35	0.068
	2	0.045	2.65	0.042
10	1	0.014	3.11	0.020
	2	0.030	2.80	0.033
15	1	0.021	2.94	0.026
	2	0.224	1.91	0.129
Overall			2.71	

Cuadro 4. Parámetros en la ecuación de von Bertalanffy calculado para cada ensayo.

Table 4. Estimates for the parameters in the von Bertalanffy equations assessed for the different culture trials.

Pond trial Fish density	L _∞ (cm)	K (10 ⁻²)	t ₀
Experiment 1			
5/m ²	16.3	0.96	74.97
10/m ²	12.1	4.44	14.88
15/m ²	12.8	2.27	61.74
Experiment 2			
5/m ²	13.6	1.98	29.21
10/m ²	14.2	2.29	31.00
15/m ²	15.2	1.13	26.96

a la densidad de 10 peces/m² lo que hace que esta sea la densidad de cultivo más favorable.

Sin embargo, las curvas de von Bertalanffy (fig. 1) no demuestran que existía un efecto significativo de las densidades utilizadas. Esta conclusión fue confirmada por el análisis de varianza (oneway) sobre L_{∞} y κ , tomando los dos experimentos como réplicas. Los valores de F (2 grados de libertad contra 3) fueron respectivamente 0.56 (p=0.62) y 1.84 (p=0.30).

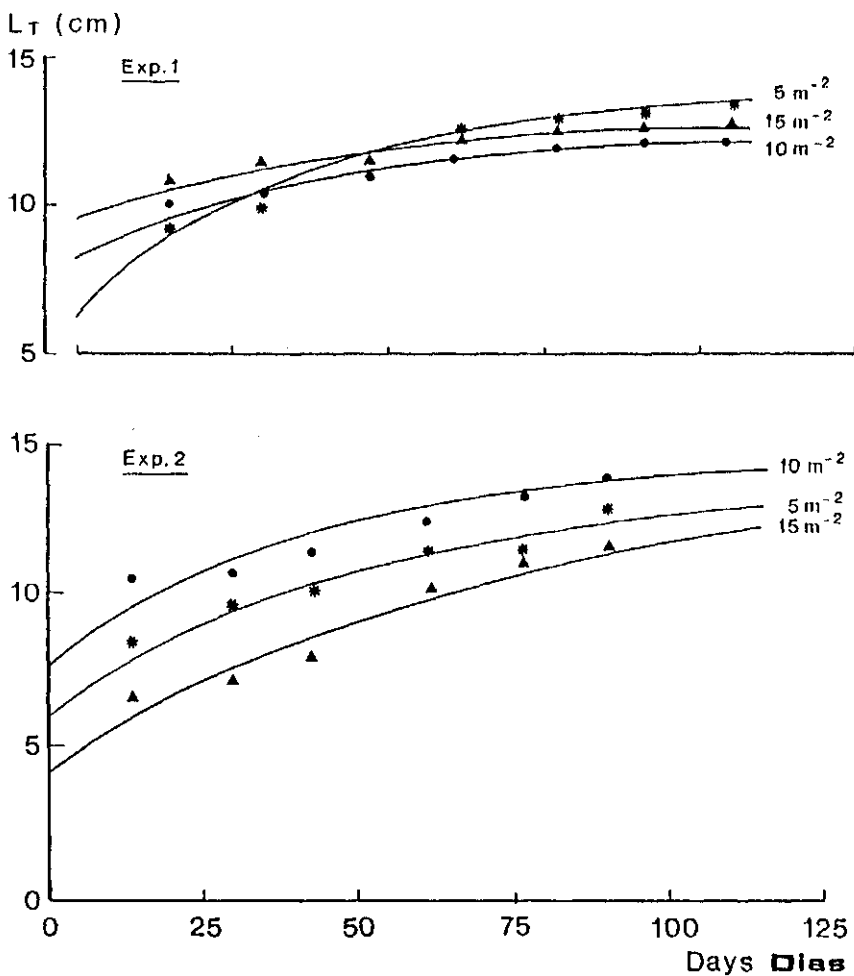


Figura 1. Curvas de von Bertalanffy estimadas para cada ensayo y densidad de *O. aureus*.

Figure 1. The von Bertalanffy growth curves of *O. aureus* as assessed for the different trials and stocking densities.

Conclusiones

No se pudo detectar ningún efecto estadísticamente significativo de la densidad de siembra sobre los parámetros estudiados. Sin embargo se pudo observar que tanto el rendimiento diario como la producción anual, la velocidad de crecimiento, estimado mediante la curva de von Bertalanffy y como la producción de alevines, fueron los mayores en la densidad de 10 peces/m². Además, se pudo constatar que el cultivo de *O. aureus* a densidades altas influye sobre la reproducción de esa especie, obteniéndose a 15/m² una escasa producción de alevines.

Ya se ha mencionado anteriormente que el cultivo de subsistencia en zonas rurales necesita de un sistema de auto-producción de alevines. Por lo tanto, por su mayor rendimiento tanto en kilogramos como en alevines, la densidad de 10 peces/m² está considerada como la más favorable para este tipo de cultivo en Costa Rica. Podría servir como tecnología paralela a la desarrollada para la producción de *O. aureus* a nivel comercial, dejando la elección del sistema de producción al acuicultor.

Agradecimientos

Al Ministerio de Agricultura y Ganadería, por las facilidades brindadas a través del Departamento de Acuicultura para la realización de este trabajo.

A la Fundación Internacional para la Ciencia (I.F.S.) por su apoyo económico.

A la Bióloga Nazareth Vargas Aragónes por su colaboración y comentarios hechos a esta investigación.

Bibliografía

- Caulton, M.S., 1982. Feeding, metabolism and growth of tilapias: some quantitative considerations. In: R.S.V. Pullin & R.H. Lowe-McConnell (eds.). The biology and culture of tilapias. ICLARM. Conference Proceedings 7, International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila, Philippines. p. 157-180.
- Guerrero, R.D. III, 1982. Control of tilapia reproduction. In: R.S.V. Pullin & R.H. Lowe-McConnell (eds.). The biology and culture of tilapias. ICLARM. Conference Proceedings 7, International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila, Philippines. p. 309-316.
- Oláh, J., 1986. Carp production in manured ponds. In: R. Billard & I. Marcel (Eds.). Aquaculture of Cyprinids, INRA, Paris, p. 295-303.
- Schroeder, G.L., 1980. Fish Farming in Manure-Loaded Ponds. In: R.S.V. Pullin & Z.H. Shedadeh, Integrated Agriculture-Aquaculture Farming Systems. ICLARM Conference Proceedings 4, p. 73-86.
- Sokal, R.R. & Rohlf, F.J., 1969. Biometry. W.H. Freeman and Co, San Francisco, 776 pp.
- Le Cren, E.D., 1951. The length-weight relationship and seasonal cycle in gonad weight and condition in the perch (*Perca fluviatilis*). J. anim. Ecol., 20:201-219.

- Hepher, B., 1978. Ecological aspects of warm water fish ponds management. In: S.D. Gerking (Ed.), Ecology of Fresh water Fish Production. Blackwell Scientific Publications, 519 p.
- Kohler, C.C. & Pagan-Font, F.A., 1978. Evaluations of rum distillation wastes, pharmaceutical wastes and chicken feed for rearing *Tilapia aurea* in Puerto Rico. *Aquaculture*, 14: 339-347.
- Pullin, R.S.V. & Lowe-McConnell, R.H., 1982. The biology and culture of tilapias. International center for living Aquatic Resources Management. Manila, Philippines. 432 p.
- Wohlfarth, G.W. & Hulata, G.I., 1981. Applied genetics of tilapias. ICLARM, Manila, Philippines. 21 p.

USO DE ESTIERCOL DE VACUNO EN ESTANQUES PISCICOLAS DE OREO-
CHROMIS NILOTICUS EN LA REGION AMAZONICA CENTRAL (SATIPO) DE
PERU

THE USE OF COW MANURE IN PONDS OF *Oreochromis niloticus* IN
THE CENTRAL AMAZONIAN (SATIPO) REGION OF PERU

J. Moscoso

Departamento de Piscicultura, Universidad Nacional Agraria,
Apartado 456, La Molina, Lima, Perú.

Resumen

Con la finalidad de determinar en las condiciones locales, el potencial del policultivo de tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) y carpa común (*Cyprinus carpio*), se llevó a cabo en la unidad piscícola de Satipo una secuencia de cinco experimentos con una duración de 120 días cada uno.

A través de estas experiencias se logró elevar la producción desde 50 a 1300 kg/ha, aplicando 100 kg materia seca/ha/día de estiércol fresco de vacuno. Además se administró alimento adicional a base de polvillo de arroz a razón de 4% de la biomasa de peces y obteniéndose un Factor de Conversión de 2.7.

Si bien es factible mejorar la producción, el nivel alcanzado ya permite fomentar la piscicultura comercial en la región.

Summary

Five experiments, each lasting 120 days, were carried out to assess the potential of pond polyculture, using carp (*Cyprinus carpio*) and Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). Combined administration of fresh cow manure (100 kg dry matter/ha/day) with rice bran (4% of total fish biomass per day) proved most effective and yielded some 1300 kg/ha, the relative feed conversion rate being 2.7.

Although present production figures can still be increased, even at this level commercial fish culture holds good prospects.

Introducción

La demanda potencial de pescado en la región Amazónica Peruana será de 70000 Tm/año en el año 2000. La pesca está concentrada en la Selva Baja y durante los últimos años mantiene un volumen de captura anual de 8000 Tm. La Selva Alta que muestra el mayor desarrollo agropecuario es principalmente abastecida con pescado marino de baja calidad. Frente a esta situación, la piscicultura es la única alternativa para satisfacer la creciente demanda regional. La estimación de dos millones de hectáreas con aptitud piscícola y el desar-

Cuadro 1. Plan experimental de los diferentes ensayos descritos en este estudio.
 Table 1. The experimental set up during the different experiments reported in this study.

Experiment	Treatment	Variables	Species ¹ (N/ha)	Replicates	Remarks
1	a) manure only ² (kg/ha/d) fish densities (N/ha)	180 2222,6667 8857,27000	t	1	handsexed mono- sex culture liming see above
	b) feed only (rice flour) fish densities (N/ha)	4% biomass/d 3000; 5000	t	1	no manuring 90 days culture
2	Manure only ² Feed only (rice flour) Manure + Feed	100 4% Biom/d see above	t (3000)	1	handsexed mono- sex culture
3	2-factorial design:				
	a) Monoculture (t) vs Poly- culture	t - t + c	t (3000) c (3000)	2	Feeding in all ponds
	b) Manuring vs no manuring ²	0-100			
4	2-factorial design:				
	a) tilapia density (N/ha)	3000 ; 5000	t + c	2	Manuring ² in all ponds (100 kg) Feeding in all ponds
	b) carp density (N/ha)	3000 ; 5000			
5	2-factorial design				
	a) fish density (N/ha)	6000 ; 10000	t + c	2	Manuring in all ponds (100 kg/ha/d)
	b) feed type	rice flour; trates for domestic animals	(50%- 50%)		

1 t = *O. niloticus*; c = *C. carpio*

2 quantity expressed in kg dry matter/ha/day

rollo agropecuario de la Selva Alta hacen factible esta alternativa.

Sin embargo, durante 20 años se han efectuado programas de fomento piscícola en diferentes lugares de la región, con resultados poco significativos. Entre las causas se pueden citar la falta de recursos humanos capacitados, la incoherencia de los programas, y el empeño en utilizar exclusivamente especies nativas de tecnología desconocida y difícil reproducción.

Es por ello que la Universidad Nacional Agraria inició en 1980 el Proyecto "DESARROLLO PISCICOLA DE LA SELVA CENTRAL" con la finalidad de fomentar la piscicultura de autoconsumo y comercial. El avance se ha centrado en los siguientes aspectos: a. Estudio del potencial piscícola de la zona, b. Definición de una tecnología de producción, c. Fomento de la actividad en la zona.

El programa de investigación realizado en el período 1983-86 y auspiciado por la IFS, ha tenido como objetivo establecer un paquete tecnológico básico. Este se sustenta en el sistema asiático de policultivos, asociando Tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) y Carpa común (*Cyprinus carpio*) y utilizando estiércol de vacuno y polvillo de arroz por ser los ingredientes más abundantes en la región.

Materiales y métodos

Durante el período 1983-86, se realizaron una secuencia de 5 experimentos en la Unidad Piscícola de Satipo, con el objetivo de incrementar progresivamente la producción, mediante la modificación o adición de diversos factores. Los más importantes fueron los siguientes:

- tasa de siembra y abonado (estiércol de vacuno)
- alimentación complementaria (polvillo de arroz)
- monocultivo de tilapia (*Oreochromis niloticus*) ó policultivo con carpa (*Cyprinus carpio*)
- mejora del policultivo por el tipo de alimento y la densidad.

Los experimentos tuvieron una duración de 120 días cada uno, excepto el primero que abarcó 3 períodos de 60 días. Los diseños experimentales utilizados se resumen en el cuadro 1. Los datos del experimento 1 fueron compilados de varios ensayos preliminares.

Los experimentos se realizaron en 6 (Exp. 1 y 2) u 8 estanques (el resto). Estos estanques experimentales tenían 400 m² de superficie cada uno, 1 m de profundidad y estaban provistos de entrada de agua y desagüe independientes (Figura 1).

La población experimental estuvo formada por tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) y carpa común (*Cyprinus carpio* L.) de la línea asiática denominada "Barrigona". Se utilizó sólo machos de tilapia obtenidos por sexaje manual. Inicialmente se usó la "rotenona" para eliminar los alevines de tilapia remanentes en los estanques. Posteriormente, se controló la reproducción accidental con especímenes pequeños del pez predador "Fasaco" (*Oplias* sp.).

El estiércol fresco de vacuno con un contenido de 20% de materia seca era diluido y aplicado sobre toda la superficie



Figura 1. Los estanques experimentales (400 m²)
Figura 1. The experimental ponds (400 m²)



Figura 2. Aplicación del estiércol de vacuno en los estanques.
Figure 2. The manuring of the ponds.

de los estanques (fig. 2). El polvillo de arroz era suministrado a razón del 4% de la biomasa de peces, en un comedero flotante instalado en los estanques. Tanto el estiércol como el alimento se proporcionó una vez al día durante 6 días a la semana.

Una muestra equivalente al 10% de la población fue capturada mensualmente para controlar crecimiento. La supervivencia y la producción fue determinada en la cosecha final.

La temperatura máxima y mínima se registró diariamente. Los valores de pH y oxígeno disuelto se tomaron semanalmente a las 6:00 horas y sus ciclos diarios cada mes. Muestras de agua fueron tomadas quincenalmente para determinar N-amonio, N-nitritos, N-nitratos, fosfatos solubles y alcalinidad (SBV). La productividad primaria y la demanda bioquímica de oxígeno también se midieron cada 15 días. Además, el pH fue regulado periódicamente a 7.0 mediante aplicación de 150 kg/ha de cal apagada (Ca(OH)_2) por grado a elevarse.

Resultados y discusión

Condiciones medio ambientales de los estanques

En general, no se encontraron diferencias significativas en los parámetros evaluados para los distintos tratamientos experimentales.

La temperatura osciló entre 24.0°C para las mínimas y entre 28.1 y 32.2°C para las máximas, lo que se puede considerar como favorable (Phillipart & Ruwet, 1982).

En el experimento 1 se encontraron valores mínimos de oxígeno de 2 mg/l cuando se aplicó tasas de abonado de 200 kg MS/ha/día, pero no se observaron problemas de deficiencia en los peces. En los otros experimentos, los valores de oxígeno fueron siempre más altos.

La producción primaria osciló entre 0.9-0.4 mg C/l/hora y es considerada baja si se compara con 15 mg C/l/hora, considerada por Schroeder (1978) como óptima en estanques abonados. El N-Nitratos varió de 0.62 a 0.05 mg/l entre los estanques con y sin abonamiento. Hepher (1976) recomienda una concentración de nitratos de 0.5 mg/l.

Producción

Los resultados de producción de los diferentes experimentos están enumerados en los cuadros del 2 al 5.

Experimento 1

En ensayos preliminares, no presentados aquí, la producción natural osciló alrededor 45-50 kg/ha. Según los resultados obtenidos en el experimento 1 se puede elevar esta producción a 747 kg/ha cuando se abona con 180 kg/ha/d (materia seca). La densidad de siembra tiene una influencia mayor sobre la producción, elevándose de 3.87 kg/ha/día a una densidad de 2222 hasta 8.20 kg/ha/día a una densidad de 8857 peces/ha. Una densidad más alta (17000/ha) no aumenta la producción de una manera significativa. Es notable que con alimentación adicional de polvillo de arroz, la producción diaria es mayor que en estanques con abonado y densidades similares. El el

caso de alimentación, el incremento de la densidad de 3000 a 5000 tilapias/ha permitió elevar la producción de 711 a 889 kg/ha, sin una reducción notable del tamaño final. La tasa de conversión del polvillo de arroz fue de 2.7.

Experimento 2

Utilizando 3000 tilapia/ha y abonando con 100 kg/MS/ha/día de estiércol de vacuno, se obtuvo una producción de 545 kg/ha, que fue elevada a 796 kg/ha, cuando se adicionó polvillo de arroz como alimento complementario. Los estanques con alimentación y sin abonar produjeron 663 kg/ha.

Cuadro 2. El efecto de la densidad y del manejo del estanque (estiércol, alimento) sobre el crecimiento, el rendimiento y la producción diaria de *O. niloticus*.

Table 2. The effect of fish density and pond management (manuring, feeding) on the growth, yield and daily production of *O. niloticus*.

Treatment	Fish density	Weight (g) start	Weight (g) final	Yield (kg/ha)	Production (kg/ha/day)
<u>Experiment 1</u>					
a) manure ¹	2222	29.0	157.9	578	3.87
	6667	24.8	88.2	747	4.81
	8857	6.9	37.2	554	8.20
	27000	5.9	24.7	667	8.67
c feed ²	3000	50.1	253.3	711	4.67
	5000	45.8	225.1	889	5.49
<u>Experiment 2</u>					
manure ³	3000	39.8	183.6	545	3.54
feed ²	3000	37.1	225.6	663	4.60
manure ³ + feed ²	3000	37.0	209.7	796	5.71

¹ manuring rate: 180 kg dry matter/ha/day

² feeding rate: 4% of the fish biomass/day; feed: rice flour

³ manuring rate: 100 kg dry matter/ha/day

Experimento 3

La producción de 3000 tilapias/ha con abonamiento fue de 810 kg/ha. La adición de carpa en la misma densidad permitió elevar la producción total a 1300 kg/ha. aún cuando la de tilapia se redujo a 621 kg/ha. En este policultivo de carpa, la tilapia es obvio que sufrió una competencia negativa de carpa, confirmando los resultados de Yashouv (1969).

Cuadro 3. El efecto de la alimentación o del abonado sobre el rendimiento y la producción en los monocultivos o los policultivos de *O. niloticus* y *C. carpio*.

Table 3. The effect of feeding and manuring on the yield and fish production in monocultures and polycultures of *O. niloticus* and *C. carpio*.

	Feeding		Feeding + Manure	
	Yield (kg/ha)	Production (kg/ha/d)	Yield (kg/ha)	Production (kg/ha/d)
<u>Monoculture</u>				
tilapia	798	5.23	810	5.35
<u>Polyculture</u>				
tilapia	643	3.91	621	3.76
carp	382	3.06	662	5.38
total	1025	6.96	1283	9.14

Experimento 4

El incremento de la densidad de 3000 a 5000 peces/ha de cada especie determinó que la producción total se elevara de 750 a 1300 kg/ha, sin una reducción significativa de las tasas de crecimiento. El uso de densidades alternativas para cada especie de 3000 y 5000 peces/ha no fue muy diferente y determinó una producción intermedia de 1000 kg/ha. En general, los rendimientos obtenidos en este experimento fueron bajos por un control deficiente de la acidez del agua.

Cuadro 4. El efecto de la densidad total y de la proporción de las especies sobre el rendimiento y la producción del policultivo de *O. niloticus* y *C. carpio*.

Table 4. The effect of fish density and species composition on the yield and production of polycultures of *O. niloticus* and *C. carpio*.

Parameter	3 t	3 t	5 t	5 t
	3 c	5 c	3 c	5 c
<u>Yield (kg/ha)</u>				
tilapia	379	412	628	712
carp	358	565	324	584
total	737	977	952	1296
<u>Production (kg/ha/d)</u>				
tilapia	2.40	2.46	3.46	4.33
carp	2.69	4.17	2.32	4.34
total	5.09	6.63	5.78	8.67

Experimento 5

El uso de concentrado para animales domésticos permitió alcanzar una producción de 140 kg/ha, mejora que sólo significó un incremento de 100 kg respecto a la producción de 1350 kg/ha obtenida con polvillo de arroz. El incremento de la densidad de 3000 a 5000 peces/ha en cada especie determinó una diferencia de 450 kg/ha en los peces alimentados con concentrado.

Cuadro 5. El efecto de la densidad de los peces y del tipo de alimento sobre el rendimiento del policultivo de *O. niloticus* (t) y *C. carpio* (c). Las densidades están expresadas por número de peces/m², el rendimiento por kg/ha.

Table 5. The effect of fish density and feed type on the fish yield in polycultures of *O. niloticus* (t) and *C. carpio* (c). Densities are expressed as number of fish/m², yield as kg/ha.

Density	3 t	5 t
Feed	3 c	5 c
<u>Rice</u>		
tilapia	453	790
carp	628	580
total	1181	1370
<u>Pellets</u>		
tilapia	582	825
carp	426	615
total	1008	1440

Incremento de la producción a través de las experiencias consecutivas

Los experimentos consecutivos fueron diseñados en función a los resultados anteriores con la finalidad de incrementar progresivamente la producción, hasta consolidar un paquete tecnológico básico (Fig. 3 y 4).

Se ha podido constatar la factibilidad de producir 1300 kg/ha mediante un policultivo de tilapia y carpa cultivadas a 3000 peces/ha cada una, alimentadas con polvillo de arroz a razón de 4% de su biomasa y aplicando un abonado con 100 kg MS/ha/día de estiércol fresco de vacuno.

Lovshin et al. (1977) obtuvieron en 253 días una producción de 980 kg/ha con machos híbridos de tilapia cultivados a densidades de 5600 ha y alimentados con torta de ricino y subproducto de trigo. Asimismo, Wohlfarth (1978) logró entre 680 y 1120 kg/ha de tilapia cultivada en policultivo a baja y alta densidad respectivamente, alimentadas con granos y aplicando de 50 a 190 kg MS/ha/día de estiércol de vacuno.

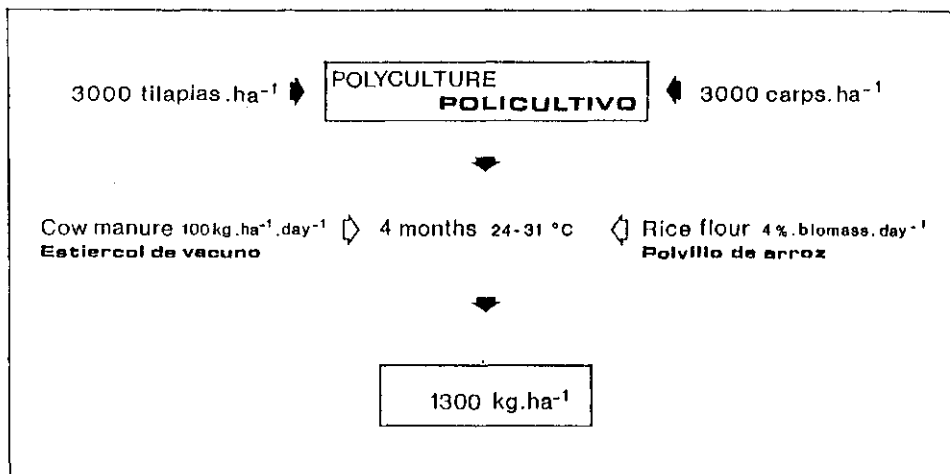


Figura 3. Tecnología básica de producción piscícola desarrollada para la piscicultura rural en la Selva Central.
 Figure 3. Basic culture technology package developed for the rural fish culture in the Selva Central.

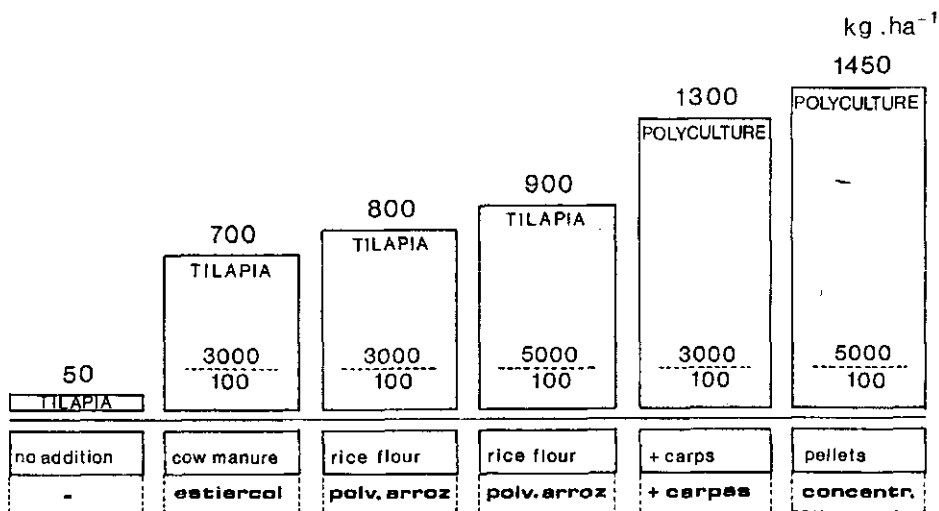


Figura 4. Incremento de la producción piscícola a través de varias tecnologías aplicadas en los ensayos descritos en este estudio.
 Figure 4. The increase of pond production by the use of different culture technologies in the experiments reported in this study.

Otra experiencia fue realizada por Cruz & Laudencia (1979) con 2000 tilapias/ha en policultivo con *Chanos chanos*. El uso de polvillo de arroz a razón de 5% de la biomasa determinó una tasa de conversión de 3.6 y una producción neta de 248 kg/ha para la tilapia.

Bibliografía

- Colt, J., Ludwig, R., Tchobanoglous, G. & Cech, J., 1981. The effects of nitrite on the short term growth and survival of channel catfish (*Ictalurus punctatus*). *Aquaculture*, 24: 111-122.
- Cruz, E. & Laudencia, I., 1980. Polyculture of milkfish (*Chanos chanos*), all male Nile Tilapia (*Tilapia nilotica*) and Snakehead (*Ophicephalus striatus*) in fresh water ponds with supplemental feedings. *Aquaculture*, 20: 231-237.
- Hepher, B., 1976. On the Limnology of fish ponds. Fisheries Department. Ministry of Agriculture, Israel, 45 p.
- Lovshin, L., Da Silva, A., & Fernandez, J., 1977. The intensive culture of all male hybrid of *Tilapia hornorum* (male) x *T. nilotica* (female) in Northeast Brasil. *FAO. Fish. Rep.*, 159 (1) : 162-179.
- Philippart, J. & Ruwet, J. 1982. Ecology and distribution of Tilapias. In: R.S.V. Pullin & R.M. Lowe McConnel (eds.), *The biology and culture of tilapias*, ICLARM Conference Proceedings, 7: 15-59.
- Schroeder, G., 1980. Fish farming in Manure loaded ponds. In: R.S.V. Pullin & Z.H. Shehadeh (eds.), *Integrated Agriculture-Aquaculture Farming Systems*, ICLARM Conference Proceedings, 4: 73-86.
- Wohlfarth G., 1980. Use of Manure in aquaculture. Some experimental results. By/ Neur, paper No. 1, Referant No. 13.
- Wohlfarth, G., 1978. Utilization of Manure in Fish farming. In: Pastakia, C.M.R. (Ed.), *Proceedings Conference on Fish Farming and Wastes*, Institute of Fisheries Management and Society of Chemical Industry, University College, London, Janssen Services: pp. 78-95.
- Yashouv, A., 1969. The Fishpond as an experimental model for study of interactions within and among fish populations. *Verh. Internat. Verein. Limol.*, 17, pp. 582-593.

ENFERMEDADES PARASITARIAS DE PECES TROPICALES DEL PERU

PARASITIC DISEASES OF TROPICAL FISHES IN PERU

V. Paredes

Laboratorio de Ictiopatología, Departamento de Piscicultura y Oceanología, Universidad Nacional Agraria, La Molina, Apartado 456, Lima, Perú

Resumen

Se describen enfermedades parasitarias de importancia para los peces nativos de la Amazonía con el objetivo de conocerlas y determinar medidas de control sanitario. Se trabajó con *Colossoma macropomum* "gamitana", *Colossoma brachypomum* "Paco", *Brycon erythropterus* "Sábalo cola roja" y *Prochilodus nigricans*. Se hace la descripción taxonómica de los parásitos analizados y las señales clínicas en los huéspedes. Los parásitos descritos en los peces son: Myxosporidios: *Myxobolus* y *Henneguya*; Monogeneos: *Anacanthorus* y *Dactylogyrus*; Trematode Digineo: *Dadaytrema*, Acantocefalo: *Neoechinorhynchus* y Copepodos: *Perulernaea gamitanae* y *A. plexibranchius bryconis*. Se da la distribución geográfica de los mismos y avances sobre su incidencia y patología.

Summary

This paper reports a study to identify important parasitic diseases in indigenous characid fish species in the Amazonian region of Peru with the ultimate aim to formulate necessary sanitary measurements. Description of the main parasitic diseases included: *Myxosporidiosis* caused by *Myxobolus*, *Dadaytrema* and *Acanthocephalosis* caused by *Neoechinorhynchus*. Also parasitic copepods, such as *Perulernaea gamitanae* and *Amplexibranchius bryconis* were reported. The geographic distribution of these parasites and some characteristics of their pathology are given.

Introducción

Los peces caracoides son considerados en los planes para el desarrollo de la Piscicultura intensiva en la Amazonía Peruana, por sus condiciones biológicas, adaptación al cultivo, su calidad y gran demanda para el consumo humano en las zonas rurales y urbanas de la Selva. En el presente trabajo se describen enfermedades parasitarias que afectan a los peces de los géneros *Colossoma*, *Brycon* y *Prochilodus*, procedentes del ambiente libre y de cultivo. El objetivo del trabajo se dirigió hacia el conocimiento de las enfermedades importantes a que son susceptibles los peces amazónicos objeto de cultivo para establecer posteriormente las medidas de control sanitario necesarias.

Material y Métodos

Se analizaron peces huéspedes pertenecientes a la familia Characidae: *Colossoma macropomum* "Gamitana"; *Colossoma brachypomum* "Paco", *Brycon erythropterum* "Sábalo cola roja" y *Prochilodus nigricans* "Boquichico". Las muestras procedían del ambiente del Río Amazonas y Ucayali y de ambientes de cultivo de Iquitos y Pucallpa. Se analizaron las muestras procedentes de las vísceras usando los métodos de aislamiento, disociación, fijación, aclaración y coloración. Para las mediciones se usó el ocular micrométrico y los dibujos se hicieron con cámara clara.

Resultados

Parasitosis de *Colossoma macropomum* "gamitana".

A nivel intestinal la gamitana se encontró afectada por la presencia del acantocéfalo *Neoechynorhynchus*. El intestino se hallaba perforado, sin contenido intestinal y con líquido acuoso amarillo sanguinolento. Los peces se hallaban parasitados con un promedio de 26 parásitos por pez. Esta parasitosis sólo se encontró en Iquitos y en peces del ambiente libre. A nivel de branquias se aisló monogéneos del género *Dactylogyrus*, en número reducido, tanto en el ambiente libre como de cultivo en Iquitos y Pucallpa. No se consideró una parasitosis de importancia. A nivel de las fosas nasales se registró e identificó al copepodo *Perulernaca gamitanae*, que afectaba la mucosa nasal debido a sus lóbulos laterales cefálicos.

Parasitos de *Colossoma brachypomum* "Paco".

Tras los análisis se hizo el diagnóstico de una "Nodulosis bronquial" por el myxosporidio *Henneguya* sp. Los peces manifestaron señales de la enfermedad sólo cuando la infección fue muy aguda. Se mantenían cerca de la superficie del agua y con natación lenta, boqueaban con frecuencia y tenían los opérculos abiertos, muriendo en pocas horas por asfixia. La mortalidad se registró con una frecuencia de 7 peces por día, llegando a un total de 250 peces de 3 años de edad. En forma asociada, en el epitelio branquial se registró el monogéneo *Dactiligyrrus* sp., pero en número reducido. A nivel intestinal se encontró el trematodo digéneo, *Daedaytrema* sp., se registró en peces de vida libre de Iquitos, en un promedio de 16 parásitos por intestino. Myxobolus, se encontró como parásito no importante en las branquias de *Brycon erythropterum* "Sábalo cola roja". A nivel del epitelio branquial se registró un monogéneo del género *Anacanthorus* sp. De un total de 80 sábalos, el 16% se encontró parasitado con el monogéneo, y el 80% con el copépodo, *Amplexibranchius bryconis*, ocasionando hipertrofia del filamento y necrosis que provoca la muerte a los peces.

Parasitosis de *Prochilodus nigricans*.

Se analizaron 30 peces procedentes del ambiente libre y 4 de cultivo, registrándose sólo un 3% de parasitosis a nivel branquial de *Ergasilus* sp. con una frecuencia de 3 a 4 parásitos por huésped. También se observó *Dactylogyrus* cuya incidencia fue mínima y estuvo presente en ambientes de vida libre y de cultivo de Iquitos. Ocasionalmente se ha encontrado pequeños nódulos del género *Myxobolus* a nivel branquial de peces de vida libre.

Discusión

Los parásitos descritos, se estudiaron a nivel de género, quedando su determinación como especie sujeta a una amplia revisión taxonómica.

Schmidt & Huggins (1973), citan acantocefalos de la especie *Neoechynorhynchus buttnerae* Golvan, 1956, que fueron recogidos de *Colossoma nigripinnis* (Cope) del río Amazonas, cerca de Leticia, Colombia. Las especies fueron descritas también en *Myletes macropomis* Knes, (Characidae), en forma similar a los peces muestreados en el presente trabajo. *Neoechynorhynchus* spp. fueron encontrados también en *Prochilodus nigricans* del Lago Yarinacocha, cerca Pucallpa, Perú. Nickol & Thatcher (1971), encontraron *Neoechynorhynchus* sp. y *Prochilodorum* sp. en *Prochilodus reticulatus*.

Yamaguti (1971), menciona que *Dadaytrema* es un parásito gastro-intestinal de peces y describe las características del género *Dadaytrema* que coinciden con las características del parásito hallado en el intestino de *Colossoma brachypomum*.

Davis (1944) estableció el género *Myxobolus*, basándose en la asimetría de las valvas de la concha y en la presencia de una cápsula polar en cada valva, y lo considera sinónimo de *Henneguya*, de branquias de peces de agua dulce. *Henneguya* sp., encontrada en *Colossoma brachypomum* y *Henneguya exilis*, que parasita *Ictalurus punctatus*, mide hasta 3 mm., asimismo las esporas tienen una longitud total de 60 - 70 μ m. La espora propiamente dicha, tiene de 18 a 20 μ m de largo por 4 a 5 μ m de ancho por 3 a 355 μ m de grueso. Parasitosis por *Henneguya*, ha sido encontrado en Tetra cardenal (*Cheirodon axelrodi*) importado de Sud America (Brown, 1980).

Anacanthorus, monogeneo encontrado en el presente trabajo, responde a las características mencionadas por Mizelle & Price (1965), en muestras recogidas en Piranha. Kritsky & Thatcher (1974), describen el parásito dentro de la familia Dactylogiridae y lo aislaron de peces de agua dulce de Colombia.

Thatcher & Roberston (1982), encuentran *Ergasilus jaraquensis* en la branquia de *Semaprochilodus insignis*. Debido a que en el presente trabajo se halló diferenciación de tres especies de *Ergasilus*, en cuanto a la modificación del segundo par de antena y pigmentación, se deberá revisar para la determinación de especies.

Kudo (1969), hace la descripción taxonómica del género *Myxobolus*, que corresponde a las características halladas en el parásito aislado en Characidos peruanos, asimismo menciona que el parásito es histozoico de peces de agua dulce. Van

Duijn (1973), describe quince especies de *Myxobolus*, aislados de piel, branquias, tejido conjuntivo y córnea de peces de agua dulce, principalmente ciprinidos. Diversos autores coinciden en que *Dactylogyrus* es un parásito de amplia distribución geográfica y peligroso en los centros de crianza (Roberts, 1978; Van Duijn, 1973; Ruiz, 1974; Reichenbach-Klinke, 1980). Las características del género son similares a las descritas por los autores.

Conclusiones

- Se determinó que las especies de Characidos Tropicales de cultivo, *Colossoma macropomum*; *Colossoma brachypomum*; *Brycon erythropterus* y *Prochilodus nigricans*, son susceptibles a las enfermedades parasitarias.

- Se describen los géneros, *Neoechinorhynchus*; *Anacanthorus*; *Henneguya*; *Myxobolus*; *Dactylogyrus*; *Dadaytrema*; y las especies *Perulernaca gamitanae* y *Amplexibranchius bryconis* como parásitos de peces de la Amazonía Peruana.

- Por la incidencia en los huéspedes se determina que son parásitos importantes: *Neoechinorhynchus*, enteroparásito de la gamitana; *Henneguya*, Myxosporidio de las branquias del Paco; *Dadaytrema*, enteroparásito del paco; *Anacanthorus*, monogeneo de branquias del sabalo cola roja; *Perulernaca gamitanae* y *Amplexibranchius bryconis*, copéodos parásitos de la gamitana y sábalo respectivamente.

Agradecimiento

Deseo expresar mi agradecimiento a la Fundación Internacional para Ciencia por financiar de este Proyecto de Investigación.

Así también, a los profesionales Biólogos de la Universidad de la Amazonía Peruana, Instituto del Mar del Perú y Aguas Continentales; CERPER; Instituto Veterinario de Investigaciones Tropicales y de Altura de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos y a la Dirección de Investigación de la Universidad Nacional Agraria "La Molina" por las facilidades y apoyo brindado.

Bibliografía

- Brown, E., 1979. Fish Farming Handbook, Spoorozoan Diseases. AVI Publishing Co.
- Davis, H.S., 1944. A revision of the genus *Henneguya* with description of two new species. Au. Mier. Soc., 63: 311.
- Kritsky, D.C. & Thatcher, V.E., 1974. Monogenetic Trematodes (*Monopisthocotylea*; *Dactylogyridae*) from freshwater Fishes of Colombia, South America. Journal of Helminthology 48: 59-66.
- Kudo, R., 1969. Protozoología. Cía. Editorial Continental S.A. 905 pp.
- Mizelle, J.D. & Price, C.E., 1965. Studies on Monogenetic Trematodes XXVIII. Gill Parasites of the Piranha with Proposol of *Anacanthorus* gen. n. The Journal of Parasitology, 51: 30-36.

- Nickol, B.B. & Thatcher, V.E., 1971. Two new Acantocephalans from neotropical Fishes: *Neoechynorhynchus prochilodorum* sp. n. and *Gorytocephalus plecostomorum* Gen. et sp. N. The journal of Parasitology, 57 (3): 576-581.
- Reichenbach-Klinke, H.H., 1980. Enfermedades de los peces. Ed. Acribia-Zaragoza (España). 507 pp.
- Roberts, R., 1978. Fish Pathology. Bailliere Tindall, London. 318 pp.
- Ruiz, R., 1974. Enfermedades más comunes de peces ornamentales en los acuarios comerciales de Iquitos. Tesis. Univ. Amazonía Peruana, Iquitos.
- Schmidt, G.D. & Huggins, E.J., 1973. Acantocephala of South American Fishes Part 1. Eoacantocephala. Journal of Parasitology, 59: 829-835.
- Thatcher, V.E. & Roberston, B.A., 1982. The parasitic crustaceans of Fishes from the brazilian Amazona.3 *Ergasilus jaraquensis*, N. sp. (Copépoda cyclopoidea) from the gills of *Semaprochilodus insignis* (Schomburgk). Rev. Brazil. Biol., 42 (3): 515-519.
- Van Duijn, C., 1973. Diseases of Fishes. London life Books, p. 125-137.

INTEGRATED AGRICULTURE - AQUACULTURE FARMING SYSTEMS: POSSIBLE HEALTH HAZARDS FROM THE USE OF EXCRETA

SISTEMAS INTEGRADOS DE AGRICULTURA - ACUICULTURA: POSIBLES PROBLEMAS DE SALUD DEBIDO AL USO DE EXCREMENTOS

L.C.A. Naegel*

De La Salle University, Manila, Philippines

Summary

Although the recycling of excrements in integrated agriculture-aquaculture farming systems offers many advantages, the risk of spreading of human diseases through these systems needs special attention. There is strong evidence that aquatic organisms may be more important vectors for human viral, bacterial, protozoal and helminthic diseases than generally realized, although conclusive epidemiological studies linking the use of excreta in aquaculture with outbreaks of human diseases are lacking.

Resumen

El uso de excretas en sistemas integrados de agricultura-acuicultura es muy beneficioso, sin embargo el riesgo de dispersar enfermedades por el mismo requiere más atención. Organismos acuáticos podrían ser vectores importantes para enfermedades humanas virales, bacteriales, protozoales o helmínticas. Hasta ahora, sin embargo faltan los estudios epidemiológicos que prueban indudablemente la incidencia de enfermedades humanas por el uso de excretas en la acuicultura.

Introduction

The integration of aquaculture with methods of recycling organic wastes and human or animal excreta originates from China. Organic wastes and excreta provide a free supply of organic fertilizers to aquaculture. Waste products are recycled into valuable food and the environment is protected from uncontrolled pollution. By including a biogas digester into the system, free energy may be obtained additionally. Also in other parts of the world integration of animal husbandry and aquaculture is becoming more and more a standard practice. Today, it is widely applied in Southeast Asia, India, and also in Europe.

The main reason for adding excreta to fish ponds is to provide organic material and, through bacterial breakdown, inorganic nutrients for the growth of bacteria and phytoplank-

* Actual adress: Aquatic Animal Biology Laboratory, Rm A-218 Bioscience Bldg, University of the Philippines at Los Baños, College, Laguna 3720, Philippines.

ton. Phytoplankton forms the base of the food chain, supporting the growth of fish and other aquatic organisms. The chemical composition of most manures fulfills all requirements for a good bacterial and phytoplankton growth. The excreta have a high content of organic matter, nitrogen, phosphorus and potassium (Table 1).

In view of the worldwide rising costs for chemical fertilizers and supplemental feed, the use of excreta in aquaculture is gaining more and more importance. However this practice has two sides: although excreta are providing an inexpensive source of nutrients for the phytoplankton they contain also a wide variety of bacterial, viral, protozoal and helminthic pathogens, which can be transmitted to man.

Where excreta are used in aquaculture, three groups of people may risk an infection: (a) Persons who consume raw or not well cooked aquatic organisms, (b) Persons who consume raw or not well cooked meat of animals that have been fed with raw fish or plants (c) Persons with occupational exposure to ponds loaden with excreta, and people handling and preparing contaminated infectious aquatic products.

Table 1. Main Components of Excreta used in Aquaculture.
Cuadro 1. La composición de los excrementos utilizados en la acuicultura.

	Pig	Dairy Cow	Chicken	Duck	Man (feces)	Man (urine)
Water (%)	71	79	56	57	70-85	93-96

	in % of dry matter					
Organic Mat.	86	81	59	60	88-96	65-85
Nitrogen	1,7	2,4	3,6	2,3	5-7	15-19
Phosphorus	1,4	0,5	3,4	3,3	3-5	2,5-5
Potassium	1,0	2,4	2,0	1,4	1-2,5	3,0-4,5
Calcium	0,3	-	5,5	4,2	4,5	4,5-6,0

after: Woynarovich, 1979; Schroeder, 1980; Feachem et al., 1981.

It has been demonstrated earlier (Bryan, 1977) that through wastewater, molluscs, fish, water plants, and shrimps may cause a significant number of diseases. In a study on the health aspects of integrated animal-fish farming in the Philippines, several examples have been described, however, mainly from a taxonomic point of view (Velasquez, 1980). The risk to catch an infection varies considerably with the type of pathogen, and before a disease outbreak manifests itself, a complicated chain of events must occur. Important points in this regard are:

a) the concentration of pathogens in the manure, the time between the excretion and infection, the survival rate of

the pathogen in the new environment and its ability to multiply there

- b) the number of intermediate hosts
- c) the practices of food handling, food preparation, food consumption and the local sanitary standards
- d) the pattern of human immunity determines whether or not an outbreak of illness occurs.

Alternative routes for transmission of the pathogen have to be considered. This may obscure the relation between the presence of pathogens in excreta and a determinable human infection (Blum & Feachem, 1985). This rather complicated situation is the reason why until today only a very limited number of epidemiological studies have focussed the attention on the public health risks associated with the reuse of excreta in aquaculture.

In the following the most important pathogens which can be correlated to disease outbreaks, will be described.

Transmission of enteric bacteria and viruses

It is generally accepted that bacterial and viral pathogens of homoiothermic organisms, including man, are not pathogenic for aquatic organisms. The latter may be considered as passive carriers and mechanical transmitters of human pathogens without the involvement of an intermediate host (Janssen, 1970). It is further supposed that fish from manure loaded ponds may carry these pathogens in their intestines, gills, and in the mucus of their skin. Tissue and blood from infected fish appeared to be sterile (Nupen, 1983; Cloete et al., 1984). In recent studies however, it could be proved that at a certain threshold concentration of pathogens in the water, both viruses and bacteria are able to penetrate into the peritoneal fluid and even into the muscles of fish (Buras et al., 1985, 1986). This result throws a new light on the transmission of viruses and bacteria to persons who may have direct contact to the intraperitoneal fluid and blood of infected fishes, such as fish handlers and housewives.

Because of the unspecific symptomatology (diarrhoea) of most enteric bacterial and viral diseases, extensive laboratory examinations are needed for diagnosis. Mainly due to a lack of laboratory facilities in countries where diarrhoea is a major health problem, e.g. the Philippines, the official statistics are not differentiating between the different microbial pathogens. Epidemiological studies which demonstrate clearly a link between bacterial, viral or protozoal infections and the consumption of aquatic organisms from excreta laden ponds, are missing. In Table 2, the most important microbial and protozoal pathogens that can be correlated with the use of excreta in aquaculture, are listed. None of these pathogens are transmitted through an intermediate host.

Enteric viruses and bacteria can survive for long periods in fresh- and seawater. Viable *Salmonella typhimurium* could be isolated from the viscera and from the epithelium of tilapia (Baker et al., 1983). Some human pathogens, such as *Vibrio parahaemolyticus* (Janssen, 1970), survive and multiply in the gut, the mucus and other fish tissues.

Infectious hepatitis A virus can be transmitted through the consumption of raw or inadequate cooked shellfish. Other viruses, such as *Polio*, *Echo* and *Coxsackie*, have also been detected in mussels and oysters (Gerba & Goyal, 1978). Although the discharge of excreta laden effluents into areas of shellfish culture may provide nutrients for the growth of the mussels and oysters, at the same time it certainly presents a potential spread of viral and bacterial diseases.

In villages where sewage effluents were used in fish ponds or where pond water was used for crop irrigation, a higher rate of clinical enteric diseases was found than in villages where this practice did not exist (Fattal, 1983).

Table 2. Important infectious pathogens potentially spread by the use of excreta in aquaculture (Blum & Feachem, 1985)

Cuadro 2. Los patógenos importantes posiblemente transmitidos por el uso de los excrementos en la acuicultura (Blum & Feachem, 1985).

Pathogen	Disease
<u>Viruses</u>	
Enteroviruses	Diarrhoea, Respiratory diseases, Polio
Hepatitis A	infectious Hepatitis
Hepatitis B	infectious Hepatitis
Rotavirus	Diarrhoea
<u>Bacteria</u>	
<i>Campylobacter jejuni</i>	Diarrhoea
Path. <i>E. coli</i>	Diarrhoea, Dysentery
<i>Salmonella spp.</i>	Diarrhoea, Dysentery, fever
<i>Shigella spp.</i>	Diarrhoea, Dysentery
<i>Vibrio spp.</i>	Cholera, Diarrhoea
<u>Protozoa</u>	
<i>Entamoeba histolytica</i>	Diarrhoea, Dysentery
<i>Giardia lamblia</i>	Diarrhoea

In the Philippines, the presence of *Salmonella* in milkfish from brackishwater ponds, could clearly be correlated with fertilization of the ponds with untreated chicken manure (Manlapig, 1981). In a similar study, the presence of *Salmonella* in cultured mussels could be correlated with a local contamination of the seawater with human excrements (Torres, 1982). The application of untreated chicken manure to *Penaeus* ponds increased significantly the number of *Enterobacteriaceae*, *Vibrio parahaemolyticus* and *Salmonella* in cultured prawns. This information deserves special concern since untreated chicken manure is commonly used in milkfish and shrimp ponds in the Philippines (Reilly et al., 1982).

Transmission of protozoal infections

Entamoeba histolytica can be transmitted to man if infected manure and infected night soil is used as pond fertilizer. Through the consumption of raw or not well cooked infected plants or fish, the cysts of the amoeba may reach man or domestic animals. In the intestine trophozoites develop and invade the intestinal mucosa and other host tissues. Amoebiasis is widely distributed in countries where excreta are used as fertilizer for fish ponds. Surveys from the Philippines show a prevalence from 3-14% of the population. Although these infections can mainly be attributed to poor sanitary conditions, the widespread application of untreated animal manure as pond fertilizer certainly adds to the number of incidences of amoebiasis.

Transmission of helminths (trematodes)

There are numerous infectious helminths which can be transmitted to man through the recycling of excreta in aquaculture systems. Perhaps due to the widespread application of excreta in aquaculture in Southeast Asia, most incidences are reported from this region.

The life cycle of helminths includes one or two intermediate hosts. This fact reduces the potential for transmission. However, if the appropriate hosts are present, the infection increases significantly, not only because the parasite cycle is closed, but also because the larval helminths multiply considerably in their hosts. Because of their relative importance, the most common helminths which are transmittable through the use of excreta in ponds, will be described.

In this regard, trematodes (flukes) are very important. Eggs of *Clonorchis sinensis* (Chinese liver fluke), *Opisthorchis viverrini* and *O. felineus* are excreted by man, pigs, cats and dogs and are transmitted by freshwater snails (first intermediate host) and fish (second intermediate host). The consumption of raw or insufficiently cooked infected fish causes clonorchiasis or opisthorchiasis. In Thailand, the incidences of opisthorchiasis have reached an alarming dimension with the increased construction of irrigation canals for rice production and the increased use of excreta in tilapia ponds. The spread of the disease is mainly due to the consumption of raw infected fish.

In the northern parts of the Philippines, infections with the intestinal fluke *Echinostoma ilocanum* (Garrison's fluke) are common. In endemic areas, about 5% of the population is suffering from this parasite, mainly due to the consumption of raw or not well cooked freshwater snails grown in excreta laden ponds. In the Philippines the consumption of freshwater snails is considered to be a delicacy. Further by feeding hogs and cattle with aquatic macrophytes contaminated with infected snails, the use of the manure of these animals in ponds may increase additionally the infection incidence of Garrison's fluke.

In Asia, a very common trematode found in man, pig, and cattle is *Fasciola hepatica* (cattle or sheep liver fluke),

Table 3. Important Trematodes potentially transmitted through the recycling of excreta in aquaculture
 Cuadro 3. Trematodas importantes que puedan ser transmitidas por el reuso de excretas en la acuicultura.

Pathogen	Intermediate Hosts	Final Hosts
<i>Clonorchis sinensis</i> (Chinese liver fluke)	Freshwater snail; fish	Man, cats, dogs
<i>Echinostoma ilocanum</i> (Garrison's fluke)	Freshwater snail (<i>Pila luzonica</i>)	Man, dogs, rats
<i>Fasciola hepatica</i> (Liver fluke)	Amphibious snail; aquatic plants	Man, pig, cattle
<i>Heterophyes heterophyes</i> (v. Siebold's fluke)	Freshw. snail; fish	Man
<i>Metagonimus yokogawai</i>	Freshw. snail; fish	Man
<i>Fasciolepis buski</i> (Intestinal fluke)	Freshw. snail; aquatic plants	Man, pig, cattle
<i>Opisthorchis felineus</i>	Freshw. snail; fish	Man, cats, dogs, pigs
<i>Paragonimus westermani</i> (Oriental lung fluke)	Freshw. snail; Crayfish, Crab	Man, cats, dogs, rats
<i>Schistosoma spp.</i>	Freshw. snail;	Man, cattle, goats, dogs

and *Fasciolepis buski* (giant intestinal fluke). Transmission occurs through the use of cattle, sheep or human excreta in fish ponds, whereby freshwater snails act as the first intermediate host. Infection occurs through the consumption of raw or not well cooked water vegetation. Encysted and developed metacercariae of the trematodes are found on the roots, fruits and leaves of macrophytes, such as water chestnut (*Eliocharis tuberosa*), water spinach (*Ipomea reptans*) or water caltrop (*Tropa bicornis*). Through consumption of raw or uncooked infested plants the metacercariae hatch in the duodenum of the final host. In Asia the consumption of only slightly cooked aquatic plants and the feeding of pigs or cattle with raw, infested plants are the main reasons for the spread of these helminthic diseases. In the Philippines, the incidence of human infections with *Fasciola* and *Fasciolepis* is low, since all aquatic plants are normally well cooked. However, most water buffalos are infected and present an important reservoir for spreading this fluke disease.

The consumption of raw mullet (*Mugil spp.*), tilapia and milkfish (*Chanos chanos*) can cause infections with *Heterophyes heterophyes* (Von Siebold's fluke). The consumption of raw salmonids and cyprinids may cause the infection with *Metagonimus yokogawai*. In these two fluke species, freshwater snails serve as the first intermediate host.

In the southern part of the Philippines, infections with the Oriental lung fluke (*Paragonimus westermani*) are not uncommon. The mode of transmission is the ingestion of crabs and crayfish that are infected with metacercariae. The life history of this parasite requires two intermediate hosts before man, carnivorous animals or hogs can be infected. In the

Philippines, rice fields are often fertilized with excreta of infected people or animals allowing the cycle to be started. The consumption of the freshwater crab (*Sundathelphusa philippina*) and crayfish (*Astacus spp.*) is considered to be a delicacy but cause exposure to the fluke. After ingestion, the metacercariae penetrate the intestinal wall and migrate to the lungs where adults develop. Although the parasite is mainly found in the lungs, causing pulmonary problems, they may cause also cerebral, intestinal or cutaneous diseases (Higashi, 1985), and lead frequently to significant mortality.

All the trematodes described above can only be transmitted to man and other warm-blooded animals by the consumption of raw or not well cooked fish, crabs, or aquatic plants. However, the transmission of the trematode *Schistosoma* (*Schistosoma japonicum* = blood fluke; *Sch. mansoni* = hepato-intestinal fluke; *Sch. haematobium* = Bilharziose, urinary fluke), is an occupational risk for persons working in ponds fertilized with infected excreta. Eggs of the *Schistosoma* flukes are transmitted with the excreta to a freshwater snail and from there infectuous larvae swim in the water until they come into contact with man or domestic animals. They penetrate the skin and enter into blood vessels. Not only man is infected by *Schistosoma*, but also cattle, dogs and even goats. In the Philippines alone about 700 000 people are suffering from Schistosomiasis (*Sch. japonicum*). Aquaculture labourers and ricefield farmers are among the most exposed groups. The effective mode of prevention entails a series of measurements to be implemented at the same time: avoidance of the use of infected excreta, biological control of the snail population in the ponds (introduction of a snail eating fish) and snail control through chemical and water management means (De Bont & De Bont-Hers, 1952; Michelson, 1957; Malek, 1984).

Discussion

The integration of animal husbandry with aquaculture offers many benefits. However, by using untreated excreta, the spread of viral, bacterial, protozoal and helminthic diseases may create a public health problem.

With the increased interest for reusing animal wastes and human excreta in aquaculture, special attention should be given to the health aspects. Several possibilities exist to minimize health hazards from using excreta in aquaculture:

1) The use of pathogen free excreta

Anaerobic treatment of excreta, seems to be insufficient to decrease the concentration of pathogens to a safe level, due to the short detention time normally applied in biogas digesters (Feachem et al., 1981).

The only process to produce a pathogen free material is aerobic composting, a method widely applied in China (Edwards, 1985).

2) Lengthening of the food chain

Excreta should never be used in aquaculture systems without prior storage for at least two weeks to destroy eggs of trematodes. If possible, the aquatic product produced should not be used for human consumption, but be processed

- and used as animal feed.
- 3) Depuration of aquatic organisms before harvesting
Before harvesting and marketing of fish cultured in excreta laden systems, they should be allowed to depurate in clean water for several weeks. Depuration, which is widely applied in China and Vietnam, seems to be a very important step to minimize possible health hazards.
 - 4) Control of spread of pathogens through veterinary activities and through health education
To reduce the risk of infections through the recycling of manures, special care has to be given to the animal health. Recycling of manures from healthy animals leads to aquatic products free from microbial pathogens and human parasites (Hopkins & Cruz, 1982; Rice et al., 1984). Through public health education, the prevention and treatment of diseases and the spread of human infections through the reuse of nightsoil can be reduced.
 - 5) Pond management
The control of snails (common intermediate hosts) can be enhanced by clearing pond banks from vegetation.
 - 6) Prevention of the consumption of raw aquatic products
One of the most effective modes of prevention is to avoid consumption of raw or not well cooked aquatic products, and to ensure thorough cooking by boiling or frying.
 - 7) Handling and processing of aquatic products
It should be stressed that at all stages of fish handling and processing, the importance of good hygienic conditions is one of the major possibilities to limit infections.

Acknowledgements

This work would not have been possible without the many discussions with faculty members of the Institute of Public Health, University of the Philippines, Manila. I thankfully appreciate their friendly cooperation.

Bibliography

- Baker, D.A., Smitherman, R.O. & McCaskey, T.A., 1983. Longevity of *Salmonella typhimurium* in *Tilapia aurea* and water from pools fertilized with swine waste. Appl. Environm. Microbiol. 45 (5): 1548-1554.
- Blum, D. & Feachem, R.G., 1985. Health aspects of nightsoil and sludge use in agriculture and aquaculture. Part III. An epidemiological perspective. IRCWD Report No 05/85. International Reference Centre for Waste Disposal, Dubendorf, Switzerland, 66 pp.
- Bryan, F.L., 1977. Diseases transmitted by foods contaminated by wastewater. J. Food Protection 40 (1): 45-56.
- Buras, N., Duek, D. & Niv, S., 1985. Reactions of fish to microorganisms in wastewater. Appl. Environm. Microbiol. 50 (4): 989-995.
- Buras, N., Hopher, B., Sandbank, E., Niv, S., Duek, L., Hayes, E. & Haber, E., 1986. Pathogen Transfer/Wastewater (Israel). In: International Development Research Centre, Ottawa, Manuscript Report, Reclamation of nutrients, water and energy from wastes: A review of selected IDRC-supported research, IDRC-MR 124e: 59-72.

- Cloete, T.E., Toerien, D.F. & Pieterse, A.J.H., 1984. The bacteriological quality of water and fish of a pond system for the treatment of cattle feedlot effluent. *Agricultural Wastes*, 9: 1-15.
- De Bont, A.F. & de Bont Hers, M.J., 1952. Mollusc control and fish farming in Central Africa. *Nature*, 170: 323-324.
- Edwards, P. 1985. Aquaculture: A component of low cost sanitation technology. World Bank Technical Paper No. 36, The World Bank, Washington, D.C. USA, 45 pp.
- Fattal, B., 1983. The prevalence of viral hepatitis and other enteric diseases in communities utilizing wastewater in agriculture. *Water Science Technology*, 15: 43-58.
- Feachem, R.G., Bradley, D.J., Garelick, H. & Duncan Mara, D., 1981. Appropriate technology for water supply and sanitation. Health aspects of excreta and sullage management: A state-of-the-art-review. World Bank Technical Paper, Volume 3. The World Bank, Washington, D.C. U.S.A. 172 pp.
- Gerba, C.P. & Goyal, S.M., 1978. Detection and occurrence of enteric viruses in shellfish: A review. *J. Food Protection*, 41 (9): 743-754.
- Higashi, G.I., 1985. Foodborne Parasites Transmitted to Man from fish and other Aquatic Foods. *Food Technology*, 39 (3): 69-74/111.
- Hopkins, K.D. & Cruz, E.M., 1982. The ICLARM-CLSU integrated animal-fish farming project. Final Report. ICLARM Techn. Rep. 5, Manila, Philippines, 96 pp.
- Janssen, W.A., 1970. Fish as potential vectors of human bacterial diseases. In: *American Fish. Soc. Spec. Publ.* 5: 284-290.
- Malek, E.A., 1984. Impact of fishponds on public health in Rwanda with special reference to schistosomiasis. *ICA Communicae*, 7 (1): 2-3.
- Manlapig, E.T., 1981. The prevalence of salmonella in milkfish obtained from five different sources. University of the Philippines, College of Fisheries, Diliman, Metro Manila, Philippines, B.Sc. Thesis, 55 pp.
- Michelson, E.H., 1957. Studies on the biological control of Schistosome-bearing snails. Predators and parasites of freshwater mollusca: A review of the literature. *Parasitology*, 47: 413-426.
- Nupen, E.M., 1983. Possible health hazards in fish farming using sewage. Paper presented at the Seminar of Appropriate Technology Transfer in Water Supply and Sanitation. Vanda, 28-30. Sept. 1983.
- Reilly, A., Bernarte, M.A. & Dangla, E., 1982. Microbiological problems associated with processing cultured prawns for the export market. *Phil. Journal of Food Science and Technology*, 6 (1/2): 41-55.
- Rice, T., Buck, D.H., Gorden, R.W. & Tazik, P.P., 1984. Microbial pathogens and human parasites in an animal waste polyculture system. *Progr. Fish. Cult.*, 46 (4): 230-238.
- Schroeder, G.L., 1980. Fish farming in manure-loaded ponds. In: R.S.V. Pullin & Z.H. Shehadeh (eds.): *Integrated agriculture-aquaculture farming systems ICLARM Conf. Proc.* 4, ICLARM, Manila, Philippines: 73-86.
- Torres, J.L., 1982. Isolation and identification of *Salmonella* spp. from the green mussel *Perna viridis* (Linnaeus)

- and their responses to some physico-chemical agents. University of the Philippines, College of Arts and Science, Diliman, Metro Manila, Philippines, M.Sc. Thesis, 73 pp.
- Velasquez, C.C., 1980. Health constraints to integrated animal-fish farming in the Philippines. In: R.S.V. Pullin & Z.H. Shehadeh (eds.): Integrated agriculture-aquaculture farming systems, ICLARM Conf. Proc. 4, ICLARM Manila, Philippines: 103-111.
- Woynarovich, E., 1979. The feasibility of combining animal husbandry with fish farming, with special reference to duck and pig production. In: T.V.R. Pillay & W.A. Dill (eds.), Advances in aquaculture, Fishing News Books Ltd., Farnham, Surrey, England: 203-208.

Cultivo de crustaceos/*Prawn culture*

PRODUCCION MASIVA DE POST-LARVAS DE LA ESPECIE *MACROBRACHIUM ROSENBERGII* EN EL PERU

MASS PRODUCTION OF *Macrobrachium rosenbergii* POSTLARVAE IN PERU

H. Nava y R. Vicencio

Departamento de Piscicultura y Oceanología, Universidad Nacional Agraria, La Molina, Lima, Perú

Resumen

Se presenta una breve descripción de la metodología utilizada en producción masiva de post-larvas del camarón de agua dulce *Macrobrachium rosenbergii*, especie introducida en el país.

Los resultados usando aguas claras y alimentación a base de flan de huevo y nauplius de *Artemia*, permitieron conseguir supervivencias superiores al 50%, a densidades de siembra entre 110 y 230 larvas/l.

Estas experiencias y ensayos de cultivo posteriores a nivel comercial han permitido el inicio de una nueva actividad para el país. Se analizan ciertas ventajas comparativas que hacen prever un rápido desarrollo del cultivo de este camarón en el Perú.

Summary

This paper reviews the techniques used for mass post-larval production of the freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii*.

The clearwater-open system of rearing larvae, fed egg custard and *Artemia* nauplii, achieved survival rates above 50% if stocking densities were between 110 and 230 larvae/l.

These results and consecutive pilot experiments may enhance a rapid development of the *Macrobrachium* industry in Peru.

Introduction

El interés por cultivar camarón en el Perú no es reciente. La reducción en los volúmenes de captura y una demanda altamente insatisfecha han elevado a US \$ 8.0 el kilo de camarón entero y sin clasificar, valor con el que este producto es vendido en los mercados locales.

Lo expuesto fue incentivo suficiente para que muchos científicos y empíricos estudiaran a la especie nativa *Cryphiops caementarius*, los trabajos se remontan cincuenta años atrás, sin embargo estos no prosperaron. Entre las razones se puede citar que se trata de una especie con un período de metamorfosis muy prolongado, más de cien días; el canibalismo es muy manifiesto, aún desde estadios larvarios; su crecimiento es lento y no tolera temperaturas mayores a 27 °C.

Estas circunstancias animaron a la introducción de *Macrobrachium rosenbergii* y en 1983 ingresaron al país dos lotes

procedentes de Israel y Panamá. Se solicitó entonces al IFS la posibilidad de estudiar la adaptación de esta especie y llevar una operación piloto con miras a integrar al *M. rosenbergii* como un recurso en el mercado local y eventualmente como producto de exportación.

Material y métodos

Las experiencias iniciales de producción de post-larvas se llevaron a cabo en la Universidad Nacional Agraria La Molina, entre los meses de Diciembre 1983 a Marzo 1984 utilizando tanques de 90 l y posteriormente en tanques de 500 litros de Noviembre 1984 a Marzo 1985. Las técnicas que se usaron fueron adaptados de Aquacop (1983) y New (1982) modificadas después de ensayos preliminares y de acuerdo a la disponibilidad de equipos y materiales.

El agua salobre usada para la incubación fue conseguida por mezcla de agua marina y agua potable hasta obtener 12 ‰. El agua marina era previamente tratada con 25 ppm de formol y después de sifonar el material decantado, se le mantenía con aireación por un mínimo de seis días antes de su utilización.

La temperatura se elevó a 30 °C en los tanques de mezcla y se mantenía constante durante la incubación con la ayuda de termostatos en los tanques y calentadores ambientales.

Cuadro 1. Racionamiento y estadios larvales en la incubación de larvas de *Macrobrachium rosenbergii*.

Table 1. Feeding schedule and larval stages in the larval nursing of *Macrobrachium rosenbergii*.

Days of nursing	The dominant larval stages	Feeding rate	
		flan (g/1000 larvas)	Artemia (nauplii/ml)
0	I	-	5
3	II	0.3	5
7	III-IV	1.0	5
14	VI-VII-VIII	1.5	5
21	VIII-IX-X	2.0	3
28	X-XI	3.0	3
35	XI-PL	3.0	3

El alimento consistió en flan de huevo, preparado con pescado finamente molido y huevos de gallina. La mezcla se coció al baño maria. Este alimento se les proporcionaba a las 8:00, 10:00 y 13:00 horas. Antes de utilizar el alimento era pasado por mallas que permitían obtener partículas menores de 300 micras, estas eran destinadas a larvas hasta el VI estadio, posteriormente se empleaban partículas de 500 micras hasta el X estadio y mayores hasta el final de la incubación.

Diariamente a las 17:00 horas se recambiaba alrededor del 50 % del agua en el tanque y se introducían nauplius de Arte-

nia, que habían sido descapsulados e incubados según técnicas descritas por Sorgeloos et al. (1983). La ración administrada siguió el patrón señalado en el cuadro 1.

Cada tres días se muestrearon los tanques para identificar los estadios larvarios de acuerdo a la clasificación de Uno & Soo (1969). A partir de la tercera semana se procedió a extraer las post-larvas, operación que se realizó semanalmente hasta la quinta semana en que se vaciaba totalmente el contenido de los tanques.

Las post-larvas que se obtenían fueron hasta el momento del transporte, almacenadas en tanques de cemento por espacio de 2-4 semanas y en densidades que no excedían las 2000 Pl/m². Siguiendo las indicaciones de New (1982), se colocaban 2000 Pl's en 8 litros de agua contenida en bolsas de fondo cuadrado de 20 litros de capacidad. Se añadía oxígeno y se introducían en cajas de cartón revestida internamente con planchas de espuma plástica (Styrofoam). Con esta modalidad de empaquetado se enviaron 70000 post-larvas a Tarapoto y 100000 post-larvas a Tingo María, ambas localidades situadas en la Selva. El transporte involucraba viajes por avión de aproximadamente una hora y transporte terrestre de 1 a 6 horas respectivamente.

Resultados

La primera serie de ensayos se llevó a cabo en tanques cilíndricos de 90 litros y se muestra en el cuadro 2.

En todos los casos se inició el cultivo con la mitad del volumen para duplicarlo transcurrido la segunda semana. Los dos primeros ensayos fueron bastantes similares obteniéndose 21.92 y 23% de supervivencia cuando las densidades fueron de 111 y 78 larvas por litro respectivamente. El tercer ensayo experimentó una fuerte mortalidad al inicio que redujó a 55 larvas por litro la densidad de siembra, la mortalidad continuó y solo se obtuvo un 16.38 % de supervivencia. En el cuarto ensayo nuevamente se regresa a un 20.25% de supervivencia.

En todos los casos las primeras post-larvas se observaban al promediar el día 20 avo, salvo en los dos últimos ensayos en donde se retrasaron hasta el día 26 avo. También la duración del período de incubación fue mayor en estos y los porcentajes de supervivencia fueron muy pobres.

La razón a este comportamiento radica en que de Junio a Agosto corresponde la época de invierno y resultaba imposible mantener elevada la temperatura en el laboratorio. Las bajas temperaturas, especialmente durante la noche, fueron responsables del bajo rendimiento y la razón por la que se optó esperar el verano para reiniciar el proyecto.

Los porcentajes de supervivencia no eran satisfactorios y se notaba que la mayor mortalidad ocurría durante el paso a post-larva en que la densidad en el fondo de los recipientes se hacía excesiva. El fondo de los tanques ofrecía muy poca superficie y tampoco permitía la colocación de sustratos adicionales.

La segunda serie de ensayos se llevó a cabo en tanques de fibra de vidrio, cúbicos y de 500 litros de capacidad. (Cuadro 3). Se iniciaba el cultivo con un tercio del volumen y se

Cuadro 2. Producción de post-larvas en tanques cilíndricos de 90 litros. Durante las dos primeras semanas, los tanques no estaban llenos de agua.

Table 2. Postlarvae production in cylindrical tanks of 90 litres. The stocking density during the first two culture weeks was higher because of a smaller water volume in the tanks.

Experiment	Month	Stocking density (ind/l)		Total (ind/l)	Yield		Rearing period (days)	
		1-2 weeks	3-5 weeks		Total	Survival (%)		
1	Feb.-Mar.	15000	428	10000	111	3288	21.9	36
2	April	8500	245	7000	78	2033	23.9	37
3	Apr.-May	15000	375	5000	55	2488	16.6	36
4	Apr.-May	15000	375	10000	111	3038	20.3	35
5	May-Jun.	8000	300	7000	78	916	11.5	37
6	Jun.-Jul.	10000	333	8000	89	559	5.6	49

Cuadro 3. Producción de post-larvas en tanques cúbicos de 500 litros. Durante las dos primeras semanas, la densidad de siembra fue mayor debido al volumen reducido de agua en los tanques.

Table 3. Postlarvae production in cubic tanks of 500 litres. During the first two weeks of rearing, the stocking density was higher because of a smaller water volume in the tanks.

Experiment	Month	Stocking density (ind/l)		Total (ind/l)	Yield		Rearing period (days)
		1-2 weeks	3-5 weeks		Total	Survival (%)	
1	Sept-Oct.	52000	578	190	6700	12.8	42
2	Oct-Nov.	20000	660	220	2998	15.0	31
3	Nov	62000	690	230	27438	44.0	35
4	Nov-Dec.	29000	320	110	18657	64.0	34

completaba en la tercera semana. En esta oportunidad los dos primeros ensayos se aproximaron a las supervivencias obtenidas en la primera serie, pero conforme mejoraban las condiciones de temperatura y podíamos mantener al laboratorio en 30 °C, se obtuvieron 44 y 64% de supervivencia para densidades de 230 y 110 larvas por litro respectivamente.

Después de estos resultados, el laboratorio continuó operando durante los meses de verano, consiguiendo valores de supervivencia de alrededor de 50%. Se produjeron 170000 post-larvas que fueron enviadas a la Selva para crecimiento.

De las operaciones de transporte no se pudo extraer datos concluyentes por la irregularidad del transporte aéreo durante los meses de lluvia en que se realizó el proyecto, y que en algunos casos determinarían la pérdida de casi todo un embarque. No obstante en los casos en que el viaje no excedió de 10 horas, considerando tiempo en almacenes, y cuando el transporte por tierra se realizó en condiciones normales, la mortalidad (evaluada a las 36 horas) no excedió del 5%.

Discusión y conclusiones

En el Perú la actividad langostinera (camarón de mar) ya es reconocida por su aporte de divisas. En el Año 1982 se pudo exportar 750 toneladas de cola, a un valor de US \$ 6.7 millones, cultivando 3500 ha de estanques. Perspectivas aún mejores podrían esperarse del cultivo del camarón de agua dulce por brindar mayores ventajas comparativas, como las siguientes:

- Los camarones de agua dulce cuentan con amplio mercado local.
- El desarrollo de la actividad no se limita a la zona norte (manglares) del país.
- No compete por terrenos con la Agricultura, ni causa efectos indeseables como la salinización de zonas adyacentes a los estanques.
- Puede localizarse en terrenos donde el agua ingrese por gravedad, eliminando así los altos costos del bombeo de agua.
- La producción de semilla (post-larvas) resulta menos complicada que la requerida por los langostinos.

Por otro lado, de acuerdo a una Convención reciente, denominada "Acuicultura 86", queda vigente el hecho de que a pesar de la excelente calidad de este camarón no cuenta aún con una demanda actual en el mercado americano, lo que constituye un riesgo adicional para el inversionista. Sin embargo, hay aspectos que alientan a pensar que este mercado se establezca pronto:

- La demanda (y precios) del langostino (*Penaeus sp.*) sigue en constante aumento, haciendo rentable las operaciones en las que al *Macrobrachium sp.* se ofrece como un sustituto del langostino.
- Existe un gran sector en el mercado americano consistente en inmigrantes y americanos de origen latino, asiático ó europeo, que les gustan de consumir camarones de agua dulce.

Ante esta situación correspondería a países como Perú desarrollar una labor pionera en la producción a gran escala

del *Macrobrachium rosenbergii* que ponga en evidencia el mercado potencial identificado en Estados Unidos, pero que a la vez pueda apoyarse en el amplio mercado local que dispone.

La introducción del *Macrobrachium rosenbergii* y la aplicación de tecnologías conocidas, adaptadas a nuestras condiciones, probaron que se trata de una especie de manejo relativamente sencillo, especialmente si lo comparamos con la especie nativa *Cryphiops caementarius*. Las experiencias de cultivo hasta tamaño comercial, no tratadas en este artículo, fueron sumamente prometedoras y el producto obtenido se comercializó con la misma facilidad que la especie nativa.

Un año después de efectuadas estas experiencias, se encuentran dos empresas con granjas de crecimiento en la Selva y otras dos con criadero en Lima, así mismo se sabe de varias que se encuentran acelerando estudios de inversión. Con esto podríamos esperar una pronta y efectiva transferencia de tecnología al sector productivo del país.

Bibliografía

- Aquacop, 1983. Intensive larval culture of *Macrobrachium rosenbergii* post-larvae in French Polynesia. In: J.P. Mc Vey and J.R. Moore (Editors), CRC Handbook of mariculture, Vol. I, Crustacean Aquaculture. CRC-Press, Boca Raton, Florida.
- New, M. & Singholka, S., 1982. Freshwater Prawn Farming. A manual for the culture of *Macrobrachium rosenbergii*. FAO, Fish. Tech. Pap., 225, 116 pp.
- New, M., 1982. Giant Prawn Farming. Papers presented at "Giant Prawn 1980". Conference in Bangkok, Elsevier 530 pp. New York.
- Sorgeloos, P., Bossuyt, E., Lavens, P., Léger, P., Vanhaecke, P. & Versichele, D., 1983. The use of brine shrimp *Artemia* in crustacean hatcheries and nurseries. In: J.S. McVey & J.R. Moore (Editors), CRC Handbook of Mariculture, Vol. 1, Crustacean Aquaculture, CRC-Press, Boca Raton, FL, pp. 71-96.

PERSPECTIVAS DEL CULTIVO DE *MACROBRACHIUM* SPP. EN EL NORDESTE DEL BRASIL

THE POTENTIAL OF Macrobrachium spp. CULTURE IN NORTHEAST BRASIL

A.M.P.A. Faraj, F.S. das Neves y C. Sankarankutty

Departamento de Oceanografía e Limnología, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Praia de Mãe Luíza, s/n, Natal, RN 59000, Brasil

Resumen

La región nordeste del Brasil tiene un potencial considerable para desarrollar la acuicultura de *Macrobrachium* spp. debido a las grandes reservas de agua dulce y a las condiciones climáticas favorables. Aunque sin tradición, la acuicultura del camarón de agua dulce viene obteniendo una aceptación creciente siendo una propuesta económicamente viable.

Se presentan las principales áreas de la región que actualmente tienen cultivos en desarrollo, su situación actual y perspectivas.

Summary

The culture of freshwater prawns has been received enthusiastically as a viable economic activity. Due to the availability of large freshwater reserves and favourable climatic conditions, the Northeast region of Brasil has considerable potential for the development of aquaculture of *Macrobrachium* spp. This paper presents the geographical distribution of the main cultivation areas, the present status of the art as well as future perspectives.

Introducción

La región nordeste del Brasil tiene una área de 1 548672 km² lo que representa 18.20% del territorio nacional. Hasta el descubrimiento del petróleo y del gas en áreas continentales y costeras, la agricultura y la pesca formaban la base económica de la región. Los principales productos nordestinos son: cacao, tabaco, caña de azúcar, castaña de cajú, algodón, sisal, etc. Por otra parte el camarón, la langosta y los cistes de *Artemia* son recursos marinos importantes para la exportación.

Con este trabajo, los autores intentan demostrar la evolución de la acuicultura de camarones del género *Macrobrachium* y su potencial, como uno de los factores de desarrollo de la región.

Potencial para la acuicultura en el nordeste

El nordeste es una región de clima semi-árido con períodos de lluvias entre Enero y Junio. La cantidad de lluvias oscila sustancialmente de año en año y de localidad en localidad (Cuadro 1). Normalmente, las áreas costeras tienen una mayor pluviosidad que las continentales. En ciertos años hay grandes períodos de sequía que afectan a la producción agrícola y pesquera, como sucedió en los últimos 5 años. Esta situación llevó al gobierno, a crear el DNOCS, (Departamento Nacional de Obras Contra las Sequías) con el objeto de paliar los efectos de la sequía en la región. Una de las medidas adoptadas por esta institución fue construir varias represas en la región nordeste del Brasil. El total de agua embalsada alcanzó 15874 billones de m³, divididos en 279 represas públicas bajo la administración del DNOCS y 847 particulares. Esas represas aseguran un abastecimiento de agua dulce para el consumo doméstico y la agricultura. La introducción de peces y camarones proporcionó mayor utilización de estas masas de agua. Además de las represas citadas, la región tiene cuencas hidrográficas que suman un total de 582688 km², de aguas drenadas por las principales y sus afluentes.

Solamente con una política científica apoyada por el gobierno, será posible asegurar la repoblación con especies de peces y camarones apropiados para cada microregión, y a través de su asesoramiento optimizar el uso de estos recursos acuáticos.

Cuadro 1. Precipitación (mm) en el Nordeste del Brasil (1984).

Table 1. The precipitation (mm) in the Northeast Region of Brasil, as measured in 1984.

	Jan	Febr	March	April	May	June	July	Aug	Sept	Oct	Nov	Dec
Fortaleza	120.5	247.2	339.6	450.2	375.6	249.0	141.6	78.2	27.5	70.0	2.7	3.8
Natal	76.1	-	298.8	248.1	442.0	90.3	71.7	60.9	60.6	27.3	7.1	11.7
João Pessoa	115.2	64.6	116.7	535.9	484.0	168.1	346.3	269.7	46.8	97.9	25.1	5.6
Recife	96.1	63.1	119.9	620.2	521.5	265.5	598.3	375.7	79.3	84.5	27.8	10.3
Teresina	202.8	221.6	282.9	526.1	198.1	7.2	2.7	78.3	50.3	23.7	41.0	59.8
Maceió	58.7	27.0	88.7	292.6	407.1	274.0	423.6	245.0	164.5	56.4	23.4	-
Aracaju	27.9	8.9	145.2	364.1	179.3	87.4	97.1	44.8	119.3	72.6	32.0	3.7
Salvador	44.5	29.7	217.3	889.8	356.3	219.3	130.6	134.0	206.6	111.3	37.2	27.8
São Luís	205.9	324.3	534.2	640.8	454.5	131.8	85.8	58.0	17.5	26.1	13.2	59.6

Historia del cultivo de camarones del género *Macrobrachium* en el Brasil

En los últimos 50 años, el Brasil viene desarrollando gradualmente la acuicultura en un intento de aumentar la producción de pescado principalmente y al mismo tiempo, crear empleos y promocionar el desarrollo de la zona rural. Mientras

tanto, el cultivo de camarones del genero *Macrobrachium* se encuentra aún en la etapa inicial.

Fue solamente en la última década cuando se dieron pasos decisivos para el desarrollo del cultivo de camarón de agua dulce. Nomura (1984) menciona varios estudios hechos en el Brasil para cultivar *Macrobrachium amazonicum*, *M. carcinus* y *M. acanthurus*. *M. amazonicum* fue usado inicialmente como alimento para peces carnívoros en varias represas de la región. Esto tuvo una importancia decisiva en la pesca artesanal que llegó a una producción de 1433.4 toneladas en 1981 (Nomura, 1984).

En cuanto a *Macrobrachium rosenbergii*, su llegada al Brasil se dió en 1977 gracias al Departamento de Oceanografía de la Universidad Federal de Pernambuco, Recife (Coelho et al., 1981). Actualmente ya existen algunas haciendas de cría y una gran cantidad en fase de implantación (cuadro 2).

Cuadro 2. Número y magnitud de las granjas de *M. rosenbergii* en la región Nordeste de Brasil.

Table 2. The number and size of prawn (*M. rosenbergii*) farms in the Northeast Region of Brasil, either functioning or under construction.

State	Number of farms		Area (ha)		Hatcheries present
	present	projected	present	projected	
Piauí	-	-	-	-	-
Ceará	-	-	-	-	-
Rio Grande do Norte	3	-	10	100	1-
Paraíba	-	1	-	30	1
Pernambuco	3	8	9	20	*
Sergipe	-	2	-	60	2
Alagoas	1	6	5	261	2
Bahia	-	5	-	175	2
Maranhão	-	-	-	-	-
Total	7	22	24	646	8

* Hatchery of IPA (Empresa Brasileira de Agropecuária) which produces postlarvae since 1983.

El éxito de esta actividad se encuentra directamente relacionada con las buenas condiciones climáticas de la región. Además de la disponibilidad de áreas de tierra con una topografía plana y de un buen abastecimiento de agua, sea de ríos, lagunas, o incluso de represas.

Hasta el momento, los índices de producción alcanzados en viveros son 1200 a 1500 kg/ha/año. Se usa un sistema de siembra semestral y de cosechas mensuales con redes selectivas. La alimentación usada es una ración balanceada *Cargill II* para peces, elaborada por Cargill y/o, hecha por Purina. El precio de la ración es de US\$ 0.20 y el índice de conversión es de 4:1, o sea para cada kg de camarón se gasta 0.80 US\$ en alimentación. Con el precio medio de venta de *M. rosenbergii* en el mercado interno de 9.40 US\$, los gastos de alimentación representan apenas un 8.5% del total.

Las perspectivas para la cría de camarones en el Nordeste Brasileño son realmente esperanzadoras debido a la enorme cantidad de haciendas en implantación. Además, se trata de aumentar la productividad (en kg/há/año) de las aguas. Con este objetivo, algunas haciendas ya están usando nuevas técnicas, esperando alcanzar 5000 kg/ha/año de producción final.

En cuanto al mercado externo, se están manteniendo los primeros contactos y se espera que en un futuro próximo, se concreten contratos de venta, cuando el precio llegue a un valor de 1200 US\$ por kg, lo cual hace bastante atractiva la exportación del producto.

Acuicultura de *Macrobrachium* spp. en el Rio Grande do Norte

Macrobrachium spp. contribuye a la pesca artesanal en una escala modesta dentro del Rio Grande do Norte. (Faraj et al., 1981). Las especies de mayor valor comercial son: *M. acanthurus* y *M. carcinus*. *M. amazonicum* alcanza un tamaño menor. Con respecto a las otras dos especies citadas, su abundancia en ciertas regiones hace que tenga una buena comercialización.

La falta de trabajos científicos nos llevó a comenzar un trabajo de investigación en 1980 con una base financiera de la Fundación Internacional para la Ciencia (IFS). En la etapa inicial del proyecto, se dió énfasis al estudio de varias regiones del estado con el fin de recoger muestras para estudios taxonómicos. Las conclusiones de este estudio permitieron determinar las especies predominantes en el estado del Rio Grande do Norte. Las especies encontradas fueron: *Macrobrachium acanthurus* (Wiegman), *M. amazonicum* (Heller), *M. carcinus* (L.), *M. jelskii* (Miers), *M. olfersi* (Wiegman) y *M. holthuisi* Genofre e Lobão (Faraj et al., 1981). En el laboratorio se inició los estudios de cultivo larvario. Dos especies fueron escogidas para los experimentos: *M. acanthurus* y *M. amazonicum*. Los resultados preliminares de estos estudios fueron presentados por Neves et al., (1981). La experiencia obtenida, permitirá nuevos estudios y la implantación de una infra-estructura con miras a un cultivo larvario intenso.

Bibliografía

- Coelho, P.A., Ramos Porto, M. & Soares, C.M.A., 1981. Cultivo de camarões do gênero *Macrobrachium* Bate (Decapoda, Palaemonidae) no Brasil. Boletim Técnico, EMPARN (6): 1-66.
- Faraj, A.M.P.A., Neves, F.S. & Sankarankutty, C., 1981. Estudio de las especies de *Macrobrachium* Bate (Decapoda, Palaemonidae) en el estado de Rio Grande del Norte, Brasil. IFS Informe Provisional, no. 10. Acuicultura III, Monteria, Colombia: 171-186.
- Neves, F.S., Faraj, A.M.P.A. & Sankarankutty, C., 1981. Algunas observaciones preliminares en el cultivo de camarones de agua dulce, *Macrobrachium acanthurus* (Wiegman) y *M. amazonicum* (Heller) en laboratorio, IFS Informe Provisional, no. 10, Acuicultura III, Monteria, Colombia: 165-170.
- Nomura, M., 1984. Criação de moluscos e crustáceos. Editora Nobel, São Paulo, 102 pp.

CULTIVO DE POST-LARVAS DE CAMARON DEL GENERO *MACROBRACHIUM* EN EL LABORATORIO

THE CULTURE OF *Macrobrachium* POSTLARVAE AT LABORATORY SCALE

F. das Neves

Departamento de Oceanografía e Limnología, Universidad Federal do Rio Grande do Norte Praia de Mãe Luíza, S/N Natal, RN 59000, Brasil

Resumen

En el presente trabajo describimos un experimento de cultivo del camarón *Macrobrachium rosenbergii* en laboratorio, con el objeto de obtener post-larvas. En la producción de post-larvas, se obtuvo una supervivencia de 45%. El cultivo larvario fue desarrollado dando como alimento nauplios de *Artemia* y pescado de la familia Scombridae. Las larvas fueron criadas en tanques de 50 litros de capacidad. Se están llevando a cabo experiencias utilizando dos especies: *Macrobrachium acanthurus* y *M. carcinus* con el objeto de mejorar la tasa de supervivencia. Para ello se está utilizando una alimentación a base de la *Artemia* congelada viva (pré-adulta y adulta) o liofilizada más un suplemento a base de leche, huevos, sururu (*Mytella charmana*) (en substitución al pez) y el ciste de *Artemia*.

Summary

This paper reviews the results of an experimental culture of the freshwater prawn, *Macrobrachium rosenbergii*, in 50 l tanks using *Artemia* and fish (Scombridae species) as food. Up to the postlarval stage, a survival rate of 45% was obtained. On-going experiments with two other species, *M. acanthurus* and *M. carcinus*, fed a mixture of milk, eggs and mussels to substitute *Artemia* and fish, are discussed.

Introducción

Introducido en el Brasil en el año 1977, el *Macrobrachium rosenbergii* (de Man) viene asumiendo una posición destacada entre las especies cultivables, debido a su adaptabilidad para la acuicultura en la región Nordeste y también por su valor comercial elevado.

Los buenos resultados obtenidos con su cultivo, (Correia 1983), sensibilizaron y atrajeron a las empresas privadas que implantaron granjas de engorde cuyas dimensiones van desde 3 hasta 100 hectáreas de viveros. Sin embargo, el interés que existe en emprender el cultivo del *Macrobrachium rosenbergii*, se enfrenta a un gran obstáculo: la falta de oferta de post-larvas.

Actualmente, en la región Nordeste, solamente existen dos instituciones que producen post-larvas de esta especie: la

empresa "Pernambucana de Pesca Agropecuária" y el "Departamento de Oceanografía e Limnología da Universidade Federal de Pernambuco". Juntas no logran producir 500000 post-larvas mensuales, cuando la necesidad es del orden de los 4 000000. Esto significa que la oferta no llega al 15% de la demanda en el mercado actual. La situación se vuelve mas incierta si tenemos en cuenta que el Estado del Rio Grande do Norte, poseedor de gran vocación para la actividad del cultivo al cual se refiere, dispone solamente del laboratorio de cultivo larvario del Departamento de Oceanografía e Limnología de UFRN.

Este departamento inició su labor de cultivo larvario con especies nativas en 1980 (Neves et al., 1981), tratando de demostrar la viabilidad técnica de la producción de post-larvas de *Macrobrachium rosenbergii* en la región. Los resultados iniciales son presentados en este trabajo.

Material y métodos

El experimento fue realizado con una hembra de *M. rosenbergii*, cedida por el "Departamento de Oceanografía da Universidade de Pernambuco" en un sistema de agua clara.

El agua de mar fue captada a través de bombeo hacia un estanque de 10000 litros, donde se decantó y bombeo a través de un filtro biológico hacia otro estanque de la misma capacidad, en el cual, se mezcló con agua dulce y se obtuvo la salinidad deseada.

La hembra fue colocada en un acuario (40 cm x 40 cm) conteniendo agua dulce. Se observó diariamente el desarrollo embrionario de los huevos. Un día después de la eclosión los huevos y las larvas se contaron y transfirieron en un estanque de alpesto (fibra de cemento y amianto) con una capacidad de 50 litros y con una densidad aproximada de 68 larvas por litro.

Durante el experimento, las larvas fueron cultivadas con una salinidad inicial de 12‰, y posteriormente de 14‰, con iluminación natural. La temperatura del agua varió entre 23°C y 29°C.

La alimentación fue a base de peces de la familia Scombridae, atun (*Thunny thynnus*) y nauplios de *Artemia* recién eclosionados. La técnica para la preparación de alimentación con pescado es la siguiente: Se usa una batería de 3 tamices de 0.25 mm, 0.50 mm, y 1.00 mm de diámetro. Se coloca el pescado en el tamiz de mayor poro y por medio de un chorro de agua a presión, la carne se disgrega y pasa a los tamices de menor diámetro. Los fragmentos retenidos en el tamiz mas pequeño sirven de alimento para las larvas del segundo al quinto estadio, los del tamiz de diámetro mediano serán utilizados para las del sexto al octavo estadio y los del tamiz más grande serán utilizados para las larvas del estadio final. Este alimento es preparado cada 2 días, siendo conservado con agua en la nevera. La carne de pescado fue ofrecida a las larvas 3 veces al día con intervalos de dos horas y la cantidad usada fué de 0.1 ml de carne de pez por cada mil larvas. *Artemia* fue ofrecido como última alimentación del día, siendo la proporción de 50 ml de nauplius por cada mil larvas. Las proporciones indicadas se administraron inicialmente y posteriormente se modificaron de acuerdo con las circun-

stancias. (Cuadro 1).

El estanque era sifoneado 2 veces al día (por la mañana y después de la última alimentación con pescado). Los restos de alimentos, exuvias y excrementos retirados por sifonaje eran observados en un microscopio con el fin de averiguar la presencia de micro-organismos patógenos que pudiesen perjudicar el desarrollo larvario.

El desarrollo larvario se observó partir del 2º estadio, a través de un microscopio binocular. Para la determinación de este se utilizó el método de trabajo de Uno & Soo (1969). Al mismo tiempo se medían 3 larvas sobre una placa de Petri milimetrada, y en seguida se determinó la media de estas medidas. (Cuadro 1).

El agua fue analizada químicamente una sola vez durante el experimento.

Resultados y discusión

Los datos sobre temperatura, salinidad, tamaño, estadio larvario y alimentación, se presentan en el cuadro 1.

La poca cantidad de larvas (2400) obtenidas del desove de la hembra del camarón *M. rosenbergii*, se supone que fue debido a que estaba parasitada.

La proporción de 68 larvas por litro pudo ser mantenida hasta el 5º estadio, pero a partir de este estadio se observó una alta densidad que dió como consecuencia la aparición de larvas muertas en las paredes del estanques.

La alimentación fue controlada de acuerdo tanto con el número de larvas como con su tasa de crecimiento durante el experimento. (Cuadro 1). La cantidad de alimento se determinó por observación visual. El control de los restos de alimentación y excrementos hecho por sifonaje diario dió como resultado la buena calidad del agua. Sin embargo la concentración de los compuestos nitrogenados superó lo previsto para cultivo larvario, obligándonos a cambiar totalmente el agua. El manejo excesivo de las larvas durante el sifonaje y el cambio total de agua, provocó una gran pérdida de las mismas.

La salinidad fue constante a partir del tercer día de cultivo. La temperatura diaria presentó una variación promedio de 6°C. (Cuadro 1). Esta no provocó mortalidad.

La presencia de Diamaceas, clorofíceas, protozoarios (*Vorticella* y *Paramecium*), observados en el 9º día de cultivo no provocaron daños en las larvas.

En el 23º día de cultivo se observó un gran número de larvas muertas en las paredes del estanque. Con la transferencia de la mitad de las larvas a otro estanque de cultivo en condiciones semejantes y la modificación en el sistema de aireación, se observó una reducción en el índice de mortalidad. Fue necesaria la observación diaria de las larvas con el fin de corroborar el desarrollo de las mismas una vez que se comprobó la presencia diaria de larvas en 3 estadios diferentes.

La media del tamaño total de las larvas en relación con su estadio, mostró que el crecimiento fue regular con pocas excepciones en algunos estadios. Siendo el crecimiento promedio de las mismas a lo largo todo el experimento de 2.8 mm (Cuadro 1, Fig. 1). Se observó una duración excesiva del 2º al

3°estadio, supuestamente debido a la baja de temperatura. (Cuadro 1).

Cuadro 1. Resultados del cultivo larvario de *M. rosenbergii* durante un periodo de 28 dias.*

Table 1. Results of the larval rearing of *M. rosenbergii*.

Days	Stage	Average size	Feeding Fish Artemia (ml)	Temp. (°C)	Salinity (‰)
Spawning	1	-	-	23-24	12
1	1	-	-	23-24	12
2	2	-	-	120	23-25
3	2	-	2.4	120	23-25
4	2	-	-	120	26-28
5	2	2.8	-	120	27
6	3	3.0	-	120	25
7	3	-	-	120	24-26
8	4	3.4	4.0	120	25-26
9	4	3.8	4.0	120	25-26
10	-	-	4.0	120	25-26
11	5	3.9	4.0	150	25
12	5	4.0	4.0	150	25-27
13	6	4.3	4.0	150	25-27
14	6	4.2	4.0	150	28-27
15	7	5.0	4.0	200	27-29
16	7	5.4	4.0	300	27
17	7	6.6	6.0	350	26-27
18	8	6.7	4.0	400	26-27
19	8	6.8	5.0	500	27-28
20	8	6.8	5.0	500	26-27
21	9	6.8	5.0	650	25-26
22	9	7.6	5.0	400	25-26
23	10	8.0	6.0	550	25-27
24	10	8.9	6.5	500	25-27
25	10	8.6	7.5	450	25-27
26	11	9.2	7.5	500	26
27	11	9.4	7.5	500	26-27
28	pl**	-	7.5	500	26-27

* Initial number larvae 2400. Number postlarvae 1320.

** Post-larvae

Actualmente se encuentra en funcionamiento el cultivo de 80000 larvas de *M. rosenbergii* con un índice de supervivencia del 80%. Estas post-larvas serán destinadas a pequeñas granjas, porque las granjas grandes tienen instalaciones para el cultivo larvario. El proximo objetivo es el de ampliar la producción de post-larvas, de manera que se garantice y proporcione una mayor seguridad a los que quieran dedicarse, al cultivo de *M. rosenbergii* como una alternativa económica en el estado del Rio Grando do Norte.

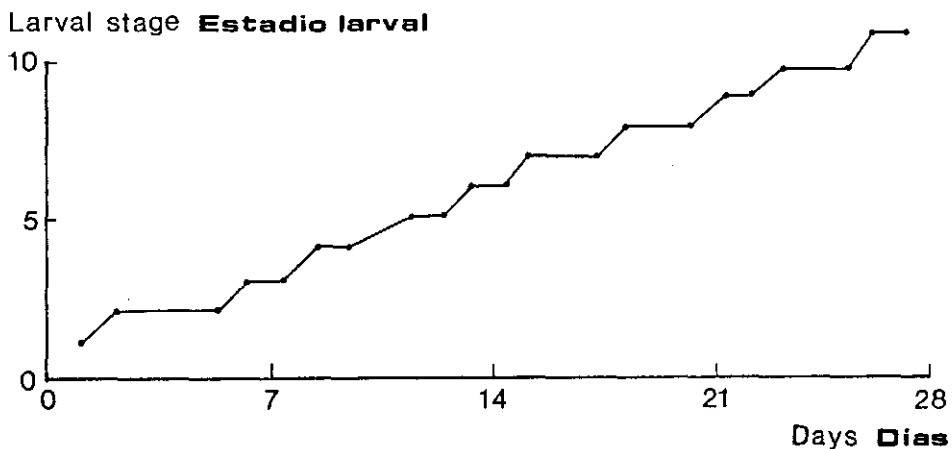


Figura 1. El tamaño de las larvas de *M. rosenbergii* en relación con su estadio.
 Figure 1. The average size of the different development stages of *M. rosenbergii* larvae.

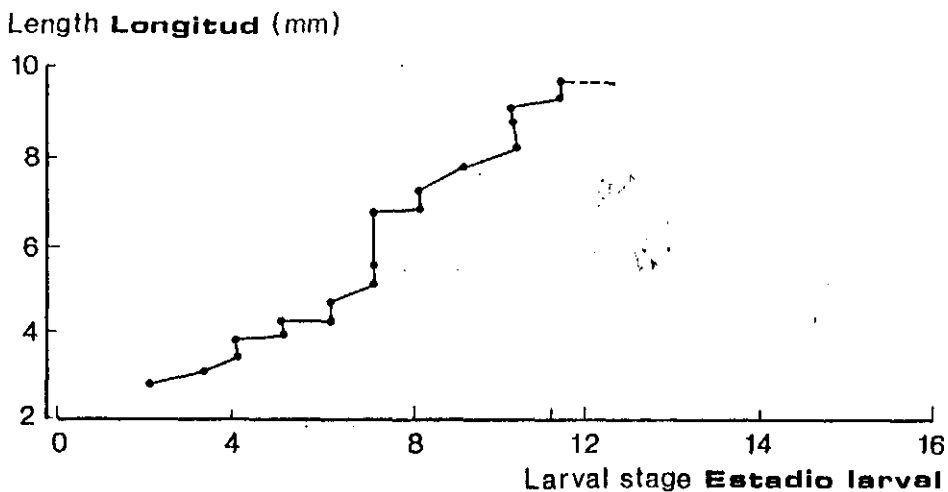


Figura 2. El crecimiento de las larvas de *M. rosenbergii* en los ensayos descritos en el presente estudio.
 Figure 2. The growth of *M. rosenbergii* larvae as assessed in the present study.

Bibliografía

- Correia, E.S., 1983. Cultivo de camarões de agua doce. In: Anais III, Congresso Brasileiro de Engenharia de Pesca, Manaus, A.M., pp. 60-68.
- Neves, F.S., Faray, A.M.P.A. & Sankarankutty, C., 1981. Algunas observaciones preliminares en el cultivo de camarones de agua dulce, *Macrobrachium acanthurus* (Wiegmann) y *M. amazonicum* (Heller) en Laboratorio. IFS Informe Provisional, nr. 10, Acuicultura III, Montería, Colombia, pp. 165-170.
- Uno, Y. & Soo, K.C., 1969. Larval development of *Macrobrachium rosenbergii* (De Man) reared in the laboratory. J. Tokyo Univ. Fish., 55 (2): 173-190.

EL CULTIVO LARVARIO DE *MACROBRACHIUM ROSENBERGII* (DE MAN) EN CUBA

THE LARVAL CULTURE OF *Macrobrachium rosenbergii* IN CUBA

R. Vázquez¹, I. Fernández² y A. Martínez²

¹ Centro de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad de Panamá, Panamá

² Universidad de la Habana, Habana, Cuba

Resumen

El rotífero *Brachionus plicatilis* es usado en un ensayo del cultivo larvario en agua verde de *Macrobrachium rosenbergii* como sustituto de la tradicional y costosa *Artemia*.

Aunque estos resultados son alentadores, el uso de la *Artemia* y la experimentación adicional es necesaria antes de adoptar este método como alimento básico en el cultivo larvario.

Summary

The rotifer *Brachionus plicatilis* was used as food in larval cultures of *Macrobrachium rosenbergii* in order to substitute *Artemia salina* for obvious economic reasons.

Although preliminary results are encouraging, further experiments are needed to ultimately determine the feasibility of such a substitution.

Introducción

En los últimos años se ha desarrollado a nivel mundial el cultivo de organismos acuáticos, especialmente el de crustáceos. La especie *Macrobrachium rosenbergii* (De Man), objeto de numerosas investigaciones en las últimas dos décadas, tiene como características un buen rendimiento en condiciones de cultivo. La técnica de cultivo ha dado muestras de bajos costos de producción. Además, existe una buena demanda en el mercado.

Este trabajo tiene por meta fundamental la introducción de la mencionada especie en Cuba, teniendo en cuenta la adaptabilidad de la técnica de cultivo a las condiciones cubanas, la demanda que tiene este recurso en el mercado local, y para integrarlo finalmente a los productos de exportación.

Material y métodos

La metodología seguida para el cultivo de las larvas de *M. rosenbergii* es básicamente aquella presentada por Ling (1969). Las hembras ovígeras fueron transportadas desde Panamá a Cuba en bolsas de polietileno con oxígeno, en cajas de poliestireno y a baja temperatura.

Los huevos en incubación eran al inicio de color naranja

intenso, lo cual representaba su inmadurez.

A su llegada al Centro de Investigaciones Marinas (CIM) se individualizaron las hembras en contenedores plásticos de 20 litros de capacidad, a 0‰ de salinidad. A la semana siguiente la coloración de los huevos fue tornándose más oscura, lo que juntamente con el continuo batir de pleópodos, indicaban una evolución normal y la proximidad de la eclosión. A partir de este período se comenzó a aumentar la salinidad a 3‰. La talla promedio de las hembras fue de 12 cm de longitud total.

De un total de 9 hembras ovígeras, sólo 5 eclosionaron sus huevos, lo cual nos recuerda que, huevos no fertilizados suelen desprenderse al cabo de 2 a 3 días (Ling, 1969).

Las larvas se repartieron entonces en dos estanques de fibrocemento con 500 litros de capacidad, a los cuales se les aumentó paulatinamente la salinidad hasta el 12‰. Durante las 48 horas siguiente las larvas se nutrieron de su propio vitelo. Una vez transcurrido este período se añadió la alimentación que consistió en el rotífero *Brachionus plicatilis* (con una densidad promedio de 8/ml). Este se obtuvo en grandes cantidades en estanques de reserva no controlados, inoculados con *Tetraselmis chui* (desarrollado por de la Cruz, 1975). Además se les suministró el "batido" cocido (leche, pescado y huevo en baño maría por alrededor de 18 minutos). Esto se distribuyó a razón de 5 gramos por cada 1000 larvas hasta el estadio 6, a partir del cual se le añadió sólo el batido, administrado 3 o 4 veces al día, hasta llegar a post-larva.

Para el cultivo de larvas se utilizó el método de agua verde, empleándose cultivos de *Chlorella kessleri* y de *Tetraselmis chui* en fase exponencial de crecimiento, alrededor de 28°C. Se registraron además los valores de pH a diario. Se le brindó atención especial a la concentración de nitritos, nitratos y amonio pues en el cultivo de las larvas de los langostinos, al igual que en otros camarones, son causantes de mortalidad masiva en estas crías.

Resultados y discusión

En cuanto a la calidad del agua no hay diferencias significativas entre los dos acuarios. En todos los casos los valores de estos parámetros fisicoquímicos no han sobrepasado los límites aceptados como máximos, que son: en el caso del amonio de 2.5 mg/l y para los nitritos y nitratos la concentración es de 1000 mg/l (Aquacop, 1977). En general las variaciones de los nitritos, nitratos y amonio, dependen del metabolismo de las larvas sobre el cual influye la intensidad de la luz, la temperatura, el estadio larval, la cantidad de alimentos suministrados, así como las condiciones patológicas de los organismos.

Los rotíferos son, ciertamente, alimento natural de larvas, sin embargo, poca información se ha encontrado en la literatura sobre experiencias similares de *Brachionus plicatilis* como re-emplazo de *Artemia*.

En el cuadro 1 aparecen los resultados del total de larvas de *M. rosenbergii* obtenidas a partir del estadio 1 hasta el 6, para un 83 y 94% de supervivencia en cada acuario.

Cuadro 1. La supervivencia de las larvas de *M. rosenbergii*, alimentadas con *Brachionus plicatilis*.
 Table 1. Survival of *M. rosenbergii* larvae, fed with *Brachionus plicatilis*.

Tank	Stage 1	Stage 6	% Survival
1	11666	9687	83
2	7656	7222	94
Total	19322	16909	87.5

Otros autores citan un 97% de supervivencia del estadio 1 al 6 pero en condiciones distintas, ya que se ha utilizado el método de agua clara, el cual consiste en cambiar diariamente el agua de cada acuario, además que el tipo de alimentación administrado a las larvas es, en esos casos, nauplios de *Artemis* a razón de 5 a 10/ml. En tales concentraciones pueden contribuir a la acumulación de amonio, inclusive con método de agua verde (Cohen *et al.*, 1976). Los resultados obtenidos son alentadores al alcanzar porcentajes de supervivencia altos, en los primeros estadios con un método de cría más sencillo y con reducido costo en el alimento suministrado. Esto es gracias al reemplazo de los requerimientos mínimos de *Artemia* (Monzi & Maddox, 1979) para fito- y zooplancton, por el rotífero *B. plicatilis* (resistente a variaciones osmóticas). Tiene también la característica de encontrarse en número y tamaño tal, que facilita el encuentro fortuito, factor de alta relevancia en la alimentación (New, 1976).

En este sentido es oportuno también recordar trabajos en donde a las larvas se les suministra alimentación con *Artemia* y una serie de partículas inertes. En nuestro caso es de notar la rápida asimilación del rotífero. Al compararlo con los datos de Ling (1969), se aprecia una ligera reducción entre el tiempo transcurrido entre cada estadio larval; de manera que el último estadio descrito por Ling como el octavo aparece en nuestro caso en los 25 días.

En nuestro caso, la rápida coloración marrón (rojizo en caso de alimentación con *Artemia* después de la administración del alimento *Brachionus*), es claro indicio de su consumo.

Conclusiones

La alternativa de alimento que representa el organismo considerado, resulta alentadora y estimulante dada la facilidad con que se puede disponer de este "sustituto" de la *Artemia*, de mínimo costo y gran rendimiento.

Si bien algunos resultados tales como metamorfosis y crecimiento de las larvas, son exitosos, es difícil llegar a conclusiones finales sobre la conveniencia general de desarrollar el proceso del cultivo larvario basada en una alimentación exclusiva de rotíferos, pues otras experiencias son aún

imprescindibles antes de abandonar la cómoda, tradicional y costosa práctica del uso de *Artemia*.

Bibliografía

- Aquacop, 1977. Culture in Polynesia: progress in developing a mass intensive larval rearing technique in clear water. Proc. World Maricult. Soc., 8: 311-326.
- Cohen, D., Finkely, A. & Sussman, M., 1976. On the Role of Algae in the larviculture of *Macrobrachium rosenbergii*. Aquaculture, 8: 199-287.
- Ling, 1969. The General Biology and development of *Macrobrachium rosenbergii* (De Man). FAO Fish. Rep., 57 (3): 687-619.
- Manzi & Maddox, 1979. The General Biology and development of *M. rosenbergii*. FAO Fish. Rep., 57 (3): 589-686.
- New, M., 1976. A Review of Dietary Studies With Shrimps and Prawns. Aquaculture, 9: 181-144.
- De La Cruz, H., 1975. Cultivo masivo de algas planctónicas marinas mediante fertilización. Centro de Investigaciones Marinas, Facultad de Ciencias, La Habana. Ciencias, 8: 17.

DESARROLLO LARVAL DE *MACROBRACHIUM PANAMENSIS* EN MEDIOS CONTROLADOS. ENSAYOS PRELIMINARES

THE LARVAL DEVELOPMENT OF *Macrobrachium panamensis* IN A CONTROLLED ENVIRONMENT. PRELIMINARY RESULTS

V.G. Salazar

Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Naturales,
Casilla 471, Guayaquil, Ecuador

Resumen

En el presente trabajo se detallan dos métodos en medios controlados para el desarrollo larval de *Macrobrachium panamensis*, obteniéndose buenos resultados con el sistema de recirculación de agua. Durante 25 días que duró el ensayo se obtuvieron 5 estadios larvales con unos condiciones de salinidad de tanto 14‰, temperatura entre 26-26.5°C, pH 6.5-8 y el oxígeno 7-8 mg/l. Se empleó como alimento carne de pescado tanto fresca como congelada (molida), huevo cocido, bola de pescado y *Artemia*.

Summary

This paper presents the results of experiments on larval rearing of *Macrobrachium panamensis* in a recirculation system, using a mixture of fresh fish meat, frozen eggs, "fish balls" and *Artemia* as food. Five consecutive larval stages could be obtained within a 25 days experiment, during which the following water quality parameters were recorded: salinity 14‰, temperature 26-26.5°C, pH 6.5-8.0, dissolved oxygen 7-8 mg/l.

Introducción

El Ecuador en los actuales momentos registra altos índices de producción de camarones de agua salada (*Penaeus*) por capturas directas en el mar y por captura en piscinas de cría. En lo relacionado al cultivo y cría del camarón de agua dulce todavía no se ha desarrollado un trabajo sistematizado. Existen personas que trabajan con especies introducidas como *Macrobrachium rosenbergii* pero de las especies nativas que poseemos como *Macrobrachium panamensis* se desconoce su potencial proteínico y económico. La especie que hemos considerado para el presente trabajo es de gran importancia para nuestro país. Este trabajo pretende estudiar el ciclo biológico de *Macrobrachium panamensis* con vistas a repoblar con esta especie los ríos Ecuatorianos y evaluar tanto cualitativamente como cuantitativamente estos recursos para su mejor aprovechamiento

Material y métodos

Se recogieron hembras de *Macrobrachium panamensis* en el río Guayas utilizando trampas como artes de pesca. Luego se las trasladó al laboratorio y se las mantuvo en acuarios separados (cada hembra) en un volumen de agua dulce de 5 litros. Se los alimentó con carne de pescado fresca. Diariamente se observó el cambio de coloración de los huevos y se fué adicionando agua de mar. Cuando se produjo la eclosión de los huevos, la salinidad del agua fue de un 5%. La temperatura se mantuvo durante toda la experiencia entre 26.0 y 26.5°C. Una vez producido la eclosión se procedió a separar las hembras de las larvas. Se colocaron 300 larvas (60 larvas/litro) en 2 acuarios de vidrio de 5 litros cada uno sin fondo artificial. Estos acuarios se colocaron dentro de un estanque para mantener la temperatura. Se efectuó un recambio parcial de agua todos los días por la mañana. Las larvas fueron alimentadas con carne de pescado molida (chame) que fue pasada a través de un tamiz de 15 mallas/cm. Se suministró alimento tres veces al día, sifoneando los restos que quedaban en el fondo. La temperatura fue de 26.0-26.5°C y la salinidad alconzo el 10%.

Se diseñó un sistema sencillo de recirculación de agua en base a los diseños de Goodwin (1974), Limpadanai et al., (1980), Menasqueta et al., (1980) and Yang (1975). El diseño consistió en dos acuarios de 60 cm de largo por 35 de alto y 30 cm de ancho. Un acuario se dividió con un marco de madera en la parte inferior con una malla de 30 micras. Un lado del acuario estaba provisto con un filtro de arena y grava separados por tela de malla mosquitera. En el otro acuario se colocaron las larvas (60 larvas/litro) en 40 litros de agua a una salinidad de 10%, y a una temperatura de 26.5°C. Se colocó aireación constante y se cubrió las paredes con plástico negro, tapando la parte superior del acuario con tela de malla. En cada acuario se colocaron los tubos de los sifones introduciendo la piedra aireadora en el sifón que impulsaría el agua al otro acuario. Esta agua es obligada a pasar por el filtro de grava y arena a través de la malla que divide el acuario. El agua así filtrada es impulsada al otro acuario por el sifón donde se encuentran las larvas, cerrando así el sistema. Se utilizó el mismo alimento suministrado con la misma frecuencia que el anterior. El agua no se cambió diariamente, solo cuando se sifoneó el fondo se repuso el agua sacada (durante los 10 primeros días) y cuando se elevó la salinidad.

Como alimento se usó carne de pescado fileteada y luego molida (fresca y congelada), bola de pescado (fish-ball), y carne molida hasta formar una pasta dándole forma de bola. Se la cocinó ligeramente al vapor. Luego se añadió huevo batido y cocinado al vapor y nauplio de *Artemia*.

Resultados

En los acuarios de 5 litros de capacidad de agua, la mortalidad de las larvas fué del 100% a los 5 días de iniciado el ensayo. La mortalidad se atribuyó a la alta densidad de organismos por litro y a la ausencia de aireación. Además, la

renovación diaria de agua (sola una vez) motivó que la concentración de materia orgánica en descomposición se acumulara, a pesar de que se sifoneaba cada vez que se alimentaba. Este método no tiene ninguna aplicabilidad por los resultados obtenidos.

En el segundo ensayo se tuvo buenos resultados ya que mantuvimos las larvas hasta 25 días, consiguiendo una supervivencia del 10% de la población. Durante el ensayo se utilizó tres tipos de alimentos, carne de pescado fresca y congelada que se alternó con huevo cocido al vapor y bola de pescado durante los 6 primeros días; a partir del séptimo hasta el doceavo día se utilizó nauplios de *Artemia* y bola de pescado. Por no contar con la *Artemia* necesaria se continuó alimentando con carne de pescado fresca y cocida hasta el final del ensayo. Durante los cinco primeros días se mantuvo el agua al 10% de salinidad, luego se adicionó agua de mar filtrada hasta llevarla a 14% al los 12 días. Se mantuvo esta salinidad hasta el final. La temperatura presentó muy ligera variación (26.0-26.5°C). La concentración del oxígeno fue de 7-8 mg/l y el pH osciló entre 6.5-8. El sistema de filtración mantuvo en buenas condiciones el agua ya que solo se efectuaron recambios parciales cuando se incrementó la salinidad y cuando se sifoneaba el fondo del acuario sacando algunas partículas grandes. Durante los dos primeros días la supervivencia fue del 100%, manteniéndose todos los organismos en el primer estadio.

A partir del tercer día, con una mortalidad aparente del 48%, se determinó el segundo estadio observando la formación de los pereopodos, ojos más salientes y espinas laterales detrás del cuarto segmento abdominal. La longitud total fue de 2.8 mm. Al octavo día con una mortalidad de 12% se observó el tercer estadio (longitud 2.9 mm). Al décimo primer día la mortalidad fue del 50% y se observó el cuarto estadio observándose los pereopodos con endo y exopodito, el pigmento de los ojos más pronunciado, y la longitud de 3 mm.

A partir del décimo quinto día cuando la supervivencia es del 15% se observan los ojos pedunculados, pereopodos totalmente desarrollados, cefalotorax con espinas supraorbitales, branquios tegales y dos dientes en la base del rostro. También se observan los urópodos. La supervivencia al día 25 fue del 10%. No se continuó con el ensayo. Se llegó a la conclusión que dada la ubicación de nuestro laboratorio y de otros que se encuentren alejados del mar se puede adoptar un sistema de recirculación del agua lo cual abarataría los costos de transporte de agua salada. La producción de larvas se mejoraría corrigiendo los errores que hemos tenido, pero que en todo caso consideramos que estos no son significativos respecto al rendimiento que se ha obtenido.

Agradecimientos

Agradezco por la colaboración decidida que he tenido de mis exalumnos de la cátedra de Acuicultura, señores Alberto Co-trina, Fernando Arcos y Guadalupe Bravo.

Bibliografía

- New, M. & Singholka, S., 1984. Cultivo del Camarón de agua dulce. Manual para el cultivo de *Macrobrachium rosenbergii*. FAO Doc. Téc. pesca, 225, 118 pp.
- Goodwin, H., 1974. The Aquaculture of Fresh-water Prawns (*Macrobrachium* species). The Oceanic Institute Waimanalo, Hawaii.
- Limpadanai, D. & Tansakul, R., 1980. Culture of Giant Fresh-water Prawn (*Macrobrachium rosenbergii*) in a small reservoir. *Aquaculture*, 20 (3): 257-260.
- Menasveta, P. & Piyatitativokul, S., 1980. A Comparative Study on Larviculture Techniques for the Giant Fresh-water Prawn, *Macrobrachium rosenbergii* (De Man) *Aquaculture*, 20 (3): 239-249.
- Yang, W., 1975. A Manual for the large-tank culture of Penaeid shrimp to the postlarval stages. Technical Bulletin no. 31. University of Miami Sea Grant. Miami.

REPRODUCCION Y CULTIVO DE (*MACROBRACHIUM ROSENBERGII*) EN LA ZONA ATLANTICA DE COSTA RICA

REPRODUCTION AND CULTURE OF *Macrobrachium rosenbergii* IN THE ATLANTIC REGION OF COSTA RICA

J. Ruiz y R. Ruiz

ASBANA S.A., Departamento de Piscicultura, 28 Millas, Limón, Costa Rica

Resumen

El trabajo de investigación consistió en la producción intensiva de post-larvas de *M. rosenbergii*, la iniciación, el desarrollo y el engorde de esta especie.

El trabajo se realizó en la Zona Atlántico de Costa Rica. Se utilizó una técnica de cultivo en aguas claras y un sistema cerrado de recirculación de agua con filtros biológicos de arena.

Se midieron y analizaron diferentes parámetros tales como: salinidad, pH, temperatura, oxígeno disuelto, producción de post-larva, supervivencia, turbidez del agua, conversión alimenticia y costo de producción de langostino gigante de Malasia.

Se encontró que al utilizar agua de recambio diariamente a la misma temperatura (28-29 °C), para reemplazar el agua cargada de metabolitos, se pueden obtener casi dos ciclos de producción por año en comparación con utilizar en el recambio diario agua a temperatura ambiente (24-25 °C).

La producción de post-larvas fue de 0-36 post-larvas/litro y la supervivencia de 0-30%. La producción de *M. rosenbergii* en kg/há/año fue de 1134.6 kg en promedio, alcanzándose producciones máximas de 2227 kg/há/año. La supervivencia promedio fue de 57.85%.

Summary

In the Atlantic zone of Costa Rica, intensive production of *M. rosenbergii* post-larvae in a freshwater recirculation system was investigated. The salinity, pH, temperature, O₂, production of post-larvae, survival rate, water turbidity, feed conversion, and costs of production of *M. rosenbergii* were measured.

A daily water exchange at 28-29 °C resulted in almost two extra production cycles compared to a daily water exchange at 24-25 °C. The production of post-larvae ranged between 0-36 post-larvae/l and the survival rate between 0-30%. The production averaged 1134.6 kg/ha/yr., and reached a maximum of 2227 kg/ha/yr. The average survival was 57.85%.

Introducción

En el mundo existen unas 100 especies de *Macrobrachium*, de las cuales unas 35 especies se hallan en América (Ruiz, 1983). A partir de esto la especie con que más se ha trabajado, ha sido con *Macrobrachium rosenbergii* originario de las áreas tropicales y sub-tropicales de la región Indopacífica (Ramboux, 1982). Este crustáceo se ha distinguido por su aptitud al cultivo comercial y rápido crecimiento.

El objetivo del presente estudio fue probar un paquete de tecnología en el cultivo de langostino gigante de Malasia (*M. rosenbergii*) que involucra producción de semilla, iniciación, desarrollo y engorde.

La investigación se realizó en la Estación Experimental de 28 Millas, ASBANA, S.A., localizada en la provincia de Limón, Costa Rica. El Centro Experimental está ubicado sobre suelos tipo inceptisol, a una altura de 40 m sobre el nivel del mar.

Material y métodos

Se utilizó un vivero de producción de post-larvas de *M. rosenbergii* de aguas claras y sistema cerrado, cuya purificación del agua se realizó mediante filtros biológicos de arena.

Se usaron larvas provenientes de hembras grávidas, seleccionadas del pie de cría. Fueron colocados en tanques de asbesto cemento de 0.5 m³ recubiertos en su interior con pintura epóxica oscura o desinfectados con una solución de cloro de 12 ppm. La densidad fue de 100-200 larvas/l. El agua salobre tenía una salinidad de 12 ‰ ± 2 ‰, con aireación continua proveniente de un soplador y una temperatura promedio de 29 °C. Inicialmente el agua era calentada por el termostato de cada tanque hasta llegar a 28-29 °C, posteriormente el agua era precalentada a 29 °C y el termostato sólo mantenía esta temperatura.

Las larvas se alimentaron durante los primeros 10 días a base de larvas de *Artemia* (ART), manteniéndose en forma continua de 3 a 5 ART/ml. Transcurrido este tiempo, la alimentación diaria consistió en un preparado a base de leche de vaca y yema de huevo, además se siguió adicionando ART por la tarde. El esquema de la alimentación diaria fue la siguiente:

<u>Actividad</u>	<u>Tiempo</u>
Cambio de agua	06:00h
Alimentación flan de huevo	08:00h
Alimentación flan de huevo	11:00h
Alimentación ART (3-5/ml)	15:00h

Lograda la metamorfosis, las post-larvas se trasladaron a pilas de precría con agua dulce, donde se alimentaron con pescado cocido. Al cabo de 15 días se trasladaron a estanques de tierra con un área superficial de 0.1 há de espejo de agua, para su iniciación de aproximadamente 2 meses, con el propósito de ejercer mayor control sobre el crecimiento y la supervivencia. Los juveniles fueron colocados a una densidad de 20 juveniles/m². La alimentación en esta etapa fue a base

de alimento balanceado (25.6% de proteína cruda) a razón del 6% del peso vivo.

La etapa de desarrollo y finalización tuvo una duración aproximada de 3-5 meses, y se llevó a cabo en estanques de tierra, con una área de 0.3 há. La densidad del cultivo utilizada fue de 6 animales/m². La tasa de alimentación (alimento balanceado con 25.6% de proteína cruda) fue del 3% del peso vivo. La cantidad de alimento se corrigió quincenalmente, mediante muestreos de 50 animales por estanque.

Los parámetros evaluados en el vivero fueron: salinidad, pH, temperatura, oxígeno disuelto; producción de post-larvas por litro y supervivencia. En condiciones de engorde, los parámetros fueron: oxígeno disuelto, turbidez y pH del agua, conversión alimenticia, peso promedio a la cosecha, y producción total.

Resultados y discusión

Condiciones de vivero

En un vivero de larvicultura se deben controlar algunos parámetros físico-químicos, para que las larvas completen satisfactoriamente su metamorfosis. En el cuadro 1 puede observarse que la salinidad, el oxígeno disuelto, el pH y la temperatura están dentro del ámbito recomendado para las larvas de esta especie (New & Singholka, 1984).

Cuadro 1. Contenido de O₂, salinidad, temperatura y pH del agua medidos en los tanques de cría de *M. rosenbergii* a lo largo de tres períodos consecutivos.

Table 1. Salinity, O₂ content, temperature and pH of the water in nursing tanks of *M. rosenbergii* during three consecutive rearing periods.

Period	Average Salinity (%)	Oxygen (ppm)	Temperature (°C)		pH
			Min	Max	
1	11.14	7.66	25	26.2	7.0
2	11.15	7.29	27.3	29.0	7.0
3	12.43	7.18	23.9	29.0	7.0

Es importante destacar el efecto de la temperatura y la alimentación en la duración del ciclo de producción de post-larvas. En la tabla 2 puede notarse que con el uso de agua a la misma temperatura del agua reemplazada diariamente, hubo un ahorro de 21-24 días por período de producción. Esto es ventajoso ya que se obtienen dos ciclos más de producción por año y menor "strés" por cambios bruscos de temperatura.

New & Singholka (1984) y Aquacop (1978) informan de producciones de 10-30 post-larvas/l. En el cuadro 3, se muestra la producción de post-larvas durante varios años de funcionamiento del vivero de larvicultura.

Cuadro 2. Tiempo (días) necesario para alcanzar la metamorfosis de las larvas de *M. rosenbergii* mediante empleo de agua pre-calentada.

Table 2. Time (days) needed to reach metamorphosis for larvae of *M. rosenbergii* using preheated water.

Production cycle	Time (days)	Use of preheated water	Number of production cycles of pL's per year
1	68	No (24-25 °C)	4.8
2	47	Yes (29 °C)	6.6
3	44	Yes (29 °C)	7.0

Cuadro 3. Producción y supervivencia de las post-larvas de *M. rosenbergii* durante varios ciclos de producción.

Table 3. Production and survival of post-larvae of *M. rosenbergii* during different production cycles.

Production batch	Stocking density ind/l	Number of post-larvae at harvest ind/l	Survival (%)
1983	69	13	18.5
1984	121	20	17.8
1985	131	36	27.28
1986 batch 1	64.0	19.1	30.0
1986 batch 2	96.5	6.2	6.4
1986 batch 2	165.5	7.5	4.5
1986 batch 3	142	0.06	<0.1
1986 batch 3	161	1.9	1.2
1986 batch 3	181	1.9	1.0
1986 batch 3	197	12.4	6.3
1986 batch 3	198	3.3	1.7
1986 batch 3	134	1.5	1.1
1986 batch 3	67	0.0	0.0

Es importante destacar que la mayor relevancia existe mas bien en el número de post-larvas producidas y no en el número de larvas sembradas. De este modo vemos que el número de larvas sembradas va de 64 a 198/larvas/litro y la producción va desde 0.0 hasta 36 post-larvas/litro (cuadro 3).

La supervivencia varió entre 0.0 a 30%. Los mayores problemas se debieron a infestaciones de la fase larval por el protozoario *Epystylis sp.* que se agudizaron en el ciclo 2 de 1986, cuya supervivencia fue de sólo un 5.4%. El ciclo 3 de 1986 fue gravemente afectado por bacterias filamentosas y quitinolíticas, resultando en una supervivencia muy baja. Por otra parte la supervivencia obtenida en 1983, 1984, 1985 y ciclo 1 de 1986 (Fig. 1) son más alentadores y están acorde con lo informado por otros autores (Aguacop, 1987). Limpadanaí & Tansabul (1980) sugieren que la tasa de supervivencia en las larvas de *M. rosenbergii* es altamente variable y de-

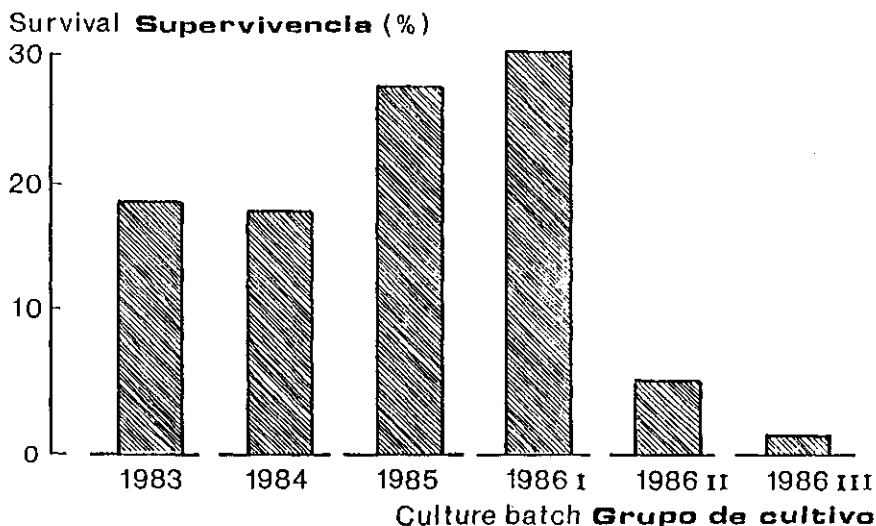


Figura 1. La supervivencia de las post-larvas de *M. rosenbergii* durante varios ciclos de producción.

Figure 1. The survival rate of *M. rosenbergii* postlarvae attained in different culture batches.

pende de la destreza y facilidades con que se trabaje.

Los costos de producción por post-larva es variable, dependiendo de la eficiencia y la tecnología con que se trabaje. El costo por cada mil post-larvas es de US \$ 19.8 producidas en este vivero.

Condiciones de engorde

Los datos de oxígeno, temperatura, pH y turbidez medidos en condiciones de engorde en el agua de los estanques, se presentan en el cuadro 4.

New y Singholka (1984) recomiendan que el nivel de oxígeno disuelto sea mayor a 75% de la saturación, lo que significa en nuestras condiciones, niveles superiores a 3 ppm. En el cuadro 4 puede verse que el nivel mínimo fue de 3.8 ppm, valor que está por encima del mínimo recomendado. La temperatura, aunque no fué la ideal, estuvo dentro de un rango admisible. La turbidez varió mucho (desde 15-85 cm). En tal caso creemos que de alguna manera afectó negativamente el cultivo. Es conveniente mantener una turbidez entre 25-40 cm, con el propósito de obtener una productividad adecuada en el estanque.

Cuadro 4. Contenido de O₂, temperatura y turbidez en cuatro estanques de engorde de *M. rosenbergii*.

Table 4. O₂-content, temperature, and turbidity in four fattening ponds of *M. rosenbergii*.

Pond	Area (m ²)	Minimum Oxygen Content (mg/l)	Temperature (°C)	pH		Turbidity (CM)	
				Min.	Max.	Min.	Max.
1	3000	4,2	24.3	6.4	8.5	40.0	15.0
2	3000	4.5	25.0	6.0	7.0	80.0	25.0
10	1000	3.8	24.9	6.0	6.5	85.0	20.0
11	1000	3.8	24.9	6.0	6.5	85.0	20.0

Cuadro 5. Datos de cosecha de *M. rosenbergii* cultivados en estanques de la estación experimental "28 Millas" de ASBANA S.A., Costa Rica.

Table 5. Production data of *M. rosenbergii*, reared in ponds at the experimental station "28 Millas" of ASBANA S.A., Costa Rica.

Date of harvest	Pond Area (m ²)	Stocking density (ind/m ²)	Rearing period (days)	Food Con- ver- sion Rate	Weight at harvest (g)	Survival (%)	Yield (kg/ha/yr)
(1985- 1986)							
17-12	3000	5	208	2.2	20.0	50.33	854.8
14- 2	4000	6	198	2.2	20.0	32.60	578.0
5- 3	3000	5	267	3.0	18.2	64.16	990.7
3- 4	3000	5	230	2.8	25.6	39.60	752.9
29- 5	1000	6.5	213	3.2	23.0	87.60	2227.0
31- 5	3000	3.3	189	3.7	34.5	72.80	1403.9
Mean		5.1	217.5	2.8	23.5	57.85	1134.6

En el cuadro 5 se observa una producción promedio de *M. rosenbergii* de 1134.6 kg/há/año en un lapso de 7 meses (1.7 cosechas al año).

New y Singholka (1984) señalan como aceptables tasas de supervivencia de un 50% entre la metamorfosis y la recolección. Puede observarse que la supervivencia obtenida es bastante satisfactoria. Uno de los factores de mayor impacto negativo en la supervivencia son las condiciones de hipoxia en el estanque, que causan trastornos fisiológicos en el langostino, retardando el crecimiento (Mauro & Malecha, 1984).

El análisis de los costos de producción basandose en la producción promedio obtenida (1134.6 kg/há/año), involucrando los costos de inversión y operación, nos lleva a un costo de 3.70 US \$.

Conclusiones

1. La técnica de vivero utilizada, es una técnica satisfactoria para producir post-larvas en cualquier granja de *M. rosenbergii*.
2. La desinfección del agua antes de iniciar cada ciclo de vivero, es un factor profiláctico de vital importancia, que evita grandes pérdidas.
3. Las condiciones de hipoxia en los estanques fue el factor que más afectó la producción.
4. Se concluye que Costa Rica posee la tecnología para la producción del langostino gigante de Malasia, en las condiciones de la Zona Atlántica.

Bibliografía

- Aquacop, 1978. *Macrobrachium rosenbergii* (De man) culture in Polynesia. Progress in developing a mass intensive larval rearing in clear water. (NEXOCOP - B.P. 7004) Taravao, Tahiti (French Polynesia).
- Limpadanal, D. & Tansakul, R., 1980. Culture of Giant Fresh Water Prawn (*Macrobrachium rosenbergii*). Aquaculture 20: 257-260.
- Mauro, N.A. & Malecha, S.R., 1984. The effect of hipoxia on blood pH and Lactate levels in *Macrobrachium rosenbergii* (De Man). Comp. Biochem. Physiol., 77A (4): 627-630.
- New, M.B. & Singholka, S., 1984. Cultivo del Camarón de agua dulce. Manual para el cultivo de *Macrobrachium rosenbergii*. FAO. Doc. Téc. Pesca., 225: 118 pp.
- Ramboux, A.C. 1982. El camarón de agua dulce *Macrobrachium rosenbergii*. Su biología y desarrollo larval. Dirección Técnica de Pesca y Acuicultura. Depto. de Acuicultura, Guatemala, 13 pp.
- Ruiz, J. 1983. Reproducción asistida del langostino gigante de Malasia (*Macrobrachium rosenbergii*) en la Estación Experimental 28 Millas, Limón. Tesis ITCR. Depto. de Agronomía. 62 pp.

Cultivo de bivalvos/*Shellfish culture*

EL CULTIVO DEL MEJILLON (*MYTILUS EDULIS*) Y LA OSTRA (*OSTREA EDULIS*) EN ESPAÑA

THE CULTURE OF MUSSELS (*Mytilus edulis*) AND OYSTERS (*Ostrea edulis*) IN SPAIN

A. Pérez Camacho

Instituto Español de Oceanografía, Apartado 130, La Coruña, España

Resumen

La producción de la acuicultura marina en España sobrepasa las 200000 toneladas anuales, de las que más del 95% corresponden al mejillón (*Mytilus edulis*), y el resto se reparte entre la ostra (*Ostrea edulis*), almejas (fundamentalmente *Venerupis pullastra*) y otras especies.

El cultivo del mejillón y de la ostra presentan características muy distintas. Mientras la primera es una especie con escasos problemas de cultivo, que se produce masivamente y cuya semilla abunda en la naturaleza, la segunda es un organismo casi extinguido, con notables problemas patológicos y cuya semilla es necesario producir en criadero.

En este trabajo se hace un breve resumen de la evolución del cultivo de la ostra y el mejillón en España, de sus técnicas de producción y de los problemas que afectan a las distintas fases de su cultivo, planteandose, en el caso de la ostra, la necesidad de desarrollar la investigación en el campo de la patología y la selección genética, y la aplicación de estrictas medidas de control sobre la importación de especímenes foráneos. Respecto al mejillón se considera la conveniencia de limitar su producción, diversificando la explotación mediante el cultivo de otras especies de menor impacto ecológico.

Summary

In Spain the shellfish aquaculture industry produces over 200000 tons per year. Over 95% of this production concerns mussels (*Mytilus edulis*). Oysters (*Ostrea edulis*), clams (mainly *Venerupis pullastra*) and other species account for the remaining production.

Mussels and oysters are cultured under different situations. Mussels are mass cultivated without problems and their seed is obtained in great amount from the natural environment, nevertheless large cultures cause a strong environmental impact. In contrast, natural populations of oysters are nearly extinct, its seed has to be produced in hatcheries, and in addition this species suffers from important pathological problems.

In this paper, the development of mussel and oyster culture in Spain, the production techniques and the problems affecting the different phases of these cultures are reviewed. The

necessity to investigate oyster pathology and genetics is discussed just as well as the importance of the control of species transfer. The possibility of a limitation of mussel culture and its substitution by other species with less environmental impact is taken into consideration.

Introducción

La producción de moluscos bivalvos en España tiene dos aspectos claramente diferenciados: la explotación de las poblaciones naturales y el cultivo, y está en la actualidad claramente desplazada hacia este último, al que corresponde más del 90% del producto total del sector.

La producción anual de la acuicultura marina en España oscila entre las 150000 y las 200000 toneladas, según las distintas estimaciones, que se producen fundamentalmente en Galicia, y de ellas el 97% corresponde al mejillón, al que siguen a considerable distancia la ostra y otras especies (ostras, almejas, etc.) que se reparten en el 3% restante.

La ostra y el mejillón representan dos situaciones totalmente contrapuestas de la problemática del cultivo de moluscos. Una, la ostra, es una especie que pasó de ocupar uno de los primeros lugares en la producción natural a prácticamente extinguirse, y en la que casi todos son problemas que es necesario solucionar.

En la problemática en el cultivo del mejillón, que se produce masivamente, lo fundamental es conocer su funcionamiento y controlar su desarrollo, a fin de prevenir los problemas que en un futuro más o menos corto puedan presentarse (Fig. 1 y 2).

La ostra

La ostra, según las estadísticas oficiales del año 1982, ocupa uno de los últimos lugares en capturas dentro de los moluscos bivalvos, con una producción que no llega a alcanzar 1 tonelada, mientras que entre las especies cultivadas le corresponde el quinto lugar en cuanto a peso, con un total de 590 toneladas, y el segundo lugar en importancia económica, con más de 335 millones de pesetas al año.

Esta especie, conocida desde muy antiguo en las costas peninsulares, se extendía fundamentalmente por el Cantábrico y Galicia, siendo muy abundante en esta última, de cuyas rías se extraían en 1935 más de 50 millones de ejemplares por año (Sanchez, 1936, Andreu, 1968).

La producción descendió notablemente en los años siguientes, hasta el punto de que a comienzos de los años 50 los bancos naturales de ostra habían desaparecido de las costas gallegas. Las causas de esta desaparición no son del todo conocidas aunque bien pueden atribuirse a enfermedades, parásitos, predadores o, incluso, a la falta de condiciones genéticas para adaptarse a la variación de las condiciones ambientales, sin olvidar el exhaustivo marisqueo a que desde muy antiguo se sometió a esta especie, fundamentalmente en el período 1930-1950.

Paralelamente a la desaparición de los bancos de ostra comienza a desarrollarse su cultivo, para el que llegaron a in-

stalarse en la época de mayor producción (años 70) alrededor de 300 bateas.

El cultivo se realiza partiendo de ostras jóvenes, de unos 5 cm que se pegan a las cuerdas con cemento formando grupos de 2-3 ostras, separados entre sí unos 20 cm. Cada batea puede soportar de 200000 a 300000 ostras, que en menos de un año alcanzan la talla comercial (Perez Camacho, en prensa).

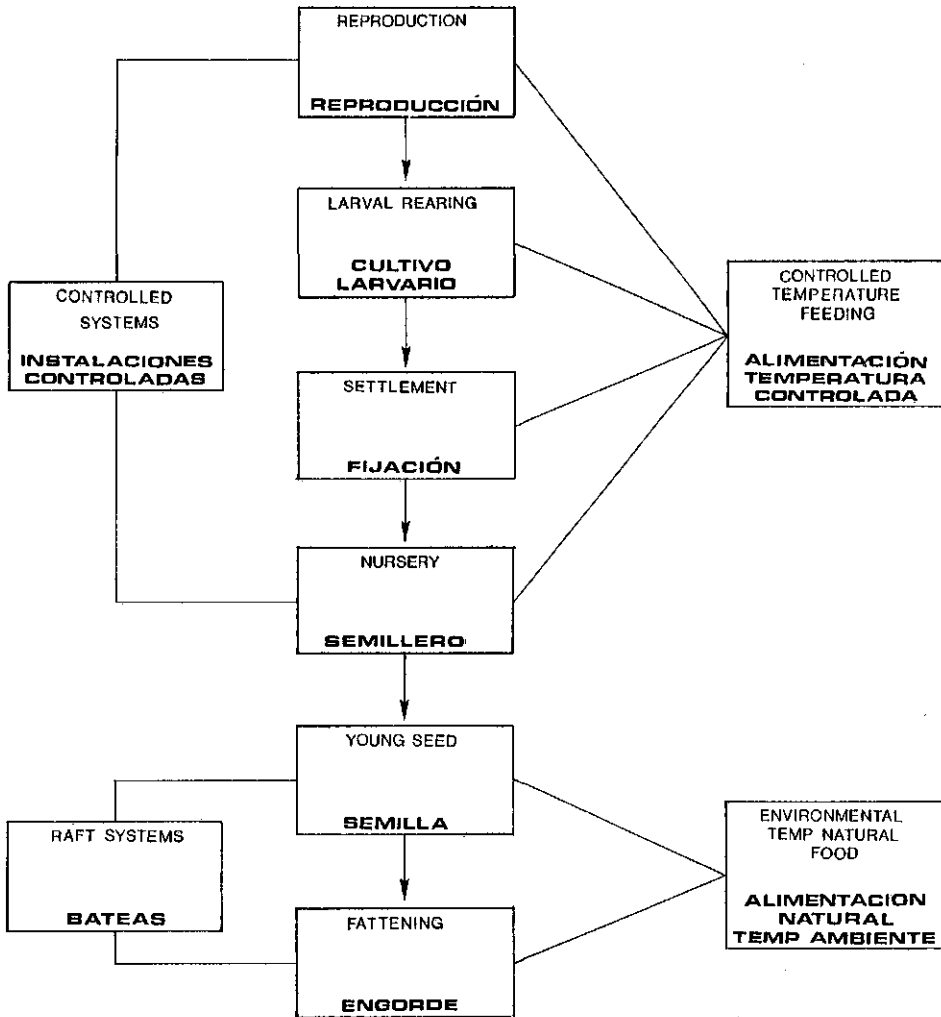


Figura 1. Esquema del proceso del cultivo de la ostra.
 Figure 1. The production procedure of oysters.

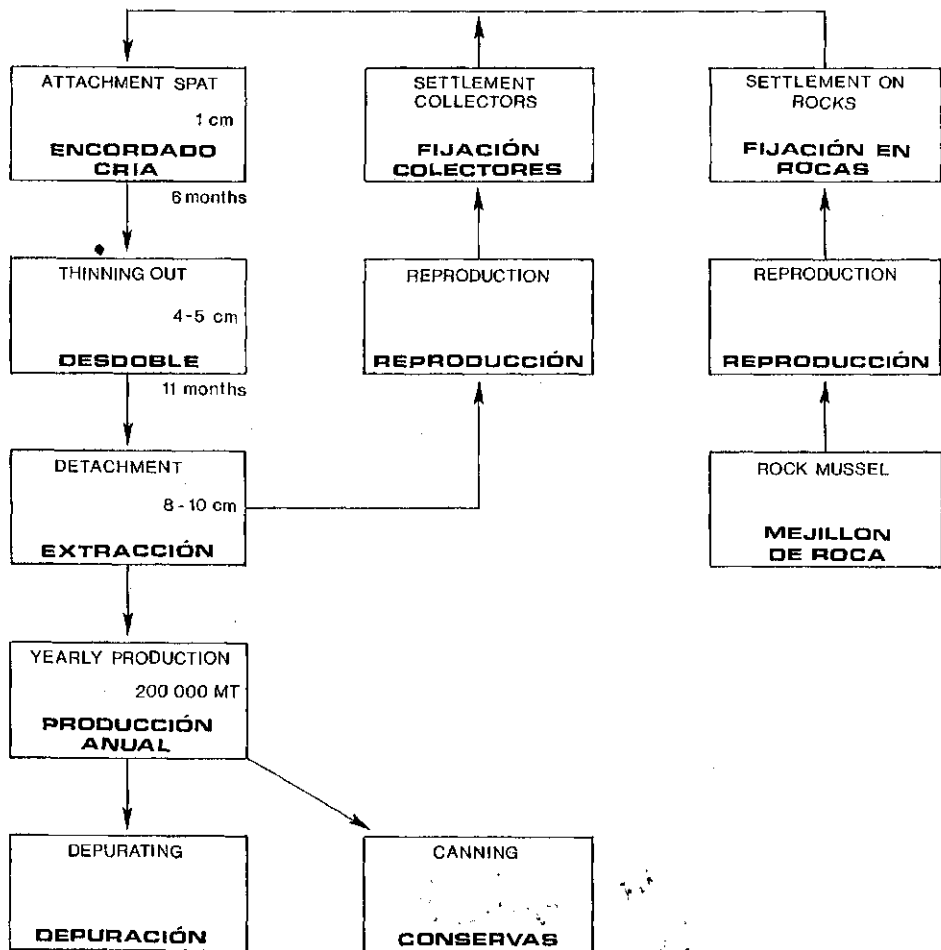


Figura 2. Esquema de las fases del cultivo en batea del mejillón.

Figure 2. The production procedure of raft cultures of mussels.

Dada la escasez de semilla de ostra nativa, se recurre a su importación de otros países, fundamentalmente de Francia, de donde en los años de mayor producción llegaron a importarse de 70 a 100 millones de unidades/año.

El desarrollo de este cultivo se vió pronto cortado al empezar a detectarse fuertes mortandades entre la ostra importada, mortandades que en muchos casos superaban el 80%, hasta el punto de que en la actualidad el cultivo de la ostra ha desaparecido de las costas de Galicia, atendiéndose a las

demandas del mercado con la importación de ostras adultas, fundamentalmente de Irlanda y el Mediterraneo, que se comercializan como ostras autóctonas después de pasar, en el mejor de los casos, un corto período en la batea.

Es evidente que la recuperación del cultivo de la ostra sólo puede abordarse en base a la producción masiva de semilla, y dada la actual carencia de poblaciones naturales, esta semilla a corto plazo sólo puede producirse bajo condiciones controladas en instalaciones tipo hatchery o criaderos.

Bajo esta perspectiva, el proceso del cultivo de ostra aplicable a Galicia comprendería tres etapas (Perez Camacho & Roman, 1985):

1. Producción bajo condiciones controladas de cría de ostra de 5 mm (fase criadero).
2. Cultivo de esta cría en cestas suspendidas de bateas hasta una talla de 5 cm (tamaño aproximado de colocación en las cuerdas): fase de semilla.
3. Engorde de esta ostra, en cuerdas o en cestas, hasta tamaño comercial.

Fase de criadero

La producción en la etapa de criadero se puede dividir en cuatro fases: el acondicionamiento de reproductores, el cultivo de las larvas, la fijación y el desarrollo de la cría hasta una talla que permita su traslado al mar (aproximadamente 5 mm).

El acondicionamiento de reproductores

Tiene por finalidad fundamental la de poder disponer de ejemplares sexualmente desarrollados en cualquier época del año. La época de reproducción natural de la ostra en Galicia comprende generalmente desde el mes de abril hasta el mes de octubre, prolongándose algunos años hasta noviembre, si bien las puestas de estos dos últimos meses son muy escasas.

Después de la freza sigue un período de recuperación más o menos largo (unos dos meses), en el que se produce la acumulación de reservas necesarias para abordar un nuevo proceso de maduración sexual.

La maduración de las gónadas puede adelantarse manteniendo a los reproductores en agua a temperatura elevada (20 °C) y con abundante alimento, si bien es necesario que pase el período de recuperación antes de que las gónadas comiencen su desarrollo (Loosanoff & Davis, 1952; Bayne, 1965).

Los ejemplares puestos a acondicionar durante la época de reproducción gonadal necesitan un período de acondicionamiento extraordinariamente largo (Fig. 3), y las primeras puestas no se producen hasta comienzos de febrero. Una vez pasado este período, que normalmente comprende los meses de octubre y noviembre, el tiempo de acondicionamiento se reduce notablemente, pudiendo obtenerse puestas en los primeros días de enero de ejemplares que iniciaron su acondicionamiento al comenzar el mes de diciembre. Por otro lado, las otras comenzadas a acondicionar al final del verano prolongan normalmente su época de puesta hasta el mes de noviembre, con lo cual puede contarse con larvas de ostra durante

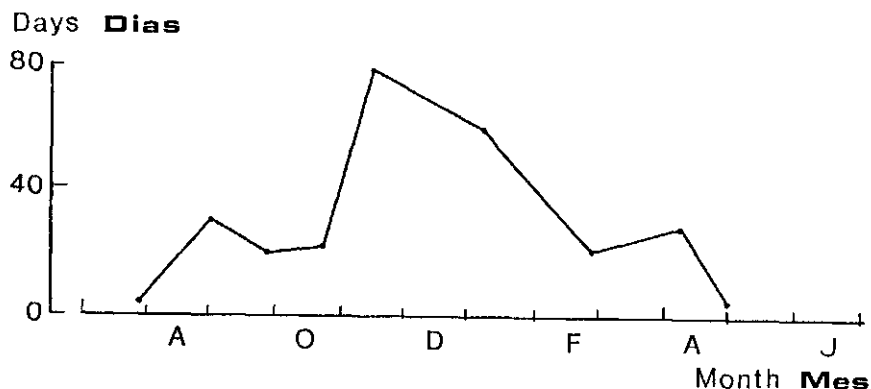


Figura 3. *Ostrea edulis*. Número de días que transcurren hasta la primera emisión de larvas en función de la época en que se inicia el acondicionamiento.

Figure 3. *Ostrea edulis*. The number of days between the start of the conditioning of breeders and the first release of larvae at different periods of the year.

la mayor parte del año, si bien el número de larvas obtenidas varía notablemente en las distintas épocas (Fig. 4) y es necesario tenerlo en cuenta para una adecuada planificación del acondicionamiento (Perez Camacho, en prensa).

El desarrollo larvario

Comprende desde la puesta hasta la fijación de las larvas y su duración está condicionada, entre otros factores a la densidad, a la alimentación y a la temperatura a que se desarrolla el cultivo. En condiciones normales (20 °C, 1000 larvas/l y 50 células de *Isochrysis galbana* y 5 células de *Tetraselmis suecica* por microlitro) la duración del período larvario es aproximadamente de 15 días.

Como ya se indicó, la producción de larvas varía notablemente a lo largo del año así como la viabilidad de las mismas, pudiendo apreciarse dos épocas totalmente diferenciadas: una de octubre a abril, en la que el desarrollo de las larvas se produce con normalidad y se obtienen buenas fijaciones, y otro, que comprendería el resto del año, y que prácticamente

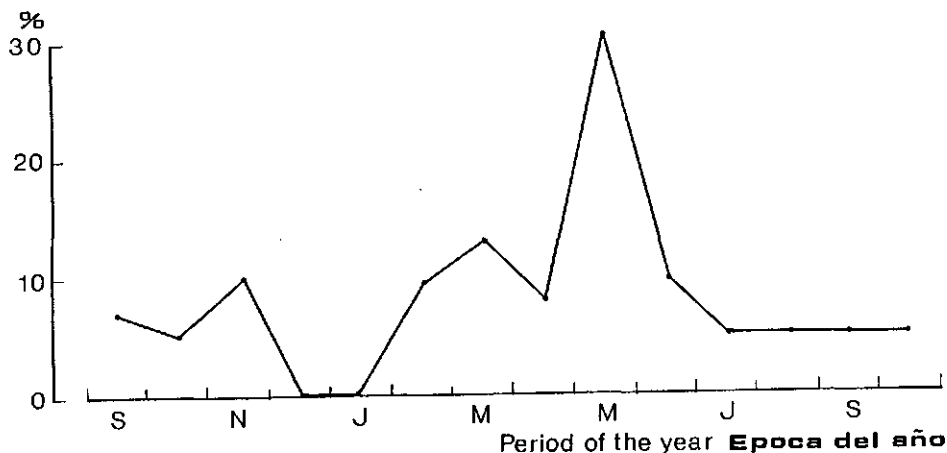


Figura 4. Proporción de larvas emitidas a lo largo del año por ostras sometidas a acondicionamiento.

Figure 4. The percentage of larvae released at different periods of the year.

engloba todo el período de reproducción natural de la ostra, en el que una gran mayoría de los casos la supervivencia de las larvas es muy baja o nula, al igual que la fijación, aunque dentro de esta época puedan aparecer esporádicamente puestas normales (Fig. 5).

La fijación

Tiene lugar al final del desarrollo larvario y es una de las fases más delicadas del mismo. La técnica de captación de larvas corrientemente empleada utiliza como colectores placas de PVC, que se doblan en forma de teja, y de las que es necesario despegar las larvas recién fijadas con una cuchilla o empleando cepillos. Esta técnica produce grandes mortandades, por rotura de la concha de las pequeñas ostras, y un considerable empleo de mano de obra, por lo que la investigación en este campo se dirige al desarrollo de colectores que hagan innecesario el despegue, o bien, que permitan realizarlo sin graves problemas de fracturas.

En este sentido se ensayaron distintos tipos de colectores finamente triturados, que al tener un tamaño semejante al de las larvas no sería necesario despegar, y distintas pinturas, que aplicadas sobre láminas clásicas de PVC facilitarían el despegue de las ostras. De entre los primeros, se obtuvieron los mejores resultados con el empleo de conchas de berberecho

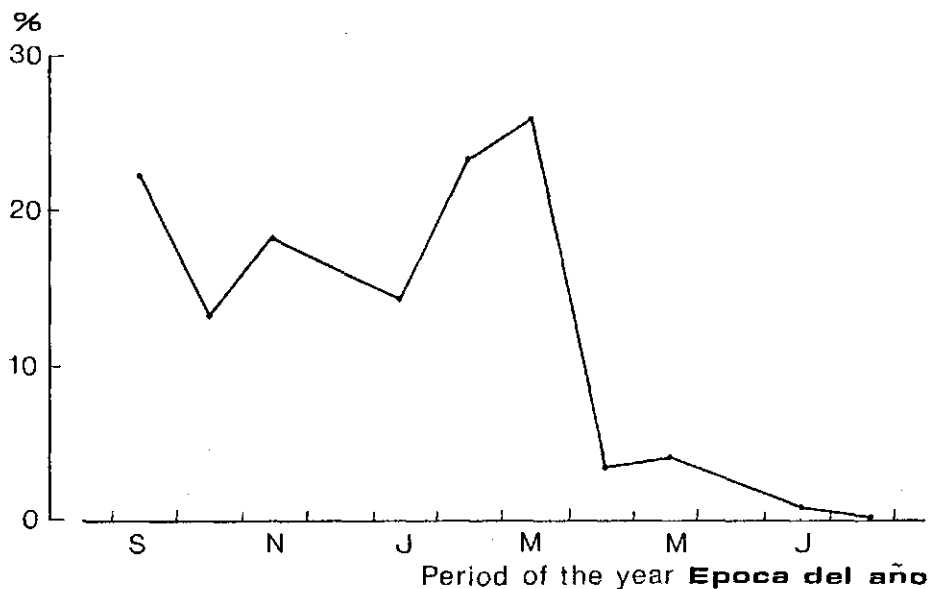


Figura 5. Rendimiento medio de la fijación de *Ostrea edulis* en las distintas épocas del año (% de cría de 1 mm obtenida respecto al no total de larvas cultivadas).

Figure 5. The fixation rate of *Ostrea edulis* at different periods of the year (% of 1 mm long spat obtained from the larvae produced).

granuladas (entre 0.5 y 0.3 mm), que dan un rendimiento semejante al de las placas de PVC, pero que requieren mucha menos manipulación que éstas, y entre los segundos, las pinturas a base de carbonato cálcico y magnesio aumentan los rendimientos de la fijación en casi un 300% (Fig. 6).

El desarrollo de la cría

El desarrollo de la cría de ostra, hasta que alcanza una longitud que permite su traslado al mar, es una de las fases más costosas del cultivo. Generalmente no presenta problemas importantes en cuanto a mortalidad, y su duración depende fundamentalmente de la densidad y de la cantidad de alimento.

Los trabajos en esta etapa están fundamentalmente encaminados a la reducción de los costos de producción de alimento, y a la reducción de la talla mínima de traslado al mar mediante el desarrollo de técnicas de cultivo en batea, adecuadas a la dimensiones y delicadeza de esta cría.

Yield of oysters > 1mm **Rendimiento de ostras (%)**

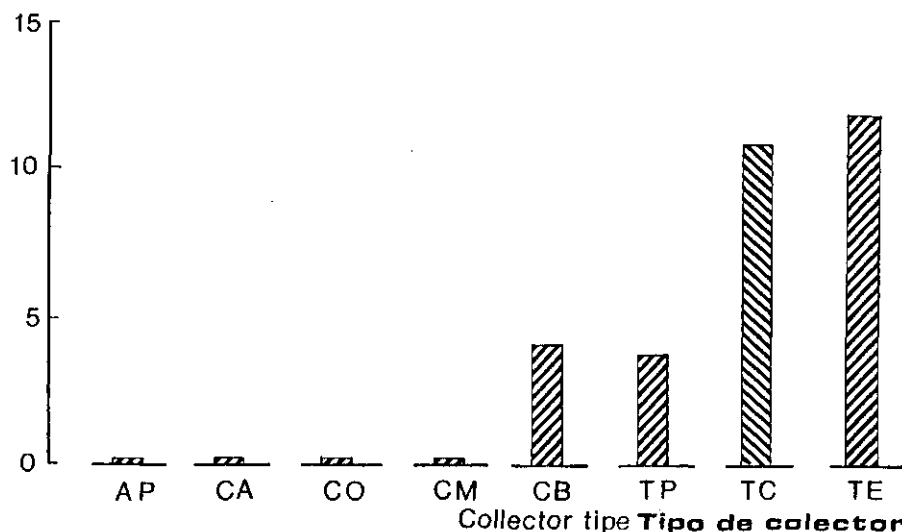


Figura 6. Rendimientos medios anuales en ostras mayores de 1 mm, expresadas en % del número total de larvas cultivadas, obtenidas empleando colectores granuladas, (AP, CA, CO, CM, CB) y tipo teja (TP, TC, TE). AP: Arena de playa, CA: calcita, CO: concha de ostra, CM: concha de mejillón, CB: concha de berberecho, TP: Teja PVC, TC: Teja PVC pintada con cal, TE: Teja PVC pintada con EXTOLITE.

Figure 6. The average yearly oyster spat production according to the collector type and expressed as the % of the total number of larvae produced that settles on the collectors. AP: beach sand, CA: calcite, CO: oyster shells, CM: mussel shells, CB: *Venerupis* shells, TP: PVC tile, TC: PVC tile painted with lime, TE: PVC tile painted with EXTOLITE.

Cultivo de la semilla en batea

El cultivo de la semilla de la ostra comprende desde el momento en que ésta sale del criadero (aprox. 5 mm) hasta que alcanza los 5 cm y puede pegarse a las cuerdas. Los estudios desarrollados a este respecto, han permitido establecer una técnica de cultivo en cestas, consistente en mantener a las pequeñas ostras de 5 mm a una densidad de 800 ostras/cesta, hasta que alcanzan un peso medio de 1.5 g, y desde este peso

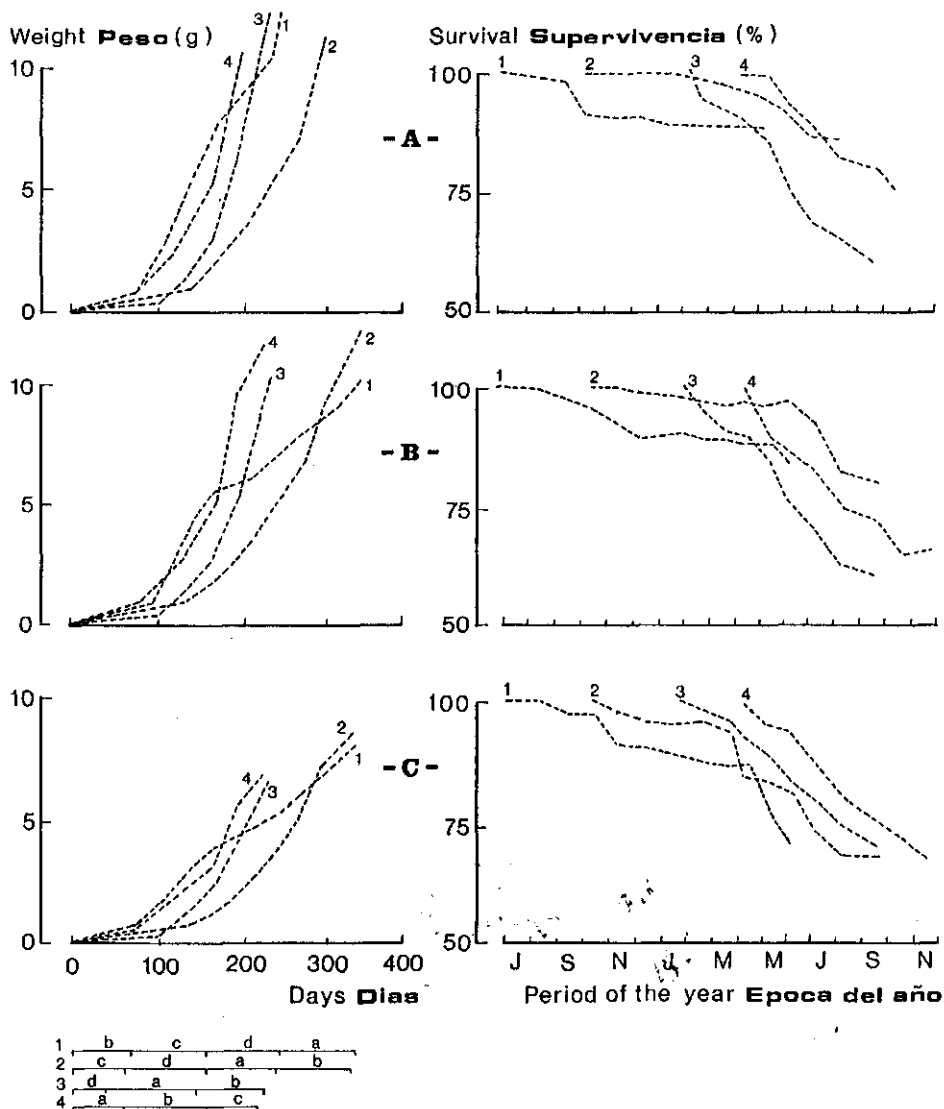


Figura 7. Crecimiento medio en peso (izquierda) y supervivencia (derecha) de las ostras cultivadas a distintas densidades y en diferentes épocas del año. A) 200 ostras/cesta; B) 400 ostras/cesta; C) 800 ostras/cesta. a) primavera; b) verano; c) otoño; d) invierno (de Perez Camacho & Roman, 1985).

Figure 7. The average growth (left side) and survival (right side) of oysters cultured at different densities and periods of the year. A: 200 oysters/basket, B: 400 oysters/basket, C: 800 oysters/basket, a: spring, b: summer, c: autumn, d: winter (after Perez Camacho & Roman, 1985).

a los 10 g manteniéndolas a una densidad de 200 ostras/cesta. La duración total de esta fase del cultivo es de 8 meses (4 hasta alcanzar 1.5 g. y 4 hasta alcanzar los 10 g) y la densidad media del cultivo 500 ostras/cesta. Las supervivencias observadas en este período oscilaron alrededor del 70% (Perez Camacho & Roman, 1985) (Fig. 7).

Engorde hasta la talla comercial

El estudio comparativo del sistema de cultivo tradicional, en el que la ostra se pega con cemento a las cuerdas, y el cultivo en cestas, ha puesto en evidencia que las ostras cultivadas en cuerdas alcanzan un mayor peso y casi un 40% más de contenido en carne que las cultivadas en cestas, mientras que el crecimiento en longitud es mayor en estas últimas y la mortalidad semejante en ambas técnicas. Por otro lado, el cultivo en cestas puede aumentar la capacidad de la batea casi en un 50%, elimina el proceso de encordado y permite una mejor explotación al facilitar la extracción de las ostras según de alcanzando la talla comercial, sin tener que cosechar la cuerda completa, como es el caso de las ostras pegadas con cemento (Fig. 8 y 9) (Gonzalez & Gonzalez, 1985).

En el momento actual, se puede considerar que muchos de los problemas que presentaba el cultivo de la ostra están resueltos, aunque aún se mantienen dos importantes aspectos sin solucionar: la mortalidad larvaria durante la época de reproducción, en la fase de criadero, y la mortalidad de los adultos en el engorde final en batea. La primera de estas, y mientras no se obtienen resultados satisfactorios en las investigaciones en curso, se palió considerablemente con el cultivo de larvas obtenidas por acondicionamiento y la segunda mediante el empleo de semilla de ostra procedente de criadero, y la aplicación de técnicas de cultivo de semilla en cestas y posterior engorde en cuerdas, que permite producir ostras de talla comercial en un período inferior a los dos años, con una considerable reducción de las tasas de mortalidad.

No obstante, un amplio desarrollo del cultivo de la ostra deberá por fuerza asentarse sobre dos puntos fundamentales: la selección genética de la semilla, en cuanto a la obtención de individuos de rápido crecimiento y alta resistencia a enfermedades y parásitos, y la aplicación de estrictas medidas de control de la importación e inmersión en nuestras aguas de especímenes foráneos.

Mejillón

El mejillón (*Mytilus edulis*) es la especie básica de la acuicultura marina en España. Su producción, localizada como ya se indicó en las rías gallegas, es del orden de las 150000-200000 toneladas/año, que equivalen prácticamente a la mitad de la producción mundial del mejillón, y sitúan a España entre las primeras potencias mundiales en cuanto a la acuicultura se refiere.

El cultivo del mejillón es relativamente reciente en España, y aunque las primeras experiencias se iniciaron a

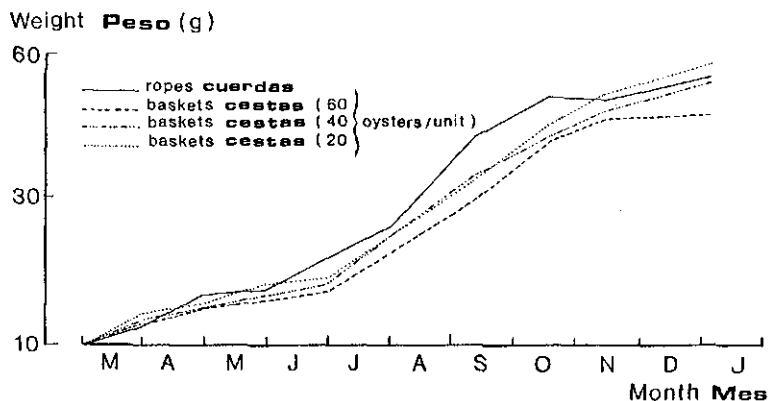


Figura 8. Crecimiento en peso de ostras cultivadas en cuerdas y cestas con distintas densidades (de Gonzalez & Gonzalez, 1985).

Figure 8. The growth of oysters cultured in different systems and at different densities (after Gonzalez & Gonzalez, 1985).

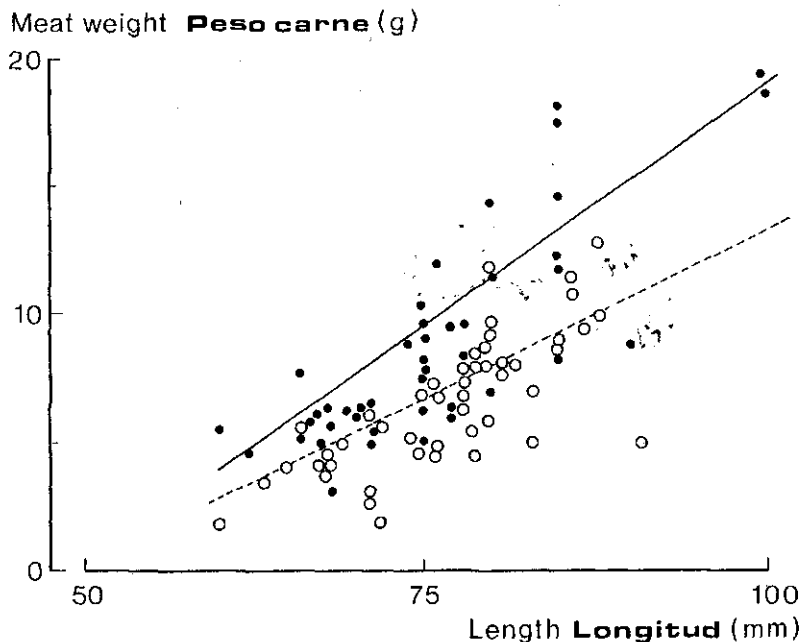


Figura 9. Relación entre el peso de la carne y la longitud en ostras cultivadas en cuerdas (símbolos negros y línea continua) y ostras cultivadas en cestas (símbolos blancos y línea discontinua) (Gonzalez & Gonzalez, 1985).

Figure 9. The length-weight relationship (meat weight) of oysters cultured at ropes (full dots, full line) and in baskets (open dots, dotted line). (After Gonzalez & Gonzalez, 1985).

principios del presente siglo, no se instalaron las primeras bateas en Galicia hasta los años 40. A partir de esta fecha su número creció de una forma espectacular, existiendo en la actualidad en Galicia más de 3100 bateas dedicadas al cultivo de esta especie (Fig. 10).

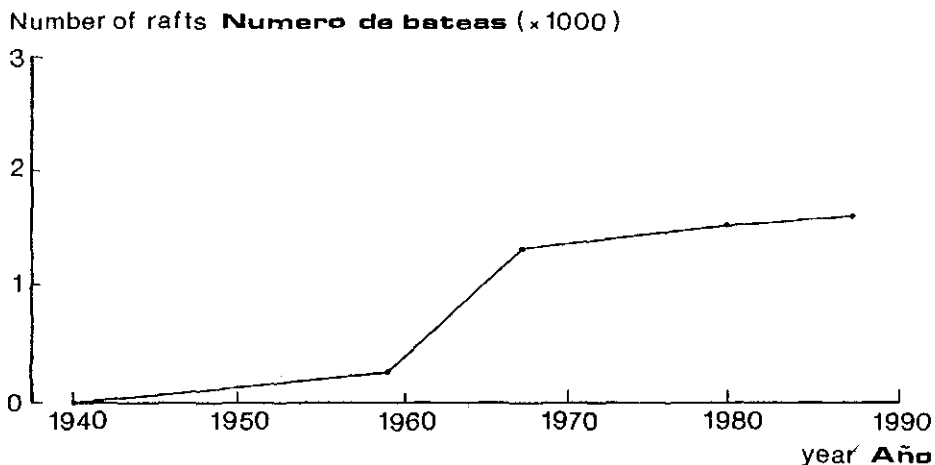


Figura 10. Evolución del número de bateas de mejillón en Galicia.
Figure 10. The development of mussel culture on rafts in Galicia.

La extraordinaria dimensión del cultivo del mejillón guarda relación con diversos factores: el relativo bajo costo de las bateas, la alta producción de las mismas y el precio del mejillón, que normalmente hacía rentable incluso la explotación de una sola batea; la abundancia de cría, que podía ser recogida de las rocas por el propio cultivador; y los bajos costos de explotación que, al alimentarse el mejillón del fitoplancton del agua, se reducen casi exclusivamente al combustible, mantenimiento del barco y la batea, y a la reposición de las cuerdas deterioradas. Estos factores han permitido el desarrollo de una estructura de producción de tipo artesanal y familiar que pone en explotación más de 3000 ha de rías (que anteriormente se explotaban a nivel de pesca con un rendimiento mucho más bajo, o simplemente no se explotaban), produciendo una gran cantidad de alimento rico en proteínas.

El cultivo del mejillón, según descripción de Mariño *et al.*, 1982), se realiza sobre cuerdas suspendidas de estructuras flotantes, conocidas como bateas. El mejillón se sujeta a las cuerdas con una red muy fina, que se descompone al cabo de pocos días, quedando entonces el mejillón prendido de las mismas mediante el biso. Las cuerdas llevan atravesadas unos "palitos", que ayudan a soportar del mejillón repartiéndolo a lo largo de toda la cuerda.

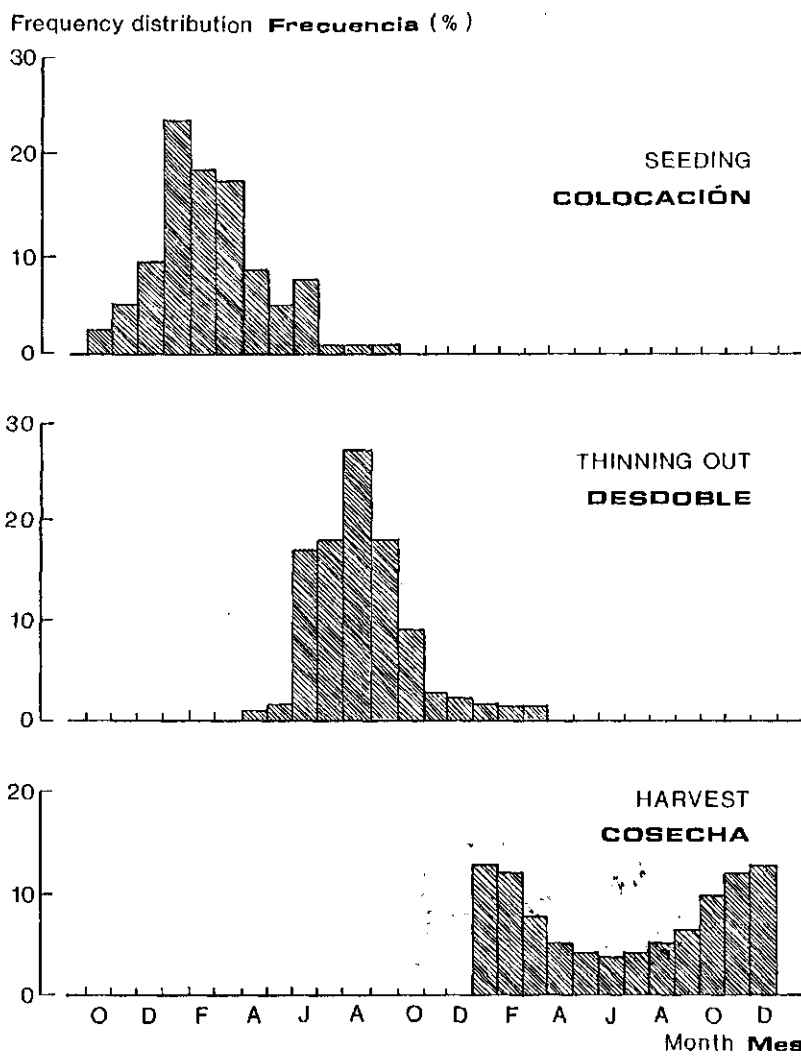


Figura 11. Época de realización de los distintas operaciones del cultivo del mejillón (de Mariño et al., 1982).
 Figure 11. The distribution of different operations in mussel culture during the year (after Mariño et al., 1982).

La superficie media de las bateas según datos de 1978 es de $297 \pm 10 \text{ m}^2$. El número medio de cuerdas por batea 475 ± 14 y la longitud media de las cuerdas $8.6' \pm 0.2 \text{ m}$ ($p = 0.05$).

El proceso de cultivo está dividido en tres fases fundamentales: el encordado de la semilla, el desdoble y la comercialización. La época de encordado de la semilla comprende fundamentalmente los meses de diciembre a abril. La época de desdoble está comprendida entre junio y septiembre. La época de venta es la más dilatada, aunque el 70% de la comerciali-

zación tiene lugar entre los meses de octubre a marzo (Fig. 11).

La semilla necesaria para el cultivo se obtiene, en más del total de las rocas del litoral y el resto provienen de colectores colocados en la batea. El tamaño de la semilla es muy variable, dependiendo de su producción, siendo la talla más común entre 1-2 cm. Sus cuerdas de semilla tienen en el momento de su colocación en el mar un peso medio de 15 kg.

Al cabo de un período de 5 a 6 meses, la semilla de mejillón tiene una longitud entre 4 y 5 cm y se procede a desdoblar las cuerdas de semilla, obteniendo de cada una alrededor de tres cuerdas de desdoble, en las que el mejillón después de un período de 7 a 14 meses, dependiendo de la época del año y de la situación de la batea, alcanza una talla de 7 a 10 cm y se procede a su extracción para la venta (Fig. 12).

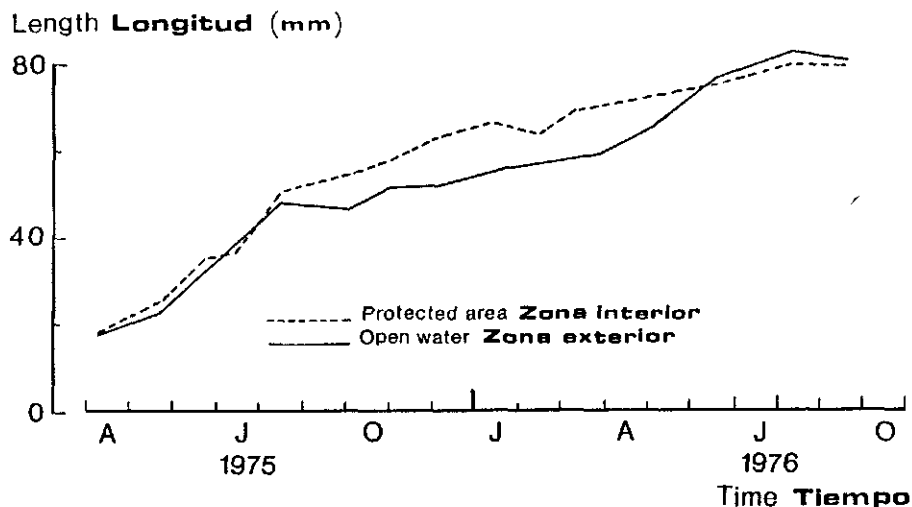


Figura 12. Crecimiento en longitud del mejillón en la ría de Arosa. Los valores de Abril a Agosto corresponden a la cría, los de Septiembre en adelante al mejillón de las cuerdas de desdoble (Perez Camacho & Roman, 1979).

Figure 12. The mussel growth (length) in the bay of Arosa. The period April-August corresponds to the post-nursery phase, the rest to the fattening of the mussels (after Perez Camacho & Roman, 1979).

En términos generales, cada cuerda de semilla multiplica por 10 su peso al llegar al desdoble, y cada cuerda de desdoble triplica su peso al alcanzar la talla comercial. La producción media por cuerda es de 140 ± 16 kg (16 kg/m) de los cuales el 45% corresponde al peso de la carne, y el resto a la concha y el agua intervalvar (Mariño et al., 1982; Perez Camacho & Roman, 1979) (Fig. 13 y 14).

Frequency distribution **Frecuencia (%)**

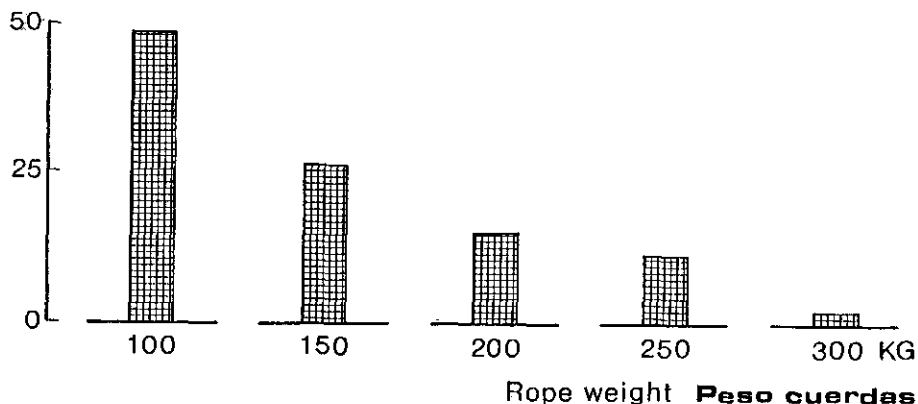


Figura 13. Distribución de frecuencias del peso en kilos de las cuerdas de mejillón de talla comercial en el momento de su cosecha (Mariño et al., 1982).

Figure 13. The weight of mussel ropes at the moment of harvesting (after Mariño et al., 1982).

Frequency distribution **Frecuencia (%)**

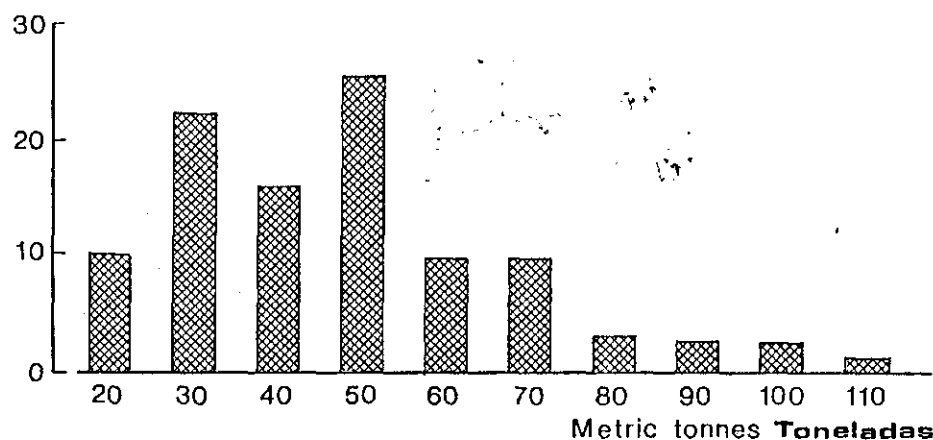


Figura 14. Distribución de frecuencias de la producción de las bateas de la ría de Arosa, expresadas en toneladas métricas de mejillón fresco (Mariño et al., 1982).

Figure 14. The raft production in the bay of Arosa, expressed as metric tonnes of fresh mussel weight (after Mariño et al., 1982).

Una batea de dimensiones medias filtra al día una 7×10^5 m³ de agua de los que el mejillón retiene aproximadamente el 30% del carbono de la materia orgánica particulada, el 42% del nitrógeno y el 60% de la clorofila "a" (Cabanas et al., 1979).

La producción de detritos por las bateas es del orden de 2.3 kg de sedimento seco/tonelada de mejillón/día, lo que en el total de la ría de Arosa supone del orden de 100-200 Tm de sedimento seco al día, que se remineraliza en una pequeña parte y se acumula sobre el fondo produciendo notables alteraciones.

Si hasta el momento actual, el cultivo del mejillón se desarrolló sin problemas dignos de mención, los datos anteriormente mencionados de filtración, producción de mejillón y producción de detritos, y la cada vez más frecuente aparición de elevadas mortandades de diversa etiología y la disminución del contenido en carne ultimamente observada por los dos cultivadores, hacen pensar en la existencia de un excesivo número de bateas y/o en la elevada concentración de las mismas, y plantean la conveniencia de limitar, o en el caso de alguna ría, de reducir, el número de bateas dedicadas a la producción de mejillón y de diversificar la explotación, cultivando otras especies alternativas de menor impacto ecológico, y la necesidad de investigar a fondo la problemática que el cultivo masivo de esta especie genera.

Bibliografía

- Andreu, B., 1968. Pesquería y cultivo de mejillones y ostras en España. Públ. Téc. Jun. Pesca, 7: 302-320.
- Bayne, B.L., 1965. Growth and the delay of metamorphosis of the larvae of *Mytilus edulis* (L.). *Ophelia*, 2: 1-47.
- Cabanas, J.M., Gonzalez, J.J., Mariño, J., Perez, A & Roman, G., 1979. Estudio del mejillón y de su epifauna asociada en los cultivos flotantes de la Ría de Arosa. III: Observaciones preliminares sobre la retención de partículas y la biodeposición de una batea. Bol. Inst. Espa. Oceano, 5(268): 45-50.
- Gonzalez, R. & Gonzalez, G., 1985. Experiencias sobre cultivo en batea de la ostra plana (*Ostrea edulis*) en la Ría de Arosa (Galicia). Bol. Inst. Espa. Oceano, 2(2): 9-16.
- Loosanoff, V. & Davis, H.C., 1952. Temperature requirements for maturation of gonads of northern oysters. Biol. Bull. Woods Hole, 103: 80-96.
- Mariño, J., Perez, A. & Roman, G., 1982. El cultivo del mejillón (*Mytilus edulis* L.) en la Ría de Arosa, Bol. Inst. Espa. Oceano, 7(2): 297-308.
- Perez Camacho, A. (en prensa). La producción de semilla de ostra (*Ostrea edulis*) en criadero. Cuadernos da Area de Ciencias Mariñas, Seminario de Estudos Galegos.
- Perez Camacho, A. & Roman, G., 1979. Estudio del mejillón y de su epifauna asociada en los cultivos flotantes de la Ría de Arosa. II: Crecimiento, mortalidad y producción del mejillón. Bol. Inst. Espa. Oceano, 5(268): 23-41.
- Perez Camacho, A. & Roman, G., 1985. Cultivo en batea de semilla de ostra (*Ostrea edulis*) en la Ría de Arosa. Bol. Inst. Espa. Oceano, 2(2): 1-8.

Sanchez, M., 1936. La ostricultura en la Ría de Vigo. Industrias Pesqueras, no. 230.

ESTADO ACTUAL, NECESIDADES Y PERSPECTIVAS DE LA ACUICULTURA DE MOLUSCOS BIVALVOS CULTIVADOS EN AGUAS TEMPLADAS DEL PACIFICO DE SUDAMERICA

THE STATE OF THE ART, CONSTRAINTS AND POTENTIAL OF BIVALVE CULTURE IN TEMPERATE WATERS OF THE SOUTH AMERICAN PACIFIC

J.E. Winter y O.R. Chaparro

Centro de Investigaciones Marinas, Universidad Austral de Chile, Casilla 567, Valdivia, Chile

Resumen

La parte sur de América Latina (Chile, Perú) es una de las áreas de mayor producción de peces del mundo. El promedio anual de capturas está alrededor de las 3.10^6 Tm, representando más, del 88% de la producción total de peces en América Latina.

Este gran volumen de capturas posiblemente es la causa de que la acuicultura no este desarrollada en esta zona. En 1985 la producción en Chile de moluscos por el sistema de cultivo fué de 1500 Tm, que representa solo el 1.6% de la producción chilena de moluscos.

De entre las 30 especies de invertebrados que se captura conjuntamente con los peces solo se cultivan cinco. Sin embargo las áreas costeras del sur de Chile son muy apropiadas para la acuicultura y muy especialmente para la de moluscos.

Las cinco especies son: *Mytilus chilensis*, *Choromytilus chorus*, *Aulacomya esta*, *Ostrea chilensis* y *Chlamys purpurata*.

Las técnicas de fijación de semillas y engorde son muy simples. Se revisan y discuten una a una: la situación actual, el potencial y las limitaciones.

Summary

The southern part of Latin America (Chili, Peru) is one of the largest fish producing areas in the world, with an average yearly catch of about 3.10^6 metric tonnes, representing more than 88% of the total fish production in Latin America.

Perhaps because of this enormous production volume from capture fisheries, aquaculture has not yet been well developed in this region. In 1985, the mollusc production from culture systems in Chile amounted to 1500 metric tonnes, representing only 1.6% of the total Chilean mollusc production.

From the 30 invertebrate species which are currently landed together with other fish catches, only 5 species are really cultured. *Mytilus chilensis*, *Choromytilus chorus*, *Aulacomya esta*, *Ostrea chilensis* and *Chlamys purpurata*.

Simple techniques for seed collection and fattening are used. The current status, the potential and the constraints of the cultures are reviewed and discussed.

Introducción

A pesar de los importantes esfuerzos que se han hecho para aumentar la extracción pesquera a nivel mundial, esta se ha estancado en el último decenio en alrededor de 70 millones de toneladas métricas anuales. Cantidad que sólo alcanza al 5% del total de proteínas producidas en el mundo. Como la demanda mundial de productos pesqueros continúa creciendo, la única solución que se vislumbra como real, es el aumento de las actividades en el campo acuícola.

Tomando en consideración las contribuciones actuales de los diferentes continentes a la producción acuícola, se destaca como principal productor el continente asiático con un 80% del total, mientras que de Europa y de Norteamérica se obtiene un 18.8%, de Sudamérica sólo un 1.0% y de Africa un 0.2%. De esto se desprende, que la acuicultura marina en el continente sudamericano esta aún en sus inicios, y su incipiente desarrollo se ha visto incrementado sólo en esta última década.

El alto porcentaje desembarcado por Chile y Perú (en la actualidad un 88% del total de Sudamérica), ha llevado a dichos países a ubicarse en los primeros lugares del mundo con respecto al volumen de pesca, y esta es justamente una de las razones por las cuales estos países no han desarrollado debidamente sus actividades de cultivo. Sin embargo, la drástica disminución en el volumen de captura del Perú en los últimos años, (de 12 millones de toneladas en el año 1970 a menos de 3 millones en la actualidad) y la continua situación de inestabilidad en la captura, dió origen a la necesidad de suplir este déficit productivo con la aparición de las primeras estaciones de cultivos marinos como una forma de tener alternativas productivas. En la última década se han desarrollado en Chile varios programas destinados a propagar la acuicultura marina. Así, por ejemplo, las estadísticas del Servicio Nacional de Pesca de Chile documentan para el año 1985, 23 estaciones de cultivos marinos y 7 centros piscícolas en producción; la mayoría de éstos se encuentra en la X Región, especialmente en el área de la Isla de Chiloé.

Este desarrollo fue difícil de imaginar en el pasado y refleja la buena voluntad para iniciar actividades nuevas en un campo que no parece tener limitaciones. Sin embargo, las 1500 toneladas de moluscos bivalvos provenientes de los centros de cultivo en el año 1985, no representan más que el 1.6% del total de moluscos bivalvos extraídos en la costa chilena durante este mismo año. Es obvio, por estos valores, que estamos lejos de una producción masiva.

Si nos preguntamos si utilizamos en forma adecuada las riquezas de las zonas costeras templadas, la respuesta sería altamente negativa. Más aún, si tenemos presente que en la actualidad el desembarque de pescado es destinado, casi en su totalidad, a producir harina de pescado, concretamente 93% del total. Este alto porcentaje pone en duda los esfuerzos por desarrollar la acuicultura, ya que refleja nuestra incapacidad para aprovechar en forma adecuada lo que la naturaleza nos entrega.

El utilizar sólo un 1.0% más de la producción pesquera (en la actualidad destinada a fabricar harina de pescado) para el

Cuadro 1. Desembarque de crustaceos en Chile en 1985 (según Sernap, 1985).

Table 1. Landings of cray fish in 1985 in Chile.

<i>Species</i>	<i>Landings</i> (metric tonnes)
<i>Pleuroncodes monodon</i> (langostino colorado)	4383
<i>Heterocarpus reedi</i> (camarón nailon)	2949
<i>Lithodes antarcticus</i> (centolla)	2636
<i>Paralomis granulosa</i> (centollón)	266
<i>Cancer</i> spp. (jaiba)	3187
<i>Euphausia superba</i> (krill)	2598
<i>Jasus frontalis</i> (langosta J. Fernández)	35
<i>Cervimunida johni</i> (langostino amarillo)	4160
<i>Megabalanus psittacus</i> (picoroco)	636
Otros	7

Subtotal	20857

<i>Loxechinus albus</i> (erizo)	30577
<i>Pyura chilensis</i> (piure)	3882

Total	34459

Cuadro 2. Desembarque de moluscos en Chile en 1985 (según Sernap, 1985).

Table 2. Landings of shellfish in 1985 in Chile.

<i>Species</i>	<i>Landings</i> (metric tonnes)
<i>Protothaca thaca</i> y <i>Ameghinomya antiqua</i> (almeja)	32329
<i>Loligo gahi</i> (calamar)	157
<i>Thais chocolata</i> (caracol locate)	5720
<i>Tegula atra</i> (caracol tegula)	360
<i>Chorus giganteus</i> (caracol trumulco)	1157
<i>Gari solida</i> (culengue)	570
<i>Aulacomya ater</i> (cholga)	6941
<i>Mytilus chilensis</i> (chorito)	10189
<i>Choromytilus chorus</i> (choro zapato)	1136
<i>Fissurella</i> spp. (lapa)	3653
<i>Concholepas concholepas</i> (loco)	11103
<i>Mesodesma donacium</i> (macha)	8410
<i>Tagelus dombeii</i> (navajuela)	2592
<i>Chlamys purpurata</i> (ostión del norte)	1410
<i>Chlamys patagónica</i> (ostión del sur)	697
<i>Ostrea chilensis</i> (ostra chilena)	892
<i>Octopus vulgaris</i> (pulpo)	1256
Otros	530

Total	89102

consumo humano, significaría poner a disposición una cantidad de proteínas que sobrepasa cien veces a la producción actual proveniente de los Centros de Cultivo en Chiloé. Lo que se hace realmente con la harina de pescado es utilizar proteínas para producir nuevamente proteínas, con una pérdida de un 80 a un 90%; es decir, de 10 kg de harina de pescado se obtienen alrededor de 2 kg de pollo.

Según las estadísticas pesqueras del Servicio Nacional de Pesca de Chile (1985), la cantidad de especies no piscícolas que participan en los volúmenes de pesca en Chile, es numerosa. Los cuadros 1 y 2 resumen el desembarque de más de 30 especies no ícticas durante el año 1985. De esta alto número de especies solamente algunas son utilizadas en el cultivo, a pesar de que muchas de ellas podrían ser cultivadas. El sur de Chile ofrece numerosos sectores protegidos con óptimas condiciones de sus aguas para el cultivo de estas especies. En este momento, tales posibilidades están siendo utilizadas al mínimo, y pensamos que Chile debería preocuparse aún mucho más en su desarrollo acuícola, con el fin de contribuir en forma significativa a la producción por concepto de acuicultura.

Cultivos de moluscos bivalvos

Del gran número de los mariscos desembarcados a lo largo de la costa chilena, sólo 5 especies están siendo cultivadas actualmente:

- *Mytilus chilensis* (chorito)
- *Choromytilus chorus* (choro zapato)
- *Aulacomya ater* (cholga)
- *Ostrea chilensis* (ostra chilena), y
- *Chlamys purpurata* (ostión del norte)

Las técnicas de cultivo para estos bivalvos son relativamente sencillas y de fácil manejo, especialmente, cuando en los centros de cultivo se usan semillas que se fijan a colectores suspendidos en el ambiente natural. Todos estos bivalvos son animales filtradores y se alimentan de fitoplancton y de partículas de detritus suspendidas en la columna de agua. Por esta forma de alimentarse, no requieren una alimentación artificial o adicional. Debido a que todos estos bivalvos se desarrollan a través de larvas planctónicas (las que se fijan al terminar su vida larval en cualquier sustrato filamentosos o rocoso), los sistemas de colectores son en el caso del chorito, choro zapato y la cholga, cintas y cuerdas de red anchoyetera de desecho, suspendidas de balsas, long-line o de cualquier otra estructura flotante. En el caso de la ostra, normalmente se usan con éxito collares confeccionados con conchas de cholga como sustrato de fijación. En el caso del choro zapato, se utilizan bandejas de crecimiento a partir de una longitud de la concha de 6 cm, así se evita caída al fondo, debido a que poseen un biso débil en relación al peso del animal. Ya que las técnicas de cultivo para estos bivalvos son tan sencillas y las inversiones a realizar para el establecimiento de un cultivo no son realmente altas. Se espera que en el futuro el impacto de la producción de bivalvos provenientes de centros de cultivo, sea mucho más alto que el actual 1.6% del desembarque total de bivalvos en Chile.

De estos antecedentes se puede concluir que las excelentes posibilidades que ofrece especialmente la zona sur-austral de Chile para actividades de cultivos de bivalvos, están siendo utilizadas al mínimo.

Estado actual del cultivo de *Mytilus chilensis*

En el caso de *Mytilus chilensis*, la sobre-explotación de los bancos naturales cercanos a los centros de procesamiento, causó al menos en gran parte, la eliminación de estos bancos y en consecuencia, la industria pesquera se ha visto en la necesidad de abastecerse de materia prima de bancos ubicados cada vez a mayor distancia de los centros procesadores.

Esto significa, obviamente, un encarecimiento de la materia prima y por ende, del producto final. La sobre-explotación de un gran número de los bancos naturales debe estimularnos (como una de las posibles soluciones) a incrementar drásticamente la producción por medio de cultivos artificiales. En la actualidad existe un buen mercado para el chorito. La demanda es alta y el precio lucrativo, permitiendo recuperar las inversiones en un plazo relativamente corto. El mercado argentino aparece como el lugar principal de consumo del chorito y se pueden abrir otros mercados potenciales considerando las ventajas de su bajo costo. En los centros de cultivo se pueden obtenerse 8 kg de materia prima de choritos por cada dolar, lo que representa una ventaja frente a otros tipos de carnes. Con el fin de recalcar la elevada demanda actual por parte de las empresas, se puede señalar que la producción de choritos de los centros de cultivo de Chile para el año 1987, ya esta vendida prácticamente en su totalidad. Todos estos antecedentes deberían estimularnos realmente para aumentar drásticamente la producción y satisfacer la demanda tanto nacional como internacional abriéndose, además, nuevas fuentes de trabajo en las poblaciones costeras.

Esto último es altamente significativo debido a que durante el período de cosecha se necesita una gran cantidad de mano de obra adicional. En la mitilicultura de la Universidad Austral con una producción actual de 250 Tm anuales, se contrataron temporalmente, durante diferentes períodos del año, un total de 50 personas para las actividades de siembra, cosecha y mantenimiento de las balsas de cultivo. De manera permanente trabajan alrededor de 10 personas en esta estación, muchas de las cuales ya han logrado su capacitación y perfeccionamiento y se encuentran próximas a iniciar sus propias instalaciones de cultivo.

Para el cultivo suspendido del chorito se usan con buenos resultados balsas de 8 por 14 m, es decir, con una superficie de 122 m, con 600 cuerdas de crecimiento de 8 m de longitud y con una producción de alrededor de 25 Tm anuales. Estos choritos cultivados en forma suspendida se caracterizan por su rápido aumento en favor del peso de la carne con respecto a la concha, es decir, por un rendimiento en carne de 23%, en contraste a choritos de bancos naturales con un rendimiento de alrededor de un 7%. La eficiencia de la actual tecnología en uso, ha sido el resultado de numerosos años de trabajo. Se ha desarrollado en la Universidad Austral una nueva técnica que reemplaza el método tradicional del encordado, que es

lento, complicado y con gastos operacionales relativamente altos. Esta nueva técnica consiste solamente en poner cintas de red anchovetera alrededor del colector permitiendo migración activa de las semillas hacia los nuevos substratos. Se puede obtener de una sola vez y con un solo colector hasta 6 cuerdas con semillas.

Otra gran interrogante es la determinación del momento preciso para captar juveniles del ambiente natural con el máximo de seguridad. Con la solución de este problema, la Universidad Austral ha reiniciado su tarea principal como semillero nacional de *Mytilus chilensis*. El pasado año (1986), se obtuvieron 180 Tm de semillas de 8 mm de longitud de concha, que podrían dar origen a una producción de 4000 Tm de choritos de tamaño comercial para la próxima temporada (marzo - mayo 1987). En este momento se han abastecido con esta producción de semillas, 5 centros mitilícolas cuya demanda está aumentando permanentemente.

Estado actual del cultivo de *Choromytilus chorus*

El choro zapato, un bivalvo que puede sobrepasar los 20 cm de longitud, ha sido en el pasado una de las especies de moluscos preferidas por la población chilena, lo que se ha reflejado en las 2000 Tm anuales extraídas entre los años 1930 y 1944. En la actualidad, esta producción ha disminuido a 1000 Tm anuales, cifra que ya incluye las 133 Tm producidas por los centros de cultivo en Chile. Esta disminución es el resultado de una permanente sobre-explotación de los bancos naturales y la escasa captación de semillas del ambiente natural. Para solucionar este problema la Universidad Austral conjuntamente con el Centro Internacional de Investigación para el Desarrollo (CIID/Canadá) y la Fundación Internacional de Ciencias (IFS/Suecia) ha decidido realizar estudios biológicos tendientes a una posible producción masiva de semillas de este molusco en condiciones de hatchery. El primer éxito significativo se logró recientemente con alrededor de 200 semillas. Debido a que el choro zapato alcanza una longitud de 6 cm en menos tiempo de que el chorito, se propone cultivarlo y comercializarlo con una madurez no mayor a 1 año. En este sentido, sería útil estudiar la posibilidad de reemplazar, en parte, el chorito por el choro zapato en los cultivos masivos y aumentar así la producción de biomasa. El crecimiento más rápido del choro zapato durante su primer año de vida, tiene su explicación en el hecho que durante este período normalmente no gasta energía en la formación de gametos. Además, hasta este tamaño pueden ser cultivados en cuerdas de crecimiento al igual que el chorito, lo que resulta más económico que un cultivo en bandejas que debe realizarse cuando tienen 6 cm de longitud. Obviamente la sustitución del chorito hace indispensable resolver en primer lugar el problema de una producción masiva de semillas de choro zapato.

El interés de Universidades y Centros de Investigación debería estar dirigido simultáneamente hacia la repoblación de bancos naturales sobre-explotados como una manera de evitar una posible extinción de la especie. La idea precedente se está tratando de llevar a cabo en una Estación Experimental

que posee la Universidad Austral en el sur de la Isla de Chiloé. El atractivo de repoblar bancos, es el de generar fuentes de ingresos alternativos a la producción de choritos, ya que la extracción de choros zapato se realizaría en períodos de mala cosecha de choritos. En general es favorable complementar la producción de especies de ciclo anual con otras especies de ciclo bianual o trianual que produzcan ingresos en años de mala producción de la especie principal del cultivo. Al mismo tiempo, la espera en la cosecha de la especie alternativa, no debe representar costos extras al acuicultor, y por ello un banco de choro zapato resulta sumamente atractivo.

Estado actual del cultivo de *Aulacomya ater*

Con respecto al recurso cholga (*Aulacomya ater*), las estadísticas del Servicio Nacional de Pesca de Chile señalan, que la extracción de este molusco alcanzó alrededor de 7000 Tm durante el último año (1985) proveniente exclusivamente de la extracción de bancos naturales. Los 7 centros que cultivaban la cholga durante el año 1980 aportaron sólo 13.8 Tm, mientras que en los años siguientes su aporte fue nulo. Las principales causas de esta inactividad, y de la no reactivación se debe a los siguientes motivos: Por un lado, muchos de los bancos naturales sobre-explotados, aún no han sido capaces de recuperarse, y por otro lado, la falta de semillas en el ambiente natural hacen imposible la captación masiva necesaria para su cultivo en forma artificial. Tal problema será imprescindible solucionarlo con brevedad, para ver en un futuro cercano una reactivación de esta actividad. Otro factor que augura favorables perspectivas para el reinicio del cultivo de la cholga en el país, es el tamaño comercial alcanzado por este bivalvo en un período de 14 meses de cultivo.

En la mitilicultura de la Universidad Austral donde existe, en las cuerdas de crecimiento del chorito, una pequeña fijación de semillas de cholga, se comenzó una recolección, con el fin de iniciar a un cultivo experimental que sirva de base para estimular nuevamente el cultivo de este bivalvo.

Estado actual del cultivo de *Ostrea chilensis*

Desde el punto de vista económico, la Corporación de Fomento de la Producción de Chile, a través, de su Servicio de Cooperación Técnica, ya en el año 1980 señalaba una gran demanda insatisfecha del mercado nacional e internacional, especialmente en los países sudamericanos del Atlántico. Desde el punto de vista biológico, la ostra chilena por su particular forma de incubación larval y su corto período de vida pelágica, facilita la producción artificial de juveniles en semillero. En lo relativo a este último tópico, deben destacarse valiosas contribuciones que han permitido la producción y fijación de juveniles fuera de la temporada normal de reproducción, mediante técnicas de acondicionamiento en hatchery.

Las estadísticas pesqueras del año 1985 mostraron que de las 892 Tm extraídas, el 30.7%, es decir 274 Tm, corresponden a producción de centros de cultivo de la X Región de Chile.

Esto muestra la creciente importancia que va adquiriendo la acuicultura de la ostra, surgida como una necesidad de suplir el déficit extracción desde los bancos naturales.

La Universidad Austral de Chile, a través de su Centro de Investigaciones Marinas, y con el valioso aporte del CIID/Canadá, está realizando estudios, desde hace varios años, en el banco natural de ostras en Quempillén, ubicado en el norte de la Isla de Chiloé, con el fin de cuantificar las variables que tienen importancia para la eficiencia de un centro de cultivo. Los estudios realizados sobre la ostra chilense en el Río Quempillén, señalan que el período de incubación se inicia a fines de octubre y continúa hasta fines de diciembre/enero, es decir, dura alrededor de 8 semanas. El porcentaje de hembras en incubación alcanza en diciembre un máximo de 28% del total de individuos adultos. El período de eclosión ocurre durante un mes, teniendo su máximo en la última semana de diciembre y primera semana de enero, cuando las temperaturas del agua del estuario alcanzan sus valores máximos, cercanos a 20 °C. Los valores de fecundidad de *Ostrea chilensis* en el estuario Quempillén oscilan entre 3500 y 150000 larvas por ostra adulta. La potencialidad de cada ostra madre es evidente, y debe ser aprovechada al máximo, evitando dispersiones de sus larvas en un ambiente abierto como es el estuario de Quempillén.

Por lo mismo, se está realizando en forma rutinaria, la recolección de hembras incubatrices en el estuario, con el fin de llevarlas al semillero. En este lugar, se les somete a estímulos térmicos que las inducen a la eclosión. Las larvas eclosionadas son retenidas en mallas de 250 μ m para luego sembrarlas en estanques con 900 l de agua, en los cuales se han ubicado los substratos colectores para su fijación. Si después de un tiempo aún existiera una baja cantidad de juveniles fijados, entonces, se continúa sembrando larvas sobre los substratos colectores obteniéndose así densidades controladas de juveniles. De las investigaciones realizadas se ha podido establecer que un substrato óptimo de fijación larval lo representa el plástico corrugado. Una ventaja notoria es la flexibilidad de este material que permite desprender los juveniles para engordarlos en bandejas de cultivo. El traslado de estos juveniles recientemente fijados debe realizarse pocos días después de la fijación. Este traslado rápido al estuario permite volver a utilizar la infraestructura del semillero para nuevas captaciones larvarias durante el mismo período reproductivo.

La meta para la próxima temporada, es la producción masiva de juveniles fuera de la temporada normal de reproducción, mediante técnicas de acondicionamiento en semillero, con el fin de que estos juveniles puedan crecer desde septiembre en el estuario, utilizando al máximo las condiciones favorables de alimento y temperatura durante 7 meses (en contraste con los 3 meses que es la situación natural). Así se acorta el período de crecimiento hasta el tamaño comercial de 5 cm a 16 meses bajo las condiciones de las aguas frías del sur de Chile.

Dentro de las necesidades futuras, estaría la transferencia tecnológica con el fin de apoyar el que los centros de cultivo produzcan en gran parte sus propias semillas. En este

contexto, se está buscando en Quempillén una técnica que permita transportar larvas a densidades altas en pequeños envases. De esta manera la fijación se haría directamente en las estaciones ostrícolas evitando los costos y pérdidas que significa el transporte de los colectores con las semillas ya fijadas. Todos estos antecedentes, permiten señalar que el cultivo de la ostra chilena presenta un futuro sumamente prometedor. Esto contrasta con la realidad, ya que en la actualidad existen sólo 5 centros de cultivo que se dedican a esta actividad acuícola.

Estado actual del cultivo de *Chlamys purpurata*

La importancia del ostión del Norte (*Chlamys purpurata*), en la acuicultura chilena es clara. Experiencias preliminares realizadas por el Servicio Nacional de Pesca de Chile en la Isla de Chiloé, es decir en aguas templadas, demuestran que el ostión presenta un crecimiento relativamente similar al que se tiene en el norte de Chile. Iniciando el cultivo con semillas de 3 cm de longitud, se alcanza el tamaño comercial con 8 cm en alrededor de un año de cultivo. Lo anterior augura un buen futuro de este cultivo en la Isla de Chiloé y alrededores. Aprovechando las técnicas de producción masiva de semillas de esta especie en condiciones de semillero, debería establecerse un centro productor de juveniles en el sur de Chile, o en su defecto, coordinar el cultivo del ostión en el sur, con la producción de semillas del Centro Coquimbo de la Universidad del Norte de Chile.

Necesidades y perspectivas de la acuicultura de moluscos bivalvos en aguas templadas

De la lista de especies que participan en los desembarcos de moluscos bivalvos en Chile, deben tenerse especialmente en cuenta como especies cultivables en aguas templadas, las de la familia Veneridae que se agrupan bajo el nombre "almejas": *Protothaca thaca*, *Euromalea rufa*, y *AmeghiiNomya antiqua*.

En contraste con otros moluscos tradicionalmente cultivados en Chile, estas almejas viven en el sedimento marino, lo que impide la realización de un cultivo suspendido, siendo un problema técnico-económico. Sin embargo, se han desarrollado tecnologías para el cultivo de la especie *Mercenaria mercenaria* en los Estados Unidos por Mike Castagna y colaboradores. Tales métodos podrían ser la base sobre la cual se deben hacer las modificaciones necesarias, con el fin de lograr el cultivo de estas especies en Chile. La urgencia de cultivarlas, se hace patente cuando se observan los enormes volúmenes desembarcados, la creciente demanda de la industria, sumada a la inevitable eliminación de los bancos naturales, y la extinción potencial de estas especies.

Como un primer paso, y antes de ponernos a pensar en rentabilidades de un cultivo de estas especies, debemos solucionar numerosos problemas biológicos tales como:

- el desconocimiento básico de la biología de larvas, juveniles y adultos;
- la carencia de técnicas de cultivo que tomen en realmente cuenta los conocimientos básicos; y

- carencia, por ende, de una "receta" que pudiera ser aplicada el día de mañana.

En resumen el cultivo de muchos moluscos bivalvos se ve frenado por la falta de conocimientos básicos, que son requisitos fundamentales para desarrollar las técnicas de cultivo adecuadas y especiales para cada una de las diferentes especies.

Además, deseo señalar que en la actualidad la acuicultura masiva se realiza a lo largo de la costa Pacífica Sudamericana, con animales sin ningún manejo genético. Lo que hacemos corresponde (en el plano terrestre) a un cultivo de "frutas silvestres", en el cual sólo se ofrecen "buenas tierras" para su crecimiento. Un buen ejemplo lo presenta el cultivo de *Mytilus chilensis* en forma suspendida, que acorta su período de crecimiento hasta el tamaño comercial de 2 años a un año y aumenta el rendimiento en carne de un 7% a un 23%. Esta forma de cultivo aún no incluye el manejo genético. Un cultivo sin el manejo genético, aún no representa el arte que verdaderamente significa hacer acuicultura.

Es indispensable activar e incrementar, en primera instancia, la investigación para su uso en acuicultura. Esto es una tarea enorme y su realización requiere de todos los que se sientan motivados y posean una vocación para estas ciencias.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (CIID-Canadá), a la International Foundation for Science (IFS-Suecia), a las Fundaciones DFG y Volkswagenwerk, y a la Dirección de Investigación y Desarrollo de la Universidad Austral de Chile, por el financiamiento de los proyectos de investigación que han permitido realizar esta publicación.

Igualmente deseamos expresar nuestros agradecimientos a la Sra. Oriana Carvajal G. por su árdua labor de secretariado.

DESARROLLO EMBRIONARIO Y LARVAL DEL CHORO ZAPATO *CHOROMYTILUS CHORUS* (BIVALVIA, MYTILIDAE), EN CONDICIONES DE LABORATORIO

EMBRYONAL AND LARVAL DEVELOPMENT OF THE CHILEAN GIANT MUSSEL *Choromytilus chorus* (BIVALVIA, MYTILIDAE), UNDER LABORATORY CONDITIONS

O.R. Chaparro y M.A. Sanhueza

Centro de Investigaciones Marinas, Universidad Austral de Chile, Casilla 567, Valdivia, Chile

Resumen

Reproductores de *Ch. chorus* fueron inducidos al desove mediante estímulos térmicos y químicos. Se realizó la fecundación para continuar con el cultivo larval hasta la fijación de los juveniles. Las larvas fueron alimentadas diariamente con cultivos monoalgales de *Isochrysis aff. galbana*, *Monochrysis lutheri* y *Pseudoisochrysis sp.*, en concentración de 30000 cel/ml durante la primera semana de veliconcha y 50000 cel/ml en el resto del tiempo. La temperatura de cultivo fue de 16.5 °C y la salinidad fluctuó entre 23 y 25 ‰.

La larva trocófora aparece a las 19 horas y la concha se hace evidente a los 3 días. El estado de umbo se observa a los 7 días, el ojo a los 25 días y la fijación larval ocurre a los 27-32 días, cuando la larva ha alcanzado un tamaño superior a los 300 µm de longitud máxima.

Summary

Ch. chorus adults were induced to spawn using thermal and chemical stimuli. Larval cultures were maintained until the seed fixation occurs. Larvae were fed daily with *Isochrysis aff. galbana*, *Monochrysis lutheri* and *Pseudoisochrysis sp.* in a concentration of 30000 cel/ml during the first week of the veliconcha stage and of 50000 cel/ml during the rest of the time. Culture temperature was 16.5 °C and the salinity fluctuated between 23 and 25 ‰.

The trochophore larva appeared after nineteen hours and its shell starts to develop three days later. The umbo stage was observed at the seventh day, its eye at the 25th day and the larval fixation occurred at the 27th to 32th day when the larva had reached a minimum size of 300 µm.

Introducción

Existen muy pocos estudios sobre el desarrollo larvario y embrionario del choro zapato (*Choromytilus chorus* Molina, 1782) (Ramorino & Campos, 1983, Cortes, 1978), pese a ser una de las especies de bivalvos muy utilizada en acuicultura (Winter et al., 1984).

Considerando la importancia que la identificación larvaria posee para un manejo óptimo de los centros de cultivo, así

como para el de los criaderos que se dediquen a la producción larval de esta especie, el presente trabajo da información acerca del desarrollo embrionario y larval, obtenida a través de observaciones hechas en el laboratorio y de los tiempos requeridos para alcanzar los diferentes estadios del desarrollo larval bajo condiciones controladas.

Material y métodos

Adultos de *Ch. chorus* mantenidos durante el año 1985 en el estuario del río Quempillén (Ancus, Chiloé) y/o acondicionados en el semillero del mismo lugar, fueron estimulados al desove, en acuarios de 3 - 5 litros.

Los estímulos utilizados consistieron en cambios de temperatura con ciclos de 5 °C cada media hora (desde 13 °C hasta 23 °C) y con adición además de abundante monocultivo de la microalga *Isochrysis aff. galbana*. El desove se realizó trasladando los individuos a acuarios individuales y mantenidos allí hasta la expulsión gamética. La fecundación de los ovocitos se realizó mediante adición directa al acuario de algunas gotas de espermios.

Los cultivos larvarios, con densidad inicial de 30 larvas/ml, se realizaron en acuarios de 5 a 20 l, utilizando agua de mar con burbujeo constante, filtrada a 1 µm y esterilizada con luz UV. La salinidad de los acuarios fluctuó entre 23 y 25 ‰ y la temperatura fue de 16.5 ± 0.5 °C.

Los cultivos larvarios fueron alimentados alternadamente, y a partir del estado de veligera, con monocultivos de *I. aff. galbana*, *Monochrysis lutheri* y *Pseudoisochrysis sp.* con una concentración diaria de 30000 cel/ml durante la primera semana y 50000 cel/ml en el resto del tiempo, siguiendo indicaciones de Breese & Malouf (1975). El cambio de agua se realizó cada tercer día y las larvas eran retenidas en mallas de diferentes aberturas de poro, según su tamaño.

Los huevos, embriones y larvas fueron periódicamente medidos y fotografiados en vivo, utilizando microscopio Zeiss (400x y 160x) con cámara fotográfica Contax. La terminología larvaria utilizada es la de Loosanoff & Davis (1962), Bayne (1965) y Ramorino & Campos (1983).

Resultados

El desove de los reproductores se produce entre 1 y 12 h después de aplicados los estímulos. Los ovocitos recién expulsados son esféricos con un diámetro medio de 68.8 µm (65-75 µm).

Bajo las condiciones de temperatura señaladas, los huevos se encuentran en el fondo del acuario. El primer corpúsculo polar aparece a los 60 - 70 min. después de la fecundación y el segundo a los 110 min. (Cuadro 1).

Doscientos minutos después de la fecundación, el huevo comienza a dividirse, apareciendo la primera división. La segunda y tercera división ocurren a las 4 y 4.3 horas respectivamente (Fig. 1 a-c).

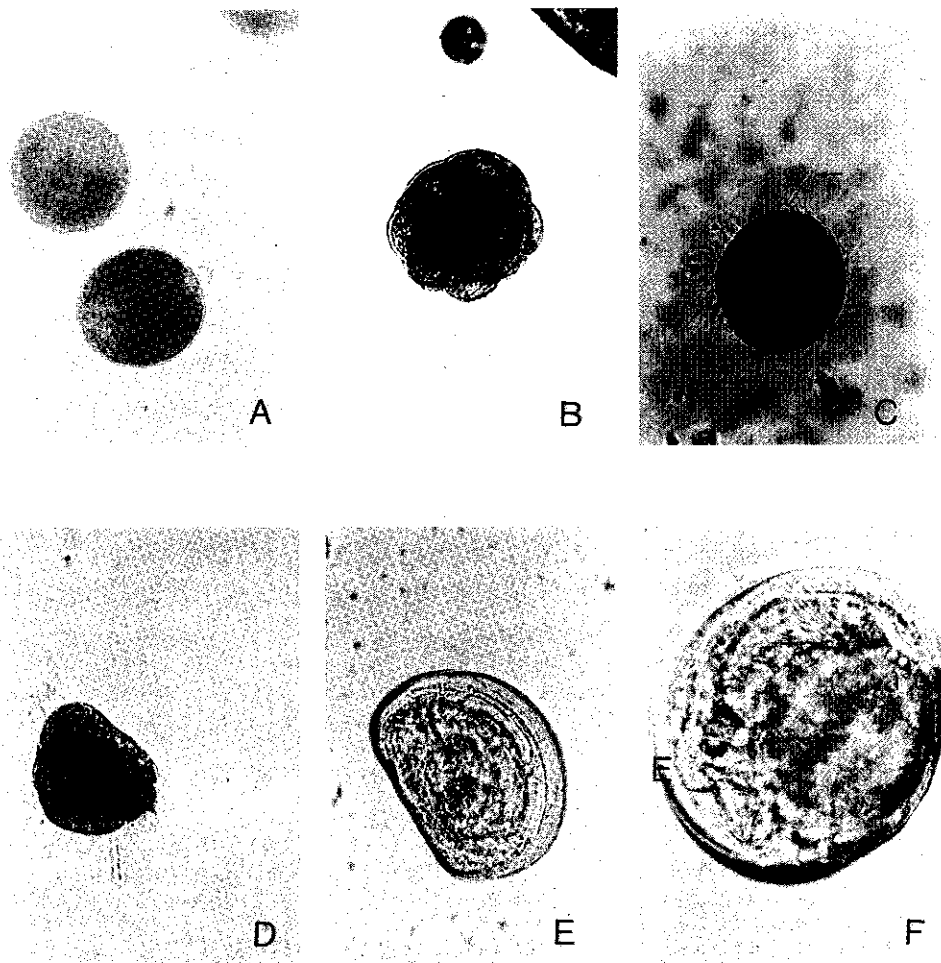


Figura 1. Desarrollo embrionario y larval de *Ch. chorus* (40 X).

- a) eliminación del primer corpúsculo polar (longitud máxima 69 μ m)
- b) estado de 16 células (70 μ m)
- c) trocófora ciliada (81 μ m) con flagelo apical (45 μ m)
- d) formación de concha (70 μ m)
- e) veliger 125.9 μ m
- f) estado de umbo conspicuo (170 μ m).

Figure 1. Embryonal and larval development of *Ch. chorus* (40 X).

- a) elimination of 1st polar body (length = 69 μ m)
- b) 16 cells (70 μ m)
- c) trochophora larva (81 μ m). Note ciliae and apical flagella (45 μ m)
- d) shell formation (70 μ m)
- e) veliger (125.9 μ m)
- f) formation of umbo (170 μ m).

Cuadro 1. Resumen de las principales etapas en el desarrollo larvario de *Ch. chorus* cultivado en el laboratorio a 16.5 (± 0.5)°C, 24 (± 1)‰ de salinidad y a una densidad de 30000 a 50000 cel/día.

Table 1. Summary of the most important larval stages of *Ch. chorus*, reared in the laboratory at 16.5 (± 0.5)°C, 24 (± 1)‰ S salinity and a density of 30000-50000/day.

Egg	Time and Size
1° polar body	60 - 70 min.
2° polar body	110 min.
1° cellular division	200 min.
2° cellular division	4 h
3° cellular division	260 min.
trochophora	19 h (80 μ m)
veliger D	3 days (86 μ m)
umbo	7 days (120 μ m)
foot	18 days (180-200 μ m)
eye	25 days (275 μ m)
settlement	27-32 days (> 300 μ m)

Después de 10 - 12 h, los embriones comienzan a girar en su lugar por la aparición de ciliatura periférica. Posteriormente aumenta la rotación hasta que se separan del fondo y comienzan a moverse en la columna de agua. La blástula que se forma, mantiene prácticamente el tamaño original del huevo y su ciliatura no cubre la totalidad de las células periféricas del embrión.

La trocófora aparece entre las 15 - 19 h de vida y mide aproximadamente 80 μ m de longitud máxima. Los cilios cubren prácticamente todo el cuerpo y se aprecia un largo cilio apical (Fig. 1 d) que mide alrededor de 45 μ m y que participa activamente en la natación.

La concha aparece en forma clara al tercer día, presentando la típica forma de D (Fig. 1 e) y las dimensiones alcanzadas son de 86 μ m eje mayor y de 71 μ m en la charnela recta. Estas larvas son de color amarillo-café, en tanto que su concha es transparente e incolora. La línea charnelar comienza a redondearse después de los 6 días, hasta alcanzar el estado de umbo a los 7 - 8 días, cuando la larva tiene una longitud máxima de aproximadamente 120 μ m (Fig. 1 j). El crecimiento de la velífera continúa hasta el día 18 - 20, período en el cual se observa claramente el pie (Fig. 2 a-c). La larva posee entonces, una longitud máxima de 180 - 200 μ m. La mancha pigmentaria se hace visible después de 25 días de cultivo cuando la larva alcanza una longitud de 275 μ m. Durante casi todo el período de pedivelífera las larvas tienden a nadar, aunque muchas de ellas se asientan temporalmente sobre el fondo del acuario con activo accionar del pie.

El velo ya ha comenzado su reducción, siendo poco efectivo a los 300 μ m de longitud larval máxima. La fijación de la larva comienza cuando las larvas han alcanzado una longitud superior a los 300 μ m.

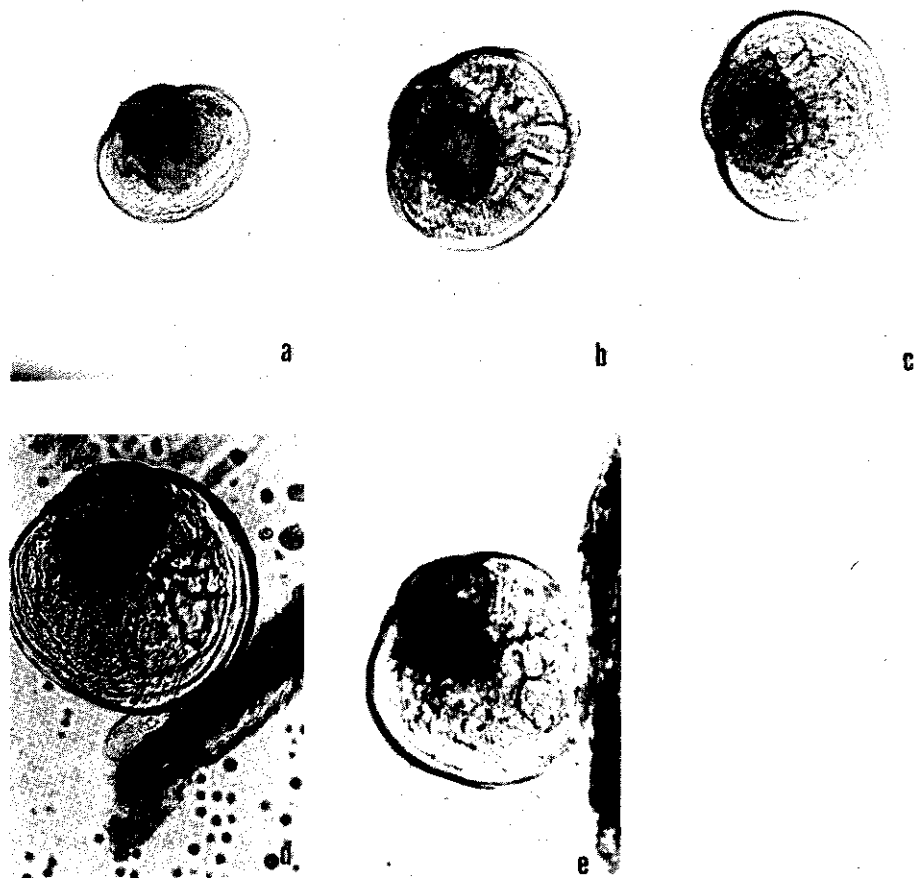


Figura 2. Desarrollo larval de *Ch. chorus* (16 X).
 Figure 2. Larval development of *ch. chorus* (16X).

- a) veliger 226 μm
- b) veliger 238 μm
- c) veliger 250 μm
- d) pediveliger 282 μm
- e) fijación larval, larval fixation (310 μm).

Discusión

El diámetro de los ovocitos, en el momento del desove, oscila entre 65 y 75 μm . Este valor coincide con el rango señalado por Cortés (1978) y Winter et al. (1981) y estaría indicando el carácter planctotrófico de la larva de esta especie.

Los estados embrionarios muestran características típicas de la familia Mytilidae (Penchaszadeh, 1980; Amor, 1981). Las conchas de las larvas observadas, son similares a las descritas por Ramorino & Campos (1983). Cabe destacar que estos autores señalan que las larvas de hasta 250 μm de longitud no presentan ojo motriz, sin embargo, en los experimentos realizados en Quempillén, larvas de 275 μm de longitud máxima, ya presentaban el ojo en forma clara. Es por eso que el carácter, "ausencia de ojo", es válido para la clave de identificación allí señalada, sólo en larvas que no sobrepasan los 275 μm .

Cortés, en su resumen publicado en 1978, señala que el estado de umbo se inicia cuando la larva ha alcanzado 180 μm de longitud máxima. Tal longitud difiere de la detectada en nuestros cultivos, puesto que a los 120 μm de longitud valvar máxima (7 días), se inicia la formación del umbo. Además, el autor señalado indica que el ojo y el pie de las velíferas aparecen cuando las larvas tienen más de 300 μm de longitud máxima. Tales resultados no son coincidentes con los nuestros, puesto que a esa longitud ya comienza la fijación larval. El ojo es obvio desde los 25 días de edad con 275 μm de longitud, y el pie al estado de pedivelífera 1 de Bayne (1965) aparece cuando la larva tiene aproximadamente 18 días de edad y 200 μm de longitud. Desgraciadamente en el resumen de Cortés (1978), la ausencia de una descripción detallada de la metodología, no permite explicar las discrepancias aquí planteadas.

Los resultados del presente trabajo, señalan que a 16.5 ± 0.5 °C la duración del desarrollo hasta el inicio de la fijación larval requiere de aproximadamente 30 días. La duración estimada del desarrollo larval por autores como López *et al.* (1981) de 2 - 3 semanas en Coliumo y de Winter *et al.* (1982) de 3 - 4 semanas en Quele, podría resultar subestimada si se toma en cuenta las temperaturas promedio de agua durante los meses de madurez gonádica (Coliumo 12.3°C; Queule 13.3°C). Esto debido a que en cultivos realizados en el laboratorio a 13 ± 1 °C, a los 30 días aún no aparecían larvas con ojo que señalaran la proximidad de la fijación. La longitud larval máxima había alcanzado sólo 235 μm , lo que dista bastante del tamaño de fijación larval de 300 μm . Desde el punto de vista de producción larval en el semillero, la temperatura juega obviamente un papel importantísimo en la reducción de este prolongado período de vida larval.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Dra. Elena Clasing las sugerencias y comentarios al manuscrito. Al mismo tiempo, reconocen la labor del personal de la Estación Experimental y del semillero de Quempillén, Ancud.

El apoyo económico para el desarrollo de la investigación ha sido aportado por la Internacional Foundation for Science (IFS). Se agradece, además, el apoyo de la DID, Universidad Austral de Chile (S-85-36) y al Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (CIID - Canadá) por el uso de los materiales e infraestructuras de la Estación Experimental de Quempillén.

Bibliografía

- Amor, A., 1981. Observaciones sobre el desarrollo embrionario y larval de *Mytilus platensis* D'Orbigny, del sector bonaerense (Mollusca, Bivalvia). *Physis* (Buenos Aires). Secc. A, 39 (97): 33-39.
- Bayne, B.L., 1965. Growth and the delay of metamorphosis of the larvae of *Mytilus edulis* (L.). *Ophelia* 2 (1): 1-47.
- Breese, W.P. & Malouf, R.E., 1975. Manual de cultivo para la ostra del Pacífico. Prog. Sea Grant College. Univ. Estatal Oregon. Pub. ORESU-H-75-002. Oregon. 22 pp.
- Cortés, P., 1978. Desarrollo larval del choro zapato, *Choromytilus chorus* (Molina, 1782) Mollusca, Bivalvia, Mytilidae. Arch. Biol. Exp. Med. Exp. 12 (4): 507 (Resumen).
- Lépez, M.I., Aracena, O.L. & Bustos, E.H., 1981. El cultivo de *Choromytilus chorus* (Molina, 1782) en la VIII Región de Chile. Informe Final. Mimeogr. Univ. de Concepción, 45 pp.
- Loosanoff, V.L. & Davis, H.C., 1963. Rearing of bivalve mollusks In: F.S. Russell (Editor), *Advances in Marine Biology*, 1: 1-136.
- Penchaszadeh, P.E., 1980. Ecología larvaria y reclutamiento del mejillón del Atlántico Suroccidental *Mytilus platensis* D'Orbigny. *Cahiers de Biología Marina* 21: 169-179.
- Ramorino, L. & Campos, B., 1983. Larvas y postlarvas de Mytilidae de Chile (Mollusca: Bivalvia). *Rev. Biol. Mar.*, Valparaíso, 19 (2): 143-192.
- Winter, J., Varela, C., Valenzuela, G., & Toro, J., 1982. Estudio de comportamiento de larvas y obtención de semillas de *Choromytilus chorus* (Choro zapato) en el semillero natural del río Queule (IX Región). Informe mimeografiado. Univ. Austral de Chile. 212 pp.
- Winter, J., Toro, J., Navarro, J., Valenzuela, G. & Chaparro, O., 1984. Recent developments, status and prospects of molluscan aquaculture on the pacific coast of South America. *Aquaculture*, 39: 95-134.

ESPERMIOGENESIS, FERTILIZACION Y DESARROLLO EN *CHOROMYTILUS CHORUS*. UNA APROXIMACION MOLECULAR

SPERMIOGENESIS, FERTILIZATION AND DEVELOPMENT OF *Choromytilus chorus*. A MOLECULAR APPROACH

J.C. Vera, J.O. Cárcamo, A.M. von Chrismar, E. Gutierrez y L.O. Burzio

Instituto de Bioquímica, Universidad Austral de Chile, Casilla 567, Valdivia, Chile

Resumen

Se purificaron 3 polipéptidos básicos a partir de espermios de *Choromytilus chorus* por solubilización selectiva en ácido, seguida por cromatografía en Sephacryl S-200. Uno de ellos presenta características de protamina y los otros dos presentan propiedades tipo histona. Se presentan evidencias que indican que estos polipéptidos pueden ser utilizados como marcadores de diferenciación durante la espermiogénesis de *Ch. chorus*.

Además se establecieron condiciones óptimas para la fertilización y cultivo de embriones de *Ch. chorus* (razón oocito: espermio, temperatura de incubación, salinidad y número de embriones/ml). Se presentan evidencias que indican que el complemento de proteínas básicas de los embriones podrían utilizarse como un índice de la viabilidad de ellos.

Summary

Three basic polypeptides were purified from *Choromytilus chorus* spermatozooids using acid selective solubilization followed by Sephacryl S-200 chromatography. One polypeptide showed protamine-like properties and the other two showed characteristics of histone-like proteins. Several evidences suggest that these polypeptides could be used as differentiation markers during spermiogenesis in *Ch. chorus*.

Besides this, optimal conditions for fertilization and culture of *Ch. chorus* embryos (ratio of oocytes: spermatozooids; incubation temperature, salinity and number of embryos/ml) were established. The results obtained suggest that the viability of the embryos could be checked analyzing the complement of their basic proteins.

Introducción

Choromytilus chorus (Molina, 1782), de nombre común choro zapato, ha sido extensivamente explotado a lo largo del litoral chileno (Winter et al., 1984). Entre 1930 y 1944 se llegó a extraer hasta 200 toneladas anuales (Lozada & Santa Cruz, 1979), que declinaron a cerca de 400 toneladas en el año 1961 cayeron abruptamente en los años siguientes (Winter et al., 1984). En los últimos años se ha fomentado su cultivo

artificial como una forma de abordar el problema de la sobreexplotación de este recurso en nuestras costas (Lozada et al., 1971; Aracena, 1983; Winter et al., 1984). Así, en el año 1981 se produjo un total de 31.4 toneladas de choro zapato de cultivo, que corresponde a un 25% de la pesca total anual (Winter et al., 1984).

Actualmente la actividad mitilícola tiene como problema fundamental la obtención de semillas a partir de bancos naturales (Chaparro & Valenzuela, 1980; Varela & Valenzuela, 1983). Así, la necesidad de obtener cantidades masivas de larvas en el laboratorio adquiere cada vez mayor importancia, debido a la escasez de bancos naturales proveedores de este material y a las limitaciones que esto implica (Winter et al., 1984). Sin embargo, previo a este objetivo general es absolutamente necesario obtener mayor información acerca del proceso de gametogénesis en este molusco, así como de las condiciones experimentales óptimas para lograr una adecuada fertilización y desarrollo embrionario.

Bajo este contexto, hemos enfocado nuestra atención en la caracterización molecular de los procesos de espermiogénesis, fertilización y desarrollo embrionario en *Ch. chorus*, centrándonos en el estudio de las proteínas básicas asociadas al DNA.

Material y métodos

Se utilizaron especímenes adultos de *Ch. chorus* obtenido de proveedores locales, tanto provenientes de centros de cultivo artificial como de bancos naturales. Los ejemplares que no fueron procesados de inmediato fueron mantenidos en agua de mar con aireación constante tres días como máximo.

Para la obtención de los espermios se extrajo la gónada de los ejemplares machos con un bisturí, fue mantenida en agua de mar con agitación suave durante 30 minutos. Después de filtrar por malla de nylon de 50 μ m de poro, la suspensión de espermios fue centrifugada a 100 g durante 10 minutos y cuantificada por turbidimetría a 340 nm (Vacquier & Payne, 1973).

Las proteínas básicas de espermios, núcleos de espermios purificados, gónada total y tejido somático fueron extraídas por solubilización en 0.25 N HCl (Subirana et al., 1973; Giancotti et al., 1983).

Para purificar las proteínas básicas a partir de espermios, éstos fueron extraídos sucesivamente con 10 y 40% de ácido acético y 0.25 N HCl, y luego fraccionadas con ácido perclórico 0.5 N (Oliver et al., 1972; Subirana et al., 1973; Johns, 1977). Finalmente fueron purificadas a homogeneidad por filtración en una columna de Sephacryl S-200 (2.5 x 190 cm) equilibrada en urea 6 M, HCl 20mM, NaCl 50 mM, ácido etilen diaminotetraacético 1 mM (EDTA). Las proteínas fueron caracterizadas por electroforesis en geles de poliácridamida en presencia de ácido acético y urea (Panyim & Chalkley, 1969), análisis de aminoácidos (Spackman et al., 1958; Simpson et al., 1976) y determinación del residuo amino terminal (Gray, 1972).

Los oocitos fueron extraídos de ejemplares hembras adultas esencialmente de acuerdo a lo descrito para la extracción de

espermios, filtrados por malla de nylon de 200 μm , lavados por decantación varias veces con agua de mar y cuantificados por volumetría (1 cc : 3×10^6 oocitos).

Para los ensayos de fecundación, se agregó cantidades variables de espermios a una placa de Petri conteniendo un número fijo de oocitos. Después de 30 minutos de incubación se extrajo el sobrenadante conteniendo los espermios, y los oocitos ya fecundados fueron lavados varias veces con agua de mar. Finalmente fueron mantenidos en agua de mar conteniendo 0.1 g/l de estreptomycin, 2.5 g/l de cloranfenicol y 1000 UI/ml de penicilina. Se optimizaron las siguientes variables: razón oocito: espermio, temperatura de incubación, salinidad y número de embriones por ml. Cuando se midió el efecto de la salinidad se utilizó agua de mar sintética, siguiendo la formulación descrita por Mita et al. (1984). Se prepararon proteínas básicas de embriones de 24, 48 y 72 horas lisando los embriones en presencia del detergente Nonidet P-40 seguido por extracción con HCl 0.25 N. Las proteínas básicas fueron analizadas por electroforesis en geles de poli-acrilamida en presencia de dodecil sulfato de sodio (SDS) (Laemmli, 1970).

Resultados y discusión

Los espermios de *Ch. chorus* presentan una morfología simple, típica de gametos clasificados como de tipo primitivo (Franzen, 1983). Son pequeños (10 μm), de cabeza redondeada, pieza media corta con 3 a 5 mitocondrias, y un flagelo. Estos espermios fueron obtenidos por difusión en agua de mar a partir de la gónada sin macerar, y se observó que a los 10 minutos de estar en este medio adquieren una gran motilidad. Al centrifugar la preparación de gametos móviles a 100 g durante 10 minutos, los espermios se mantuvieron en el sobrenadante nadando activamente y no sedimentaron, permitiendo así obtener una preparación de espermios puros, libres de contaminación con células somáticas.

Cuando se extrajeron las proteínas básicas a partir de espermios, y de núcleos de espermios de *Ch. chorus*, el análisis electroforético en geles de poli-acrilamida en presencia de ácido acético y urea reveló que en ambos casos había dos bandas prominentes que comigraban (Fig. 1, surcos b, c). Idéntico resultado se observó cuando se extrajeron las proteínas básicas a partir de gónadas completas (Fig. 1, surco d). Además de estas dos bandas prominentes, las tres preparaciones que se muestran en la figura 1 presentan una serie de bandas de menor movilidad electroforética, pero que cuantitativamente no parecieron ser importantes. Como control se muestra en el surco a de la Figura 1 la migración de histonas totales obtenidas a partir de hígado de rata. De acuerdo al sistema electroforético utilizado, el polipéptido de mayor movilidad electroforética parece presentar características de proteínas tipo protamina (polipéptido de aquí en adelante denominado P_1), y el otro polipéptido, de menor movilidad electroforética, podría tentativamente corresponder a una proteína básica del tipo de las histonas (Subirana et al., 1973; Colom & Subirana, 1979; Ausio & Subirana, 1982).

Experimentos posteriores establecieron claramente que ambas proteínas no se encuentran presentes en el tejido somático, tanto de ejemplares adultos machos como hembras (pie, branquias, manto), sugiriendo que serían específicos del espermio. Esto nos llevó a pensar en la posibilidad de utilizar la presencia de estas proteínas como posibles marcadores de diferenciación durante espermiogénesis en *Ch. chorus*.

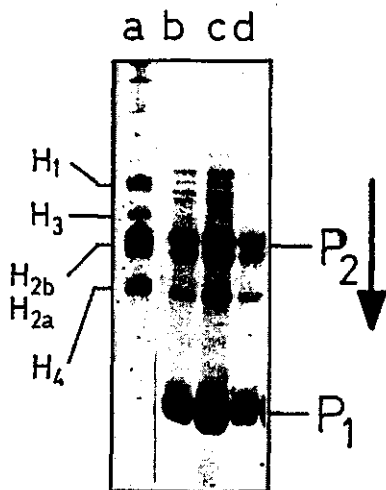


Figura 1. Electroforesis de proteínas básicas en geles de poliacrilamida conteniendo ácido acético y urea.

- a) Histonas totales de hígado de rata.
 - b) Proteínas básicas de espermios de *Ch. chorus*.
 - c) Proteínas básicas de núcleo de espermios de *Ch. chorus*.
 - d) Proteínas básicas de gónadas de *Ch. chorus*.
- Se indica la denominación dada en el texto a los polipéptidos P₁ y P₂ y el sentido de la migración (flecha). Para detalles ver Material y Métodos.

Figure 1. Gell electrophoresis of alcalic proteins a) Total histones from rat liver. Further: alcalic proteins from b) spermatozoids; c) sperm nucleus and d) gonads, each time of *Ch. chorus*. The polypeptides P₁, P₂ and the direction of migration are indicated. For details see text.

Cuando se extrajeron proteínas básicas de espermios obtenidos de ejemplares adultos colectados a lo largo del año, se obtuvieron los resultados que se muestran en la figura 2A. Puede verse que los componentes P₁ y P₂ se encuentran presentes en los espermios a lo largo de todo el año, desde el mes de Marzo de un año (surco a) hasta el mes de Enero del año siguiente (surco f). Además, desde el mes de Noviembre (surco d) se hace patente un tercer componente polipeptídico (P₃), que es especialmente prominente en el mes de Enero (surco f).

Así tenemos que el componente P₁ que pareciera ser el más abundante de los presentes en los espermios en el mes de Marzo, se hace apenas detectable en el mes de Enero. En este último mes también se observa una drástica disminución del componente P₂, pasando a ser el componente P₃ el más abundante.

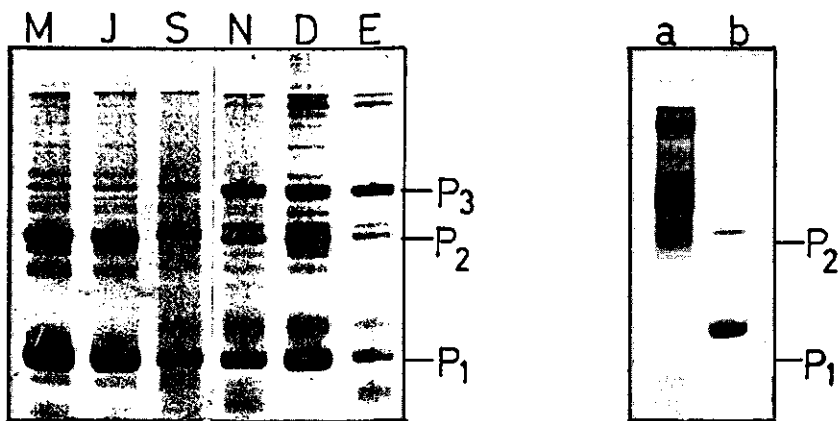


Figura 2.A). Variaciones en el complemento de proteínas básicas en espermios de *Ch. chorus* obtenidas de ejemplares adultos recogidos en diferentes épocas del año. Las letras indican el mes del año en que fueron recolectados los ejemplares. M = Marzo, J = Julio, S = Septiembre, N = Noviembre, D = Diciembre, E = Enero. Las proteínas fueron preparadas como se indica en el Material y Métodos, y luego fueron separadas electroforéticamente en geles de poli-acrilamida en presencia de ácido acético y urea.

Figura 2.B). Ausencia de los polipéptidos P₁ y P₂ en ejemplares inmaduros de *Ch. chorus*. Se muestran las proteínas básicas obtenidas de ejemplares machos que median menos de 2.5 cm de longitud (a), y de espermios de ejemplares adultos obtenidos en el mes de Julio (b). Para detalles ver Figura 2A.

Figure 2.A). The complement of the alkaline proteins from *Ch. chorus* spermatozooids, which were obtained from spawners at different periods throughout the year. Letters indicate the time of collection: M = March; J = July; S = September; N = November; D = December; E = January. The proteins were prepared as explained in the text. Electrophoresis was carried out on polyacrilamide gels with acetic acid and urea.

Figura 2.B). The absence of polypeptides P₁ and P₂ in unripe specimens of *Ch. chorus*. The alkaline proteins were obtained from spermatozooids from a) animals < 2.5 cm and b) adults collected in July. For details see A).

Un examen cuidadoso de la figura 3A demuestra que este cambio en la abundancia relativa de los componentes polipeptídicos presentes en los espermios, ocurre fundamentalmente en los meses de verano. Es en esta época precisamente cuando en esta especie ocurren las emisiones de gametos al medio (Lozada et al., 1971; Winter et al., 1984), sugiriendo fuertemente una relación entre aparición del polipéptido P_3 y la posible presencia de espermios inmaduros. Así por ejemplo, varios ejemplares recogidos durante esta época presentaban total ausencia de espermios, mientras que otros, entre ellos el utilizado para extraer las proteínas básicas que se muestran en el surco f de la figura 3, presentaban una población de espermios notoriamente disminuida. Esto se repitió en la gran mayoría de los ejemplares analizados.

El siguiente paso fue tratar de establecer si estas proteínas estarían o no presentes en gónadas de individuos inmaduros que aún no han completado el proceso de espermatogénesis. Para ello se eligió un gran número de individuos con una talla menor de 2.5 cm, que aún no alcanzan madurez gonadal (Lozada et al., 1971). Los resultados se muestran en la Figura 2B. Se observa que en estos ejemplares no se encuentran los polipéptidos P_1 ni P_2 , observándose, eso sí, algunas bandas de mayor movilidad electroforética entre las que pareciera encontrarse el polipéptido P_3 . No cabe duda que estos resultados estarían confirmando que los polipéptidos P_1 y P_2 podrían ser específicos de los espermios (probablemente maduros), y que por ende podrían ser utilizados como marcadores de diferenciación. También es claro que las variaciones anuales del polipéptido P_3 merecen ser estudiadas con mas atención para establecer con firmeza su significado real.

Dado que era fundamental establecer claramente la identidad de estos polipéptidos, se procedió a purificarlos a partir de espermios de acuerdo a la metodología descrita. En el cuadro 1 se muestra la composición de aminoácidos de cada uno de los polipéptidos purificados.

Estos datos muestran claramente que el polipéptido P_1 sería una proteína. Ello se confirma por su pequeño tamaño ya que determinaciones del peso molecular por diversas metodologías, dieron un valor del peso molecular relativo cercano a 5000. Estos antecedentes concuerdan perfectamente con lo descrito para otras protaminas de moluscos (Subirana et al., 1973; Phelam et al., 1974).

Por otra parte, las características de los polipéptidos P_2 y P_3 corresponden a las esperadas para histonas del tipo H_1 (Kinkade, 1969) o del tipo H_5 (Marchalonis & Weltman, 1971; Kinkade, 1969).

Así, en el espermio de *Ch. chorus* coexistirían proteínas tipo histona y una protamina, hecho que pareciera ser una característica generalizada de los espermios de moluscos, y que provoca una serie de interrogantes relacionadas con el empaquetamiento del DNA en estas células (Subirana et al., 1973; Phelam et al., 1974; Colom & Subirana, 1979; Ausio & Subirana, 1982; Giancotti et al., 1983).

Una segunda etapa de nuestro trabajo consistió en tratar de establecer las condiciones mínimas necesarias para obtener embriones en el laboratorio. En primer lugar, y dado que era fundamental evitar la polispermia fue necesario encontrar la

Cuadro 1. Composición de los amino-acidos en polipeptidos básicos presentes en los espermios de *Ch. chorus* (1).
 Table 1. Amino-acid composition of the polypeptides present in spermatozooids of *Ch. chorus* (1).

Amino-acid	Mol/100 moles of total amino-acid		
	P ₁	P ₂	P ₃
Lysine	29.6	21.8	26.9
Histidine	- (2)	2.2	-
Arginine	19.8	8.4	10.0
Aspartic acid	-	3.1	2.8
Threonine	2.1	3.9	4.9
Serine	16.6	12.8	11.0
Glutamic acid	1.2	2.2	1.9
Proline	6.5	7.1	6.1
Glycine	5.3	7.8	6.9
Alanine	17.6	14.8	16.8
Cystine	-	-	-
Valine	1.1	5.1	4.0
Methionine	-	1.1	1.0
Isoleucine	-	3.2	2.6
Leucine	-	4.6	3.5
Tyrosine	-	0.7	0.5
Phenylalanine	-	1.4	1.0
Tryptophan	-	-	-

- (1) Data refer to averages of analysis results, based on hydrolysis with 6N HCl (Spackman et al., 1958) and meta-sulphonic acid (Simpson et al., 1976)
 (2) No residue was found

razón óptima oocito:espermio (Byrd & Collins, 1975).

Cuando se varió la razón oocito:espermio desde 1:1 hasta 1:10000 y se midió la supervivencia de los embriones a los 24 horas se obtuvieron los resultados que se muestran en la figura 3A. Los mejores resultados fueron obtenidos con una razón oocito:espermio de 1:1000, porcentaje que disminuyó drásticamente tanto a razones mayores como menores de 1:1000. A las razones oocito:espermio de 1:1, 1:10 y 1:100 la observación al microscopio a las 24 horas reveló un gran número de oocitos sin fecundar, con lo que se vió disminuido el número de embriones presentes. Así, a la razón oocito:espermio 1:1 se obtuvo un porcentaje de embriones normales mótils inferior a un 2%. Por otro lado, cuando se utilizaron razones oocito:espermio de 1:10000 o más, prácticamente todos los oocitos fueron fecundados. Sin embargo, a las 24 horas de cultivo se observó un bajo porcentaje de embriones normales mótils, menos de un 15% a la razón 1:100000, con el resto de los embriones mostrando una gran diversidad de formas aberrantes y una elevada mortalidad. Al parecer a estas razones elevadas ocurre una gran polispermia, de acuerdo con resultados obtenidos por otros autores (Byrd & Collins, 1975). En los experimentos que siguen a continuación se utilizó siempre

razones oocito:espermio entre 1:100 y 1:1000.

Cuando se estudió el efecto de la temperatura sobre el proceso de fertilización y desarrollo de los embriones se observó que ésta ejercía un marcado de efecto en ellos (Fig. 3B).

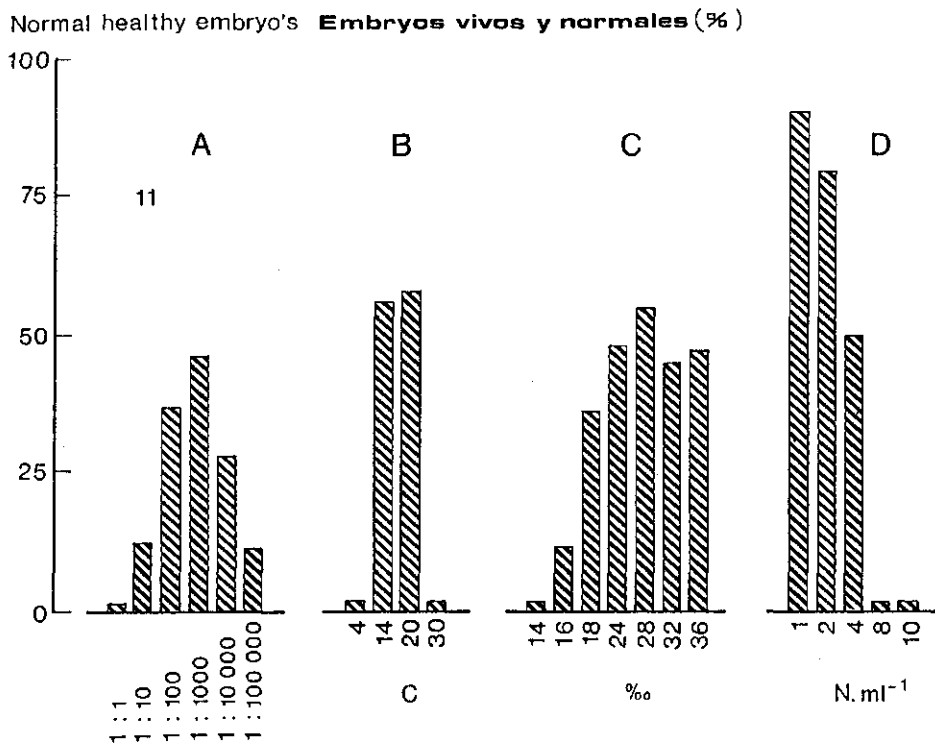


Figura 3. Efecto de la variación de la razón oocito:espermio (A), la temperatura (B), la salinidad (C), y el número de embriones/ml (D), sobre el porcentaje de embriones vivos y morfológicamente normales después de 24 horas (A, B y C) y 72 horas de cultivo (D). Se presenta el promedio de tres cultivos independientes llevados a cabo con espermios y oocitos obtenidos de individuos diferentes en días diferentes, en todos los casos.

Figure 3. The effect of various treatments on *Ch. chorus* embryos after 24 hours (A, B, C) and 72 hours (D) of culture. Treatments were: A = ratio oocytes: spermatozooids at fertilization; B = temperature; C = salinity and D = embryo density. Results, expressed as % of living and morphologically normal embryos, are averages of three culture trials carried out with gametes of different parents at different times.

Cuando todo el procedimiento se llevó a cabo a una temperatura de 4 °C no ocurrió la fertilización y por lo tanto no hubo desarrollo de embriones. La ausencia de fertilización a 4 °C no parece ser debida a la falta de motilidad de los espermios, sino probablemente a un efecto sobre la reacción del acrosoma (Mita et al., 1984). Por otro lado, a las temperaturas de 14 y 20 °C la fertilización ocurre normalmente, y a los 24 horas de cultivo se observa aproximadamente un 60% de embriones normales móviles. Esto es congruente con el hecho que esta especie presenta una época de emisión de gametos centrada en los meses de verano, cuando las temperaturas del agua fluctúan entre 12 °C y 18 °C, con una media de 14 °C (Lozada et al., 1971; Winter et al., 1984). Finalmente, a una temperatura de 30 °C también ocurrió fertilización, pero no hubo desarrollo de embriones, y los que se desarrollaron derivaron en formas aberrantes. El efecto de la temperatura parece estar claramente asociado a las condiciones de desove en el ambiente natural, ya que especies que desovan en época de verano son incapaces de lograr fertilización a una temperatura de 4 °C. A esta temperatura si se da fertilización en especies que desovan normalmente en la época invernal (Mita et al., 1984). En los experimentos que siguen se utilizaron temperaturas cercanas a 14 °C.

Los experimentos descritos en los párrafos anteriores se llevaron a cabo utilizando agua de mar natural. A continuación se estudió el efecto de la salinidad sobre la obtención de embriones normales móviles a las 24 horas. Los resultados se muestran en la figura 3C, se obtuvieron utilizando agua de mar sintética (Mita et al., 1984). Se observa claramente que la obtención de embriones se ve drásticamente disminuida a salinidades bajas (obtenidas por dilución), pero sin embargo se obtienen porcentajes de viabilidad cercanos al 60% cuando los valores de salinidad son comparables a aquellos medidos en los habitats naturales de *Ch. chorus*. En ellos se ha observado que salinidades relativamente bajas parecen interferir con el desarrollo de esta especie (Toro, 1981; Valenzuela, 1981; Winter et al., 1984).

Como puede observarse claramente de las figuras 3A, B y C, en ningún caso se obtuvo viabilidades superiores a un 60% para los embriones de 24 horas. Esto nos llevó a pensar que el problema era un exceso de población en los cultivos. Normalmente estábamos trabajando a una densidad de 200 o más embriones/ml. Cuando se trabajó con un número cercano a 20 embriones/ml las viabilidades aumentaron por encima de un 90% a las 24 horas de cultivo, valor que reflejaba el hecho que nunca fue posible fecundar el 100% de los oocitos presentes.

Establecidas las condiciones mínimas de cultivo decidimos llevar a cabo cultivos de 72 horas de duración. En estos cultivos se observó una ausencia casi total de embriones vivos a las 72 horas, por lo que decidimos disminuir mas aún la densidad poblacional sobre todo para evitar la acumulación masiva de desechos en el medio de cultivo. Los resultados de estos estudios se muestran en la figura 3D. Claramente la densidad poblacional tiene un profundo efecto sobre la supervivencia de los embriones. A una densidad de 8 o más embriones/ml todos los embriones mueren antes de las 72 horas de cultivo, aunque se mantienen vivos a las 24 horas. A densi-

dades de 4 embriones/ml se observa una supervivencia de un 50% a las 72 horas, y de aproximadamente un 90% a las 48 horas de cultivo. Finalmente, a densidades menores o iguales a 2 embriones/ml se obtienen viabilidades ya superiores a un 80% a las 72 horas. Esto indica claramente la necesidad de establecer la relación correcta entre el volúmen de agua utilizada y el número de embriones a obtener. Sin embargo, estos resultados han de tomarse con cautela ya que no se agregó nutrientes al medio de cultivo, ni se utilizó agua corriente, sino solamente cambios esporádicos del medio.

En todos los experimentos anteriores, el avance en la diferenciación de los embriones se estableció por observación directa al microscopio, observación que sirvió además para verificar la integridad de los mismos. Sin embargo, dada la dificultad para establecer un criterio relativamente claro al respecto, pareció necesario tratar de complementar estas observaciones utilizando algún tipo de marcador fácilmente medible. Con este fin se prepararon proteínas básicas totales a partir de embriones de 24, 48 y 72 horas, que fueron luego analizadas electroforéticamente en geles de poliacrilamida en presencia de SDS. En la figura 4 se muestran los resultados obtenidos al preparar proteínas básicas a partir de embriones de 24 y 72 horas de cultivo. Se observa que en ambos casos el complemento de proteínas básicas es el mismo, con una serie de bandas de entre las cuales la de menor movilidad electroforética correspondería a una histona del tipo H_1 . Las otras bandas corresponderían a una histona del tipo de las nucleosomales. Los mismos resultados fueron obtenidos cuando se extrajeron proteínas básicas a partir de embriones de 48 horas. Experimentos de fraccionamiento con ácido perclórico confirmaron que la banda de menor movilidad electroforética correspondería a una histona del tipo H_1 . El punto importante a considerar en los resultados que se muestran en la figura 4

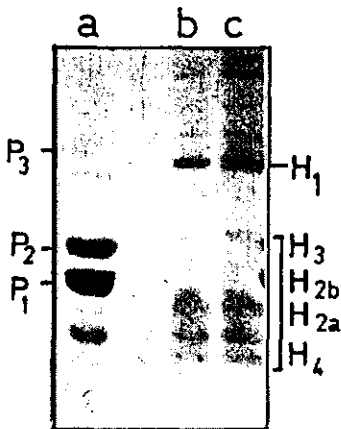


Fig. 4 Integridad estructural de las proteínas básicas extraídas de embriones de *Ch. chorus*. Las proteínas fueron preparadas y sometidas a electroforesis en geles de poliacrilamida en presencia de SDS.

a) Proteínas básicas extraídas de espermios.

b) Proteínas básicas extraídas de embriones de 24 horas.

c) Proteínas básicas extraídas de embriones de 72 horas.

Figure 4. Gel electrophoresis of alkaline proteins extracted from embryo of *Ch. chorus*. a = proteins from spermatozooids; b = from 24 h old embryos; c = from 72 h old embryos.

es el hecho de que no se observa signo alguno de degradación en las proteínas extraídas de los embriones, tanto a las 24 como a las 72 horas. Lo mismo se observó cuando las proteínas analizadas fueron aquellas obtenidas de embriones de 48 horas. Esto fue confirmado cuando se purificó la fracción H₁ por solubilización selectiva en ácido perclórico, y se observó en los tres casos ausencia de degradación. Esto último se vuelve significativo si uno toma en cuenta la extraordinaria sensibilidad de esta histona a las proteasas (Johns, 1970).

De este modo, un análisis del complemento de proteínas básicas de los embriones parece ser una metodología adecuada para confirmar lo observado al microscopio, en el sentido de que permite establecer un criterio de viabilidad de los embriones de *Ch. chorus* en distintas etapas del desarrollo.

Conclusiones

Los resultados obtenidos en estos estudios permitirían concluir que, el análisis de las proteínas básicas presentes en los espermios y embriones de *Ch. chorus* puede ser utilizado con éxito para seguir el proceso de diferenciación que ocurre durante espermiogénesis y como un índice de integridad celular, respectivamente. Además se establece claramente la presencia en el núcleo tanto de protamina como de proteínas tipo histonas del espermio de *Ch. chorus*.

Por otro lado, estos estudios servirán como base en nuestro intento de llegar a obtener cantidades masivas de semillas en el laboratorio.

Agradecimientos

Financiado por GRANT A/705 - 1 de la International Foundation for Science (IFS).

Bibliografía

- Aracena, O.L., 1983. El cultivo de *Choromytilus chorus* (choro zapato) en Chile Central y Sur. Mems. Asoc. Latinoam. Acuicultura 5 (2): 231-240.
- Ausio, J. & Subirana, J.A., 1982. A High Molecular Weight Nuclear Basic Protein from the Bivalve Mollusc *Spisula solidissima*. J. Biol. Chem. 257: 2802-2805.
- Byrd, E.W. & Collins, F.D., 1975. Absence of fast block to polyspermy in eggs of sea urchin *Strongylocentrotus purpuratus*. Nature, 257: 675-677.
- Chaparro, O. & Valenzuela, G., 1980. Semilla de choritos: un problema sin solución? Rev. Chile Pesq., 3 (12).
- Colom, J. & Subirana, J., 1979. Protamines and related proteins from spermatozoa of molluscs. Biochim. Biophys. Acta 581: 217-227.
- Colom, I. & Subirana, J., 1981. Presence of H₂B histone in spermatozoa from marina gastropoda. Dev. Biol. 131: 462-465.
- Franzén, A., 1983. Ultrastructural Studies of Spermatozoa of three Bivalve Species With Notes on Evolution of Elongated Sperm Nucleus in Primitive Spermatozoa. Gamete Res. 7: 199-227.

- Giancotti, V., Russo, E., Gasparini, M., Serrano, D., Del Piero, D., Thorne, A.W., Cary, P.D. & Crane-Robinson, C., 1983. Proteins from the sperm of the bivalve mollusc *Ensis minor*. Co-existence of histones and a protamine like protein. *Eur. J. Biochem.*, 136: 509-516.
- Goff, 1976. Histones of *Neurospora crassa*. *J. Biol. Chem.*, 251: 4131-4138.
- Gray, W.R., 1972. End-Group analysis Using Dansyl Chloride. *Meth. Enzymol.*, 25: 121-138.
- Johns, E.H., 1977. The isolation and Purification of Histones. *Meth. Cell Biol.*, 16: 183-203.
- Kinkade, J.M., 1969. Qualitative Species Differences and Quantitative Tissue Differences in the Distribution of Lysine-Rich Histones. *J. Biol. Chem.*, 244: 3376-3386.
- Laemli, U.K., 1970. Cleavages of structural protein during the assembly of the head of bacteriophage T₄. *Nature*, 227: 680-685.
- Lozada, E. & Santa Cruz, S., 1979. *Choromytilus chorus* (Molina), Lamelibranchia, Anisomyaria, Mytilidae, en "Estado actual de las principales pesquerías nacionales. Bases para un desarrollo de menaje". CORFO- IFOP, Chile, 57 pp.
- Lozada, E., Rolleri, I. & Yáñez, R., 1971. Consideraciones biológicas de *Choromytilus chorus* en dos sustratos diferentes. *Biol. Pesq. Chile*, 5: 61-108.
- Marchalonis, J.J. & Weltman, J.K., 1971. Relatedness among proteins: a new method of estimations and its application to immunoglobulins. *Comp. Biochem. Physiol.*, 38B: 609-615.
- Mita, M., Hino, A. & Yasumas, I., 1984. Effect of temperature on the interaction sperm-egg in the sea urchin. *Biol. Bull.*, 166: 68-77.
- Oliver, D., Somme, K.R., Panyim, S., Spiker R., Chalkley, R., 1972. A modified procedure for fractionation of histones. *Biochem. J.*, 129: 349-353.
- Panyim, S. & Chalkley, 1969. High Resolution acrylamide gel Electroforesis of histones. *Arch. Biochem. y Biophys.*, 130: 337-346.
- Phelam, J.J., Subirana, J.A. & Cole, R.D., 1972. An annual group of lysine-rich histones from gonads of a sea cucumber *Holothuria tubulosa*. *Eur. J. Biochem.* 31: 63-68.
- Simpson, R.J., Neuberger, M.R. & Liu, T.Y., 1976. Complete Amino Acid Analysis of Proteins from a Single Hydrolyzate. *J. Biol. Chem.*, 251: 1936-1940.
- Spackman, D.H., Stein, W.H. & Moore, S., 1958. Automatic Recording Apparatus for use in the Chromatography of Amino-acids. *Anal. Chem.*, 30: 1324-1328.
- Subirana, J.A., Cozcolluela, C., Palau, J. & Unzeta, M., 1973. Protamines and other Basic Proteins from Spermatozoa of Molluscs. *Biochim. Biophys. Acta.*, 317: 364-379.
- Toro, J., 1981. Estudios biológicos básicos para el cultivo de *Ostrea chilensis* Philippi 1845 en el estuario Quempilén, Chiloé. Determinación de los factores ambientales y análisis de la oferta alimentaria natural (Seston, Fito-placton). Tesis. Universidad Austral de Chile, Valdivia. 48 pp.
- Vacquier, V.D. & Paine, J.E., 1973. Methods for quantitating sea urchin sperm-egg binding. *Exper. Cell Res.*, 82: 227-235.

- Valenzuela, G., 1981. Estudios sobre el crecimiento comparativo de *Choromytilus chorus* (Molina, 1782) en sistema de cultivo en Queule en Yaldad (sur de Chile). Tesis. Universidad de Concepción, Concepción. 92 pp.
- Varela, C. & Valenzuela, G., 1983. Comportamiento de la larva y obtención de semillas de *Choromytilus chorus* (choro zapato) en un estuario del sur de Chile. Mems. Asoc. Latinoam. Acuicultura, 5 (2): 241-250.
- Winter, J., Toro, J., Navarro, J., Valenzuela, G. & Chaparro, O., 1984. Recent Developments, status and prospects of molluscan aquaculture on the pacific coast of South America. Aquaculture, 39: 95-134.

EFFECTOS AMBIENTALES DE LOS BIODEPOSITOS EN EL ESTUARIO QUEULE (CHILE) COMO CONSECUENCIA DEL CULTIVO DE MITILIDOS

THE ENVIRONMENTAL IMPACT OF BIODEPOSITS FROM MUSSEL CULTURES ON THE QUEULE ESTUARY (CHILE)

C. Bertrán, E. Jaramillo, A. Bravo y C. Velásquez

Instituto de Zoología, Facultad de Ciencias, Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile

Resumen

El efecto del cultivo de mitílidos sobre el medio ambiente circundante que circunda el estuario del río Queule, ha sido estudiado desde 1983. Los estudios estacionales realizados en el año 1984 mostraron que *Mytilus chilensis* produce 1.3 veces más excrementos que *Choromytilus chorus*. Ambas especies mostraron las tasas de biodeposición más bajas (mg de peso seco/animal/día) en invierno. Las heces de ambas especies tienen similar porcentaje de materia orgánica (alrededor del 18-19%) lo que es más alto que lo encontrado en el fondo. El sedimento del área de cultivo, comparado con el área control, mostró en general altos contenidos de materia orgánica y bajas abundancias de macroinfauna. Esta situación podría mostrar en el futuro que los cultivos no solamente pueden afectar los sedimentos, sino también la macroinfauna, fuente de alimento para los peces demersales que viven en el estuario.

Summary

The environmental impact of bottom cultures of mussels in the Queule River Estuary (Southern Chile) has been studied since 1983. It was shown that *Mytilus chilensis* produces 1.3 times more faecal pellets than *Choromytilus chorus*. Both species showed the lowest biodeposition rate (expressed as mg dry weight/animal/day) in winter time. The faecal pellets of both species had a similar percentage of organic matter (18-19%), which is higher than the amount present in the bottom. The sediment in the culture area showed higher contents of organic matter and lower abundancies of the macrofauna organisms compared to the control area. Therefore, in future the culture may affect not only the sediment as such but thereby also the food resources (macrofauna) of demersal fishes living in the estuary.

Introducción

Los animales filtradores, obtienen su alimento de la masa de agua, lo transforman en agregados y lo devuelven como heces y pseudoheces. Estos biodepositos producidos en gran cantidad por los organismos filtradores son de interés especial en la composición del bentos, por que ellos aceleran la sedimentación del material fino, el que ordinariamente se

asienta muy lentamente. Mattsson & Lindén (1983) estimaron que la sedimentación bajo un cultivo de mitílidos es al menos tres veces mayor que en el área control. Haven & Morales-Alamo (1968), sugieren que la filtración de sólidos suspendidos, la subsecuente producción de heces y su deposición en el fondo, son el factor principal en la acumulación de sedimentos finos. Este aporte provoca cambios en la composición físico-química de los sedimentos y de la macroinfauna existente (Newel, 1965; Haven & Morales-Alamo, 1966, 1972; Mattsson & Lindén, 1983; Navarro, 1983).

El cultivo de mitílidos en estuarios es una actividad que ha tenido un auge relativamente reciente en nuestro país. Este incremento ha sido notable en el estuario del río Queule, el cual constituye un importante centro donde se desarrolla esta actividad. Este aumento de los cultivos produce biodepósitos, que pueden constituir un importante aporte de materia orgánica al sistema, esto puede tener importantes consecuencias para la comunidad estuarina y la propia acuicultura.

El objetivo de este estudio es: 1) cuantificar la producción de heces de *Mytilus chilensis* y *Choromytilus chorus* en su ambiente natural; 2) cuantificar los biodepósitos en el área y 3) determinar sus efectos en el bentos estuarial.

Material y métodos

El río Queule (IX Región), nace en la cordillera de la Costa y desemboca al mar en el extremo sur de la Bahía de Queule (39° 24' S, 73° 13' W), donde forma un estuario de un largo aproximado de 4000 m y un ancho que varía entre los 80 y 440 m. Su profundidad máxima es de 7 m con una media de 3 m.

El muestro se realizó en la parte media del estuario (Fig. 1), donde se determinaron dos áreas, con y sin cultivos de mitílidos, actuando esta última como control. Durante 1983, el cultivo consistió en sistemas de parrones, posteriormente a fines de este año, fué cambiado a cultivo de fondo por los acuicultores.

El muestreo tuvo una periodicidad mensual en 1983 y quincenal en 1984. Consistió en la toma de muestras mediante buceo autónomo en los dos lugares previamente determinados. En cada uno de ellos se tomaron 10 muestras (25 cm², 1 cm de profundidad) de sedimentos. Cinco de ellas se destinaron a cálculos de materia orgánica y cinco para determinación de clorofila a. La cantidad de materia orgánica se obtuvo por combustión de las muestras (550°C por 6 h) previo secado a 60°C durante 72 h. La determinación de clorofila a se llevó a cabo de acuerdo a la metodología propuesta por Strickland & Parsons (1972).

Para macroinfauna se tomaron cinco cores de 4,5 cm de diámetro, en cada lugar de muestreo (15,9 cm², 3 cm de profundidad). Estos fueron filtrados a través de una malla de 0,5 mm fijados en formalina 10% y preservados en alcohol 70%. La diversidad fué calculada usando el índice de Shannon dado por Brower & Zar (1977).

Se realizaron experimentos, en forma estacional, para determinar la producción de heces de *Mytilus chilensis* y *Choro-*

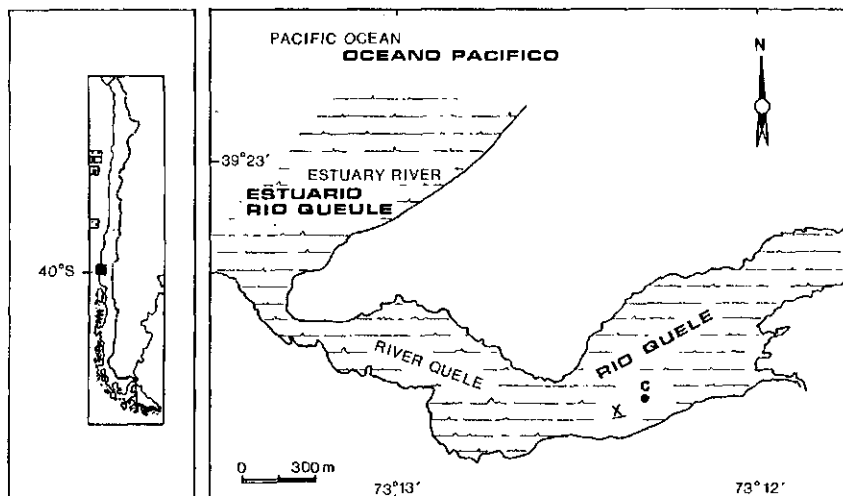
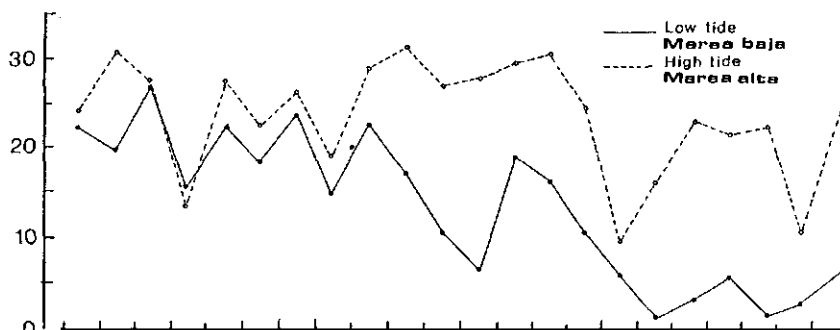


Figura 1. Estuario del Río Queule. Ubicación del área de cultivo (x) y del área control (o).

Figure 1. The estuary of the River Queule, with the place of culture (x) and the control area (o) indicated.

Salinity **Salinidad** (‰)



Temp.(°C)

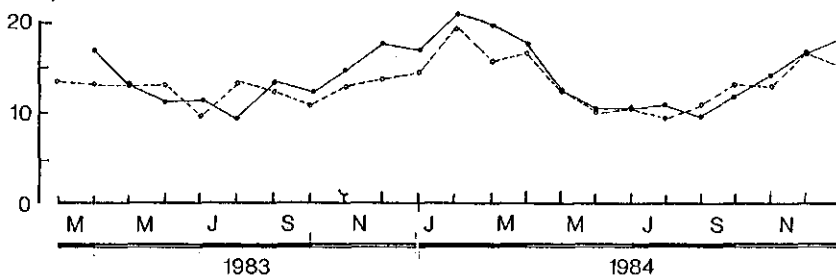


Figura 2. Estuario del Río Queule. Fluctuación temporal de los valores de salinidad y temperatura de aguas del fondo en el área de cultivo.

Figure 2. Salinity and Temperature fluctuation near the bottom at the culture area.

mytilus chorus, y el impacto de estos biodepósitos en el sedimento y la macroinfauna. Los animales para el experimento de producción de heces, fueron obtenidos del área de cultivo, considerándose sólo ejemplares adultos. Estos animales tenían un tamaño de 8.37 ± 0.53 cm para *M. chilensis* y 9.75 ± 0.25 cm para *Ch. chorus*.

Se usaron acuarios de 8 litros de capacidad, conteniendo cinco animales cada uno. Cuatro acuarios para cada especie y dos acuarios como control, que sólo contenían conchas vacías. La tasa de biodeposición se determinó recogiendo cada 24 h, las heces producidas en cada acuario, durante cinco días consecutivos. El seston sedimentado por gravedad en los acuarios control fué restado de aquellos que contenían los animales experimentales. El contenido de materia orgánica fué estimado como la pérdida en peso (60°C , 72 h) de los sedimentos, después de combustión a 550°C durante 6 h. El agua se les hizo llegar desde una profundidad de 2 m (600 ml por minuto) por lo que los animales se vieron sometidos a las mismas condiciones de salinidad, temperatura y aporte de alimento que el medio.

Quincenalmente se registraron algunos datos abióticos obtenidos de la columna de agua sobre el cultivo. Previamente se determinó que no existen diferencias significativas de tales datos entre el área de cultivo y el control. Se consideró la salinidad, temperatura y oxígeno. La salinidad fué calculada a partir de la conductividad, obtenida con un conductivímetro Lectro Mhometer Lab Line y de las fórmulas dadas por Bennet (1976). La temperatura se midió con un termómetro de mercurio graduado en décimas. El oxígeno fué medido sólo en muestras de fondo, por el método de Winkler (APHA, 1965) y el porcentaje de saturación calculado por las fórmulas dadas por Margalef (1974).

Resultados

Los valores más altos de temperatura fueron registrados en primavera y verano y los más bajos en invierno. Durante la mayor parte del muestreo estos valores fueron más altos durante la marea baja. La salinidad del agua presentó marcadas fluctuaciones entre ambas mareas, siendo casi siempre mayores durante marea alta. Los valores más altos se registraron en los meses de abril y diciembre de 1984 y los más bajos en julio y octubre de 1984 (Fig. 2). Los porcentajes de saturación de oxígeno, fluctuaron a través del año y entre ambas mareas. En la mayor parte del año fueron más altos durante la marea alta, variando entre 50 y 125% de saturación. Todos los valores obtenidos durante la marea baja estuvieron dentro de dicho rango.

La tasa de biodeposición fué más alta en *Mytilus chilensis* durante todas las estaciones, excepto en invierno, donde *Choromytilus chorus* produjo más heces (Fig. 3). Ambas especies tuvieron sus menores tasas de producción de heces durante el muestreo de invierno. En este período, la tasa media de biodeposición de *Mytilus chilensis* fué de 0.017 g/día, siendo este valor al menos siete veces más bajo que en otros períodos. *Choromytilus chorus* produjo 0.060 g/día, solamente 1.5 veces más bajo, cuando se le compara con el valor pro-

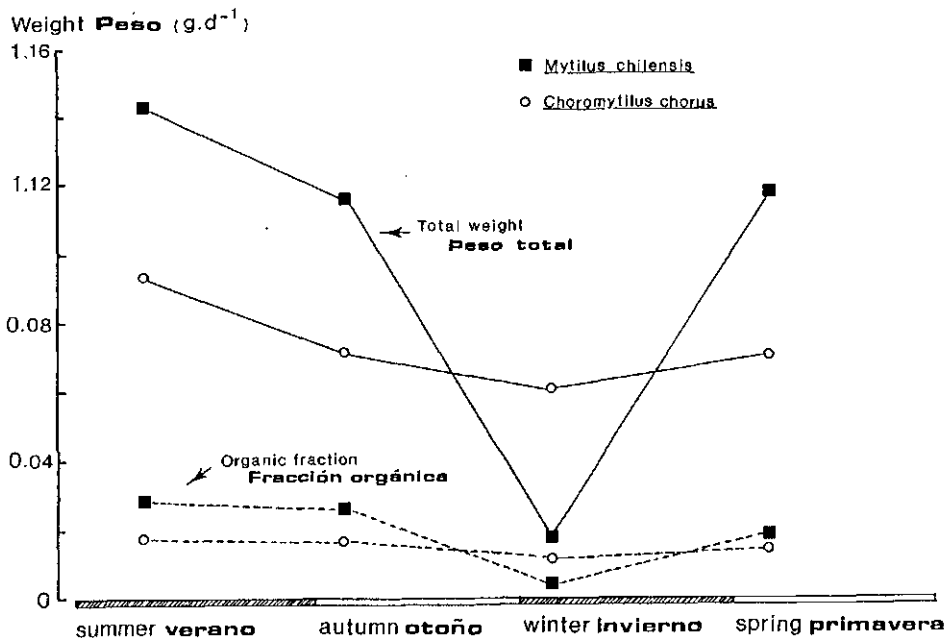


Figura 3. Fluctuación estacional de la tasa de biodeposición de *Mytilus chilensis* y *Choromytilus chorus* en el estuario del Río Queule. Cada valor representa un promedio de un período de estudio de 5 días.

Figure 3. Seasonal fluctuation in biodeposition rate of *Mytilus chilensis* and *Choromytilus chorus*. Each value represents the average of a 5 day period.

medio más alto del verano (0.093 g/día).

Los valores de la fracción orgánica fueron más altos en las heces de *M. chilensis* durante todas las estaciones, excepto invierno. La fracción orgánica de las heces de *Ch. chorus* presentó menos variaciones que *M. chilensis* al compararlos a través de las estaciones del año.

En general, los contenidos de materia orgánica fueron altos (sobre el 10%) en sedimentos provenientes del área de cultivo, en relación a los del área control (Fig. 4). Existiendo diferencias estadísticamente significativas en muchas de las muestras (Fig. 4). En el área de cultivo, los porcentajes más altos de materia orgánica se registraron a mediados del verano (17.5%) y a mediados de primavera (16%). En el área control, los porcentajes más altos fueron obtenidos en agosto (12%) y noviembre de 1984 (12.8%). Al comparar estos resultados con los obtenidos un año antes se observa un pequeño incremento en el contenido de materia orgánica. Esta tendencia es evidentemente más marcada en el área de cultivo (Fig. 4).

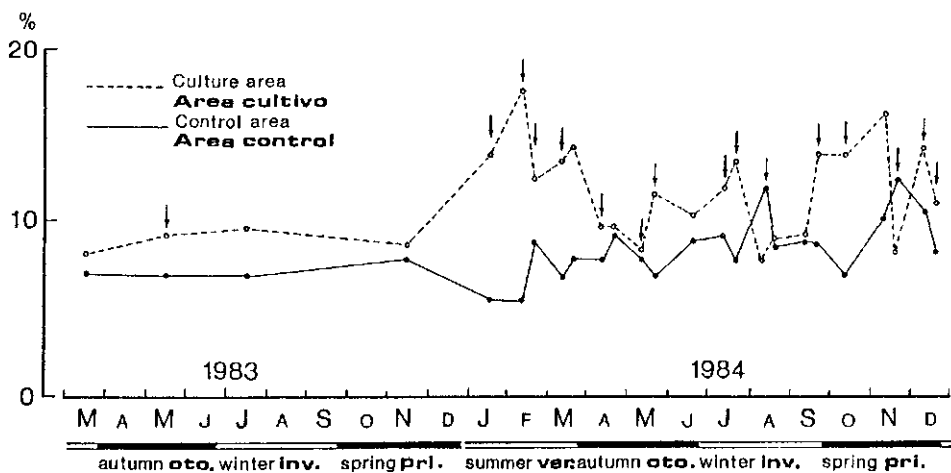


Figura 4. Fluctuación temporal del contenido de materia orgánica, en el sedimento superficial del área de cultivo y área control. Flechas indican diferencias significativas ($p < 0.05$), entre las muestras. Cada valor es el promedio de 3 réplicas (1983) y 5 réplicas (1984).

Figure 4. Seasonal fluctuation of the organic content of the upper sediment layer at the culture and control area. Arrows indicate significant ($p < 0.05$) differences between the samples. Each value is based on the average of three (1983) or five (1984) replicates.

Los valores de clorofila a, obtenidos de la superficie del sedimento de ambas estaciones fueron más altos en el área de cultivo a fines de verano, otoño y primavera. Sin embargo, sólo se detectó diferencias significativas ($p < 0.05$) entre ambas áreas durante el tercer muestreo de abril. Para ambas áreas los valores más altos se encontraron durante el verano, principios de otoño y primavera. Los más bajos (con excepción del primer muestreo de agosto) fueron registrados durante los meses de invierno, llegando a un mínimo de $12.2 \mu\text{g/l}$ bajo el cultivo y $16 \mu\text{g/l}$ bajo el área control (Fig. 5).

Las especies más abundantes de la macroinfauna presentes en las dos áreas fueron los poliquetos *Minuspio chilensis* (Spiro-nidae) y *Perinereis gualpensis* (Nereidae) y el anfípodo *Paracorophium hartmannorun* (Corophidae). De ellas, la de mayor contribución a la abundancia total fue *Minuspio chilensis*, en las dos áreas de muestreo. La mayor abundancia de el total de macroinfauna (sobre 40 ind. por 15.9 cm^2) fué detectada principalmente en los periodos de primavera-verano 1983-1984 y fines de invierno-primavera 1984.

Durante la mayor parte del periodo de estudio, la abundancia de la macroinfauna total fué más alta en el área control (Fig. 6). Sin embargo, sólo se encontró diferencias significativas ($p < 0.05$) en los meses de invierno y primavera de am-

Chlorophylla *Clorofila a* ($\mu\text{g/l}$)

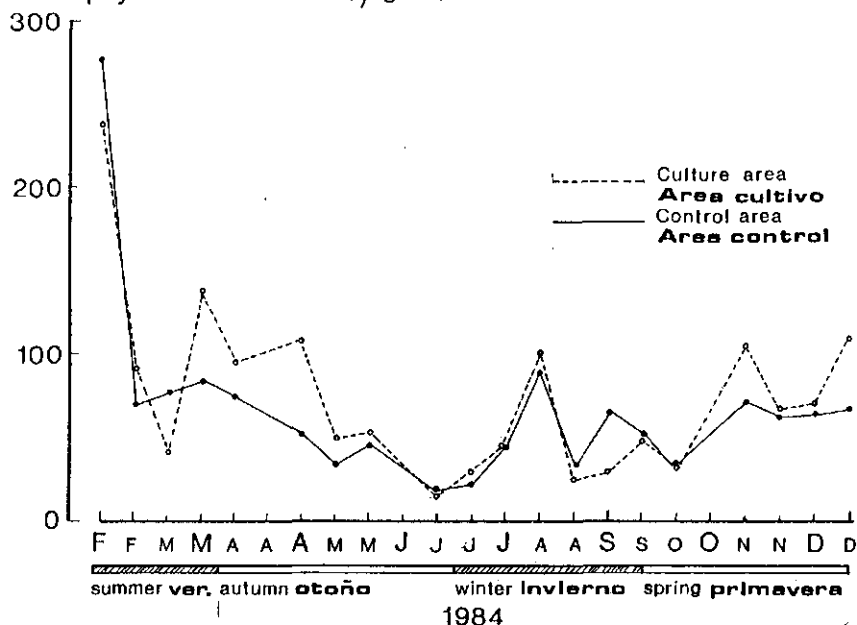


Figura 5. El contenido de clorofila a, en el área de cultivo y control. Cada valor es el promedio de 5 réplicas.

Figure 5. *Chla*-concentration at the culture and control area. Each value is the average of five replicates.

dos años.

La abundancia de *Minuspio chilensis* siguió una tendencia similar al total de macroinfauna (Fig. 6). La abundancia más alta (aproximadamente 20 ind. por 15.9 cm²) se presentó en los mismos períodos dados para la macroinfauna total.

El número más alto de especies (7 - 12) y de los valores de diversidad (sobre 1.5) se registró en los períodos en que se obtuvo la mayor abundancia de macroinfauna (Fig. 7). En general, el número de especies y la diversidad (H') fué más alto en el área control. Esto es similar a la tendencia de la abundancia de la macroinfauna.

Discusión

Durante todas las estaciones (excepto invierno de 1984) *Mytilus chilensis* produjo más heces que *Choromytilus chorus*. El promedio anual de producción fué 19 mg/d por animal, para *Mytilus chilensis* y 14 mg/d para *Choromytilus chorus*. Estos resultados son similares a los encontrados por Winter et al. (1982), quienes mencionan una tasa de biodeposición de 22 mg/d/animal para *M. chilensis* (promedio anual). Ambas especies presentaron sus menores tasas de biodeposición durante invierno, cuando se presentaron las salinidades y tempera-

Abundance **Abundancia** (N/plot)

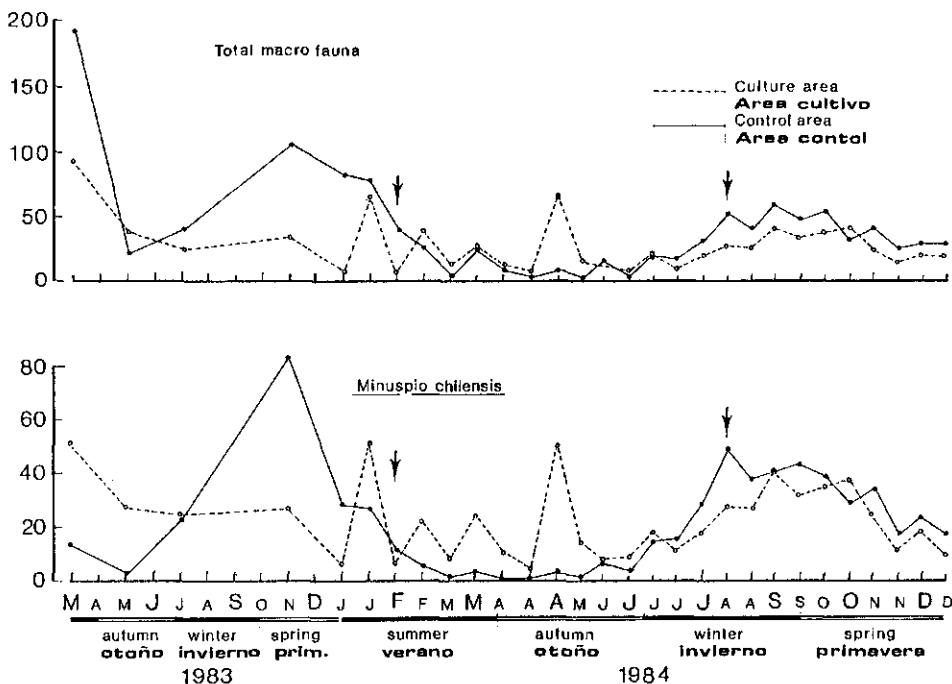


Figura 6. Abundancia de la macroinfauna total y del poliqueto *Minuspio chilensis*, en el área de cultivo y control. Cada valor es el promedio de 5 réplicas (enero-julio: 2 réplicas).

Figure 6. The abundance of total macrofauna and the polychaet *Minuspio chilensis*, at the culture and control area. Dates are averages of 5 replicates (January-July: 2 replicates).

tures más bajas. Sin embargo, sin datos experimentales (p.e. tasa de filtración, producción de heces en relación a diferentes condiciones, etc.) no podemos hipotetizar acerca de la relación causa-efecto entre los factores abióticos y la tasa de biodeposición de los mitílidos estudiados. Además, los cambios estacionales en la cantidad y cualidad del alimento (Uribe, 1983) pueden también ser la causa de cambios en la tasa de biodeposición a través del año (Tenore & Dunstan, 1973).

La fracción orgánica de las heces de *Mytilus chilensis* representó un promedio de 18.3% del peso total y de 19.1% en *Choromytilus chorus*. Las heces de ambas especies contribuyeron con la misma cantidad de materia orgánica al medio. Estos porcentajes son más altos que los calculados para la superficie del sedimento, en el área control y de cultivo (Fig. 4). Para explicar esta situación se pueden presentar dos hipótesis: 1) las heces son producidas y arrastradas por las cor-

Number of species **Número de especies**

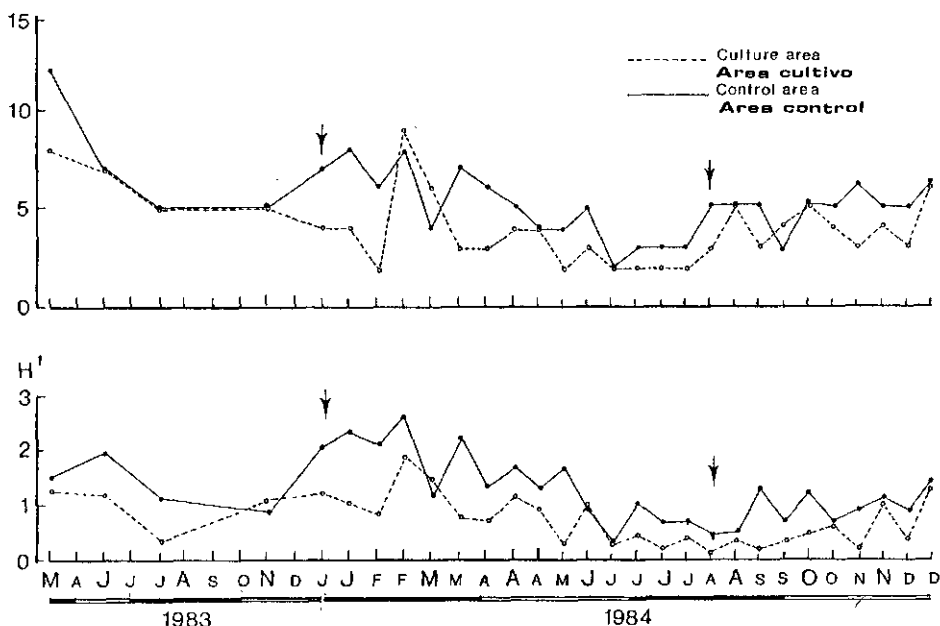


Figura 7. Numero de especies y valores de diversidad (H') en el área de cultivo y de control. Para replicas, vease fig. 6.

Figure 7. Species number and diversity (H') values at the culture and control area. The number of replicates is as in fig. 6.

rientes de mareas y 2) la cantidad de heces producidas no son suficientes para producir un enriquecimiento de materia orgánica en el fondo. Muestreos posteriores (enero de 1986), han demostrado que el porcentaje de materia orgánica se modifica significativamente entre mareas, obteniéndose diferencias de 2% de promedio entre marea alta y baja. Haven & Morales-Alamo (1972), mencionan que los pelets se rompen por acción mecánica o bacterial y las partículas pueden permanecer en el fondo o ser resuspendidas.

Los sedimentos en el área de cultivo presentaron una mayor cantidad de materia orgánica y clorofila *a*, comparados con los del área control. Este enriquecimiento de materia orgánica puede estar relacionado con los procesos de biodeposición de mitílidos.

Aún cuando el área de cultivo presentó una mayor cantidad de alimento potencial (materia orgánica) para la macroinfauna, especialmente para los alimentadores de depósito, las mayores abundancias de ella, se registraron generalmente, en el área control. *Minuspio chilensis*, especie dominante, se encuentra en todas las áreas del estuario donde existe una alta cantidad de materia orgánica (Jaramillo et al., 1985).

Sin embargo, presentó sus mayores abundancias en el área control durante los meses de invierno y primavera.

Estas menores abundancias pueden ser consecuencia de que el espacio en el área de cultivo, este ocupado por mitílidos vivos (43 ind/m²) y de la gran cantidad de grava que allí existe (10%), comparada con el área control. Esta grava es el efecto directo del sistema y corresponde fundamentalmente a fragmentos de conchas de los bivalvos y del cirripedio *Elminius kingii*. Estudios previos a la instalación de cultivos (Pino & Mulsow, 1983; Rojas, 1983; Jaramillo et al., 1984), mencionan bajos porcentajes de grava (cerca de 0.03%), similares a los calculados para el área control.

Un estudio similar, realizado en Suecia por Mattsson & Lindén (1983), demostró que el cultivo de mitílidos produce un alto enriquecimiento orgánico bajo el fondo subyacente. Esto trajo como consecuencia un reemplazo de especies en la comunidad de la infauna, dominando los poliquetos oportunistas. En el presente estudio, a pesar de producirse un enriquecimiento de materia orgánica, la composición de la macroinfauna no se modificó. Sólo se detectó una disminución de la densidad total en el área de cultivo, respecto al área control. Por lo tanto, esta menor densidad de la macroinfauna en el área de cultivo puede estar relacionada a la cada vez menor disponibilidad de sustrato blando, por el incremento de la grava y el mismo cultivo de fondo, lo que además reduciría el asentamiento de la macroinfauna.

Bibliografía

- APHA, 1965. American Public Health Association. Standard Methods for the Examination of Water and Waste-water, edición 13. American Public Health Association (APHA), New York: 537-538.
- Bennet, A., 1976. Conversion of in situ measurement of conductivity to salinity. *Deep-Sea Research*, 23: 157-165.
- Brower, J.W. & Zar, J.H., 1977. Field laboratory methods for General Ecology. WMC Brown Company Publishers. Dubuque, Iowa, USA. 194 pp.
- Haven, D.S. & Morales-Alamo, R., 1966. Aspects of biodeposition by oysters and other invertebrate filter feeders. *Limnology and Oceanography*, 11: 487-498.
- Haven, D.S. & Morales-Alamo, R., 1986. Occurrence and transport of faecal pellets in suspension in a tidal estuary. *Sedimentary Geology*, 2: 141-151.
- Haven, D.S. & Morales-Alamo, R., 1972. Biodeposition as a Factor in Sedimentation of Fine Suspended Solids in Estuaries. The geological Society of America, Inc. Memoir 133: 121-130.
- Jaramillo, E., Mulsow, S., Pino, M. & Figueroa, H., 1984. Subtidal Macroinfauna in an Estuary of South Chile: Distribution Pattern in Relation to Sediment Types. *Marine Ecology*, 5: 119-133.
- Jaramillo, E., Mulsow, S. & Navarro, R., 1985. Intertidal and subtidal macroinfauna in the Queule River Estuary, South of Chile. *Revista Chilena de Historia Natural*, 58: 127-137.
- Margalef, R., 1974. *Ecología*. Ediciones Omega S.A., Casanova 220, Barcelona, 951 pp.

- Mattsson, J. & Linden, O., 1983. Benthic macrofauna succession under mussels, *Mytilus edulis* L. (Bivalvia), cultured on hanging long-lines. *Sarcia*, 68: 97-102.
- Navarro, J., 1983. Oferta alimenticia natural y su efecto sobre los procesos fisiológicos del bivalvo *Mytilus chilensis* en la Bahía de Yaldad, Chiloé (Sur de Chile). *Memorias Asociación Latinoamericana de Acuicultura*, 5: 175-187.
- Newel, R., 1965. The role of detritus in the nutrition of two marine deposit feeders, the prosobranch *Hydrobia ulvae* and the bivalve *Macoma balthica*. *Proc. Zool. Soc. Lond.*, 144: 25-45.
- Pino, M. & Mulsow, S., 1983. Distribución de facies granulométricas en el estuario del río Queule, IX Región: un análisis de Componentes Principales. *Revista Geológica de Chile*, 18: 77-85.
- Rojas, C., 1983. Estudio sedimentológico del estuario del Río Queule, IX Región. Tesis de Licenciatura en Ciencias, mención en Geología. Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile, 197 pp.
- Strickland, J.D. & Parsons, T.R., 1972. A practical handbook of Seawater Analysis. Fisheries Research Board of Canada, 310 pp.
- Tenore, K. & Dunstan, W., 1973. Comparison of feeding and biodeposition of three bivalves at different food levels. *Marine Biology*, 21: 190-195.
- Uribe, J.C., 1983. Producción anual y dinámica del fitoplancton del estuario Queule (IX Región, Chile). Abs. "Fitoplancton marino de Chile: conocimiento actual y perspectivas". Valparaíso, Chile.
- Winter, J., Navarro, J., Roman, C. & Chaparro, O., 1982. Programa de explotación de mitilidos. Investigación Científica básica: II Parte. Convenio CORFO-UACH. Informe final AP-81-39. Corporación de fomento de la Producción, Gerencia de Desarrollo, Santiago, Chile. 312 pp.

ESTUDIO FAUNISTICO DE LOS MOLUSCOS BIVALVOS COMESTIBLES DEL LITORAL DEL RIO GRANDE DO NORTE (BRASIL) Y SU VIABILIDAD PARA LA ACUICULTURA

FAUNISTIC STUDY OF EDIBLE BIVALVES FROM THE COASTAL ZONE OF RIO GRANDE DO NORTE (BRASIL) AND THEIR SUITABILITY FOR AQUACULTURE

G.F. de Medeiros & L. Câmara

Departamento de Oceanografía y Limnología, Universidad Federal do Rio Grande do Norte, Brasil

Resumen

En los estudios realizados en ocho estuarios del Rio Grande do Norte durante los años 1982-1983, se encontraron las siguientes especies de moluscos bivalvos: *Anomalocardia brasiliana*, *Brachiodontes exustus*, *Iphigenia brasiliana*, *Lucina pectinata*, *Mytella charruana*, *Mytella guyanensis*, *Ostrea* sp., *Protothaca pectorina*, *Tagelus plebeius* y *Trachicardium muricatum*. Entre estas las de mayor importancia económica en la región están: *C. rhizophora*, *M. charruana*, *A. brasiliana* y *T. plebeius*.

Prácticamente en todos los estuarios investigados fueron encontradas áreas con características favorables para el cultivo de estos moluscos.

Summary

In eight estuaries of the State of Rio Grande do Norte studied during the period 1982/83, the following species of bivalve molluscs were recorded: *Anomalocardia brasiliana*, *Brachiodontes exustus*, *Iphigenia brasiliana*, *Lucina pectinata*, *Mytella charruana*, *Mytella guyanensis*, *Ostrea* sp., *Protothaca pectorina*, *Tagelus plebeius* and *Trachicardium muricatum*. Among these, *C. rhizophora*, *M. charruana*, *A. brasiliana* and *T. plebeius*, are species of major economic importance. In all these estuaries, suitable areas for mollusc culture were found.

Introducción

Los moluscos bivalvos, de manera general, constituyen una fuente alimenticia de un gran valor proteínico unido a un agradable sabor (Perrier, 1981). Sin embargo, su importancia económica, no solo se reduce al factor alimenticio. En efecto, desde hace algunos años, se extrae de su carne una heparina de una gran actividad anticoagulante. Además por un proceso de trituración se puede extraer de sus conchas un polvo, que se usa como fertilizante de suelos ácidos en el nordeste brasileño.

Muchos de estos moluscos viven con éxito en los ambientes de estuario (Russel-Hunter, 1973), de donde son recojidos y

utilizados como fuente de alimentación y de complemento de la renta familiar de las poblaciones vecinas a éstos ambientes.

Su cultivo se dá buenos resultados en varios países según Mason (1976), Korringa (1976), Hurlburt & Hurlburt (1980) y Rafael (1982).

En el Brasil solo en algunos estados como: Paraná, São Paulo y Rio de Janeiro, esta actividad viene destacandose, aunque, la producción brasileña de estos moluscos esta siendo muy baja (5775 ton/año, en 1984) según datos del Instituto Brasileiro de Geografía y Estadística (IBGE 1985).

Rios (1975) nos presenta una extensa bibliografía con relación a la macofauna brasileña, mientras que Matheus & Rios (1967 a,b; 1969), Mello & Filho (1981), Nascimento (1978), Oliveira (1985), Silva & Pereira-Barros (1984) y otros se dedicaron a los estudios de la malacofauna del litoral nord-estino.

En el Rio Grande do Norte, además de los trabajos realizados por Matheus & Rios (1967a,b,c), se han hecho dos estudios más sobre el potencial pesquero y la prospección pesquera (Oliveira, 1986) del estuario de Potengi.

Nuestro trabajo tiene como objetivo principal, hacer un estudio faunístico de las especies de moluscos bivalvos comestibles existentes en los estuarios de nuestro estado, con el fin de ofrecer recursos para estudios futuros, que permitan una exploración racional de este recurso natural.

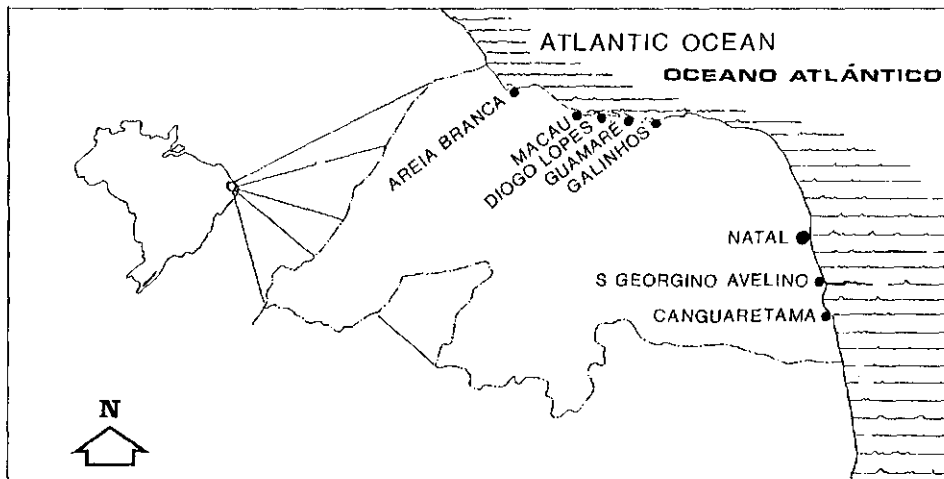


Figura 1. Localizacion de los estuarios visitados.
Figure 1. Localization of the visited estuaries.

Material y métodos

Entre los años 1982 y 1983 se visitaron ocho estuarios del Rio Grande do Norte durante las mareas bajas (Figura 1 y cuadro 1).

En cada estuario, con ayuda de pescadores de la región,

localizamos los bancos naturales de los moluscos en estudio, se escogieron dos puntos diferentes al azar de los cuales fueron recogidas muestras, con ayuda de un delimitador rectangular de 1.0 m² de área, mostrando una columna que varió desde la superficie hasta cerca de 0.5 m de profundidad, de acuerdo con el substrato y con el molusco a ser recogido. Los moluscos bivalvos recogidos fueron agrupados y contados, siendo en seguida acomodados en bolsas plásticas, fijados con alcohol común, etiquetados y transportados. Su identificación fue hecha por Rosa Cristina Sassi de la Universidad de la Paraíba-Brasil.

Las medidas de la temperatura del agua fueron tomadas con ayuda de un termómetro común. Mientras que la salinidad fue registrada solo en algunos estuarios debido a un defecto presentado por el refractómetro usado. Los datos fueron obtenidos en dos sitios de los ríos. Uno, en la parte superior más distante del mar y el otro más próximo, en la parte inferior. Los datos referentes a la salinidad del río de los Cavalos, fueron cedidos por el Biólogo Alberto Alves Pinheiro, (comunicación personal), que son tomados periódicamente en aquel río por la Henrique Lage Salineira S/A (Empresa de Cultivo de Camarones y de Extracción de Sal).

En todos los estuarios se hicieron observaciones con el fin de encontrar áreas que pudiesen ser usadas para el cultivo de los moluscos en estudio. Esta parte del trabajo fue realizada empíricamente siendo verificadas áreas protegidas de fuerte corriente, lejos de las áreas habitadas y por consecuencia, supuestamente libre de contaminación.

Cuadro 1. Localidades visitadas con sus respectivos ríos y lagunas.

Table 1. Visited localities with their respective rivers and lagoons.

Sites	Rivers/Lagoons
Areia Branca	Río Mossoró
Canguaretama	Río Curimataú
Diogo Lopes-Barreiros	Estuary complex D. Lopes
Galinhas	Río Galinhos
	Río Tomás
Sen. Georgino Avelino	Lagoon Guaraira
	Channel: Laguna Papeba
Guamaré	Río Camurupim
	Río Porto Capim
Macau	Río dos Calvados
Natal	Río Potengi
	Río Jundiá

Resultados y Discusión

De acuerdo con el cuadro 1 fueron encontradas las siguientes especies: *Anomalocardia brasiliana*, *Brachiodontes exustus*,

Crassostrea rhizophora, *Iphigenia brasiliana*, *Lucina pectinata*, *Mytella charruana*, *Mytella guyanensis*, *Ostrea* sp., *Protothaca pectorina*, *Trachicardium muricatum* y *Tagelus plebeius*. Estas ocurren en todo el litoral Nordesteño según Mattheus & Rios (1976 a, b, 1969), Silva & Pereira-Barros (1984), Oliveira (1985), Mello & Marinho (1978). Rios (1975) cita prácticamente todas estas especies para el litoral brasileño.

Cuadro 2. Especies encontradas y sus respectivos substratos.
Table 2. Species occurrence and their respective substrates.

Species	Substrates
<i>Anomalocardia brasiliana</i> (Gmelin, 1791)	Sand and sandy mud
<i>Brachiodontes exustus</i> (Linnaeus, 1758)	Rocks, mangroves
<i>Crassostrea rhizophora</i> (Guilding, 1828)	Mud, Rocks, mangrove roots
<i>Iphigenia brasiliana</i> (Lamarck, 1818)	Sand and sandy mud
<i>Lucina pectinata</i> (Gmelin, 1791)	Mud
<i>Mytella charruana</i> (Orbigny, 1842)	Semi-burried in the mud between mangrove roots
<i>Mytella guyanensis</i> (Lamarck, 1819)	Rocks, mangroves
<i>Ostrea</i> sp. (Linnaeus, 1758)	Rocks
<i>Protothaca pectorina</i> (Lamarck, 1818)	Sandy mud
<i>Trachicardium muricatum</i> (Linnaeus, 1758)	Sandy mud
<i>Tagelus plebeius</i> (Lighfoot, 1786)	Sandy mud

Entre las especies más numerosas (Cuadro 2 y 3) se destacaron *A. brasiliana* (1691 ind./m²) y *C. rhizophora* (1276 ind./m²) las dos en el Río Mossoró, mientras que *B. exustus* fue la menos numerosa (05 ind./m²) y fue registrada en el Río Jundiáí.

Las especies *C. rhizophora*, *M. charruana*, *T. plebeius* y *A. brasiliana*, son las que presentan mayor aceptación para el consumo. Observaciones semejantes fueron registradas por Mello & Kerick (1978) en encuestas hechas en los mercados de Recife (Estado de Pernambuco) y por Mendes & Branco (1981) en los mercados de São Luís (Estado do Maranhão). Por otro lado, *B. exustus*, y *C. pectinata* se presentaron como las menos consumidas y de acuerdo con las informaciones de los pescadores de las localidades estudiadas, ni siquiera hay interés en pescar a la primera, por causa de su tamaño pequeño y escaso número. En el caso de la segunda, las restricciones se deben más al hecho del color de sus carnes.

En las localidades como Macau, Guamaré y Natal, donde se desarrollan cultivos de camarones, las principales especies para el consumo, son también usadas en la elaboración de las raciones para las formas larvarias y adultas de los mismos.

B. exustus fue encontrado como especie acompañante en los bancos de *M. guyanensis*. Por otro lado en los bancos de *A. brasiliana*, las especies acompañantes fueron *I. brasiliana*

Cuadro 3. Cantidad promedio de las diferentes especies (número/m²) en distintas localidades.
 Table 3. The average abundance (number/m²) of different species at the different localities.

Species	Localities									
	Galinhos	Guamaré	D. Lopes	Natal	G. Avelino	Canguaretama	A. Branca	Macau		
<i>A. brasiliiana</i>	402	410	542	84	09	160	1.691	84		
<i>B. exustus</i>	-	-	-	05	06	-	-	-		
<i>C. rhizophora</i>	141	127	121	73	200	170	1.276	97		
<i>I. brasiliiana</i>	08	07	-	09	14	13	08	-		
<i>L. Pectinata</i>	44	27	19	12	-	20	19	15		
<i>M. charruana</i>	87	14	78	152	90	73	-	128		
<i>M. guyanensis</i>	-	-	-	1.015	192	42	-	-		
<i>Ostrea</i> sp.	-	-	-	36	06	-	-	-		
<i>P. pectorina</i>	07	08	-	06	08	-	06	-		
<i>T. plebeius</i>	07	-	05	100	329	114	-	-		
<i>T. muricatum</i>	14	12	-	07	12	-	-	-		

y *P. pectorina*, mientras, que en los de *T. plebeius*, tales especies fueron *I. brasiliiana*, *P. pectorina* y *T. muricatum*. Un comportamiento parecido fue observado por Schaeffer-Novelli (1977) para el litoral del Estado de São Paulo.

En el río Potengi fueron encontradas todas las especies registradas, mientras que en el Río dos Cavalos solo había cuatro especies.

La temperatura del agua (Cuadro 4) en todos los ríos presentó una oscilación de 3°C, siendo la máxima de 30°C y la mínima de 27°C. En el estuario del Río Potengi, Medeiros (1983), observó una variación anual en la temperatura del agua alrededor de 4°C.

La salinidad del agua (Cuadro 4) aunque no haya sido registrada en todos los estuarios, varió entre 26 y 42‰. El menor valor anotado fue en Canguaretama y el máximo en Macau. En esta localidad como en todo el Nordeste del Brasil se están en el cuarto año de sequía, no existiendo prácticamente ningún aporte de agua dulce. Además de esto, las salinas de la región están vaciando sus aguas residuales en los ríos, aumentando así, grandemente la salinidad de las aguas (50‰. Como consecuencia se muere todo el manglar y otros muchos organismos, entre los cuales están los moluscos bivalvos (Alberto Alves Pinheiro, comunicación personal).

De los estuarios estudiados, prácticamente todos presentaron áreas que parecen propias para implantar cultivos de bivalvos; siendo necesarios estudios más profundos sobre las condiciones del ambiente que permitan verificar la viabilidad de estos cultivos. En el estuario del Potengi que viene siendo el más estudiado hasta el momento, se ha demostrado un alto índice de productividad primaria (Oliveira, 1985). Mientras tanto su alto índice de coliformes fecales (Nóbrega, 1982) lo hace desaconsejable para la implantación de cultivos de estos organismos.

Cuadro 4. Temperatura y salinidad en diferentes localidades.

A = Parte superior del Río, B = Parte inferior del Río

Table 4. Temperature and Salinity at different localities.

A = upper part of the river, B = lower part of the river.

Localities	A		B	
	S(‰)	T(°C)	S(‰)	T(°C)
Areia Branca	-	29	-	28
Canguaretama	26	30	31	29
Diogo Lopes	33	28.5	35	28
Galinhos	33	28	37	27
Georgino Avelino	-	28	-	28
Guamaré	-	28	-	27
Macau	42	28	40	28
Natal	28	30	30	30

Conclusiones

Las especies de moluscos registradas en los estuarios del Río Grande do Norte fueron: *A. brasiliana*, *B. exustus*, *C. rhizophora*, *I. brasiliana*, *L. pectinata*, *M. charruana*, *M. guyanensis*, *Ostrea* sp., *P. pectorina*, *T. plebeius* y *T. muricatum*.

A. brasiliana y *C. rhizophora* fueron las especies más numerosas. Las especies *C. rhizophora*, *M. charruana*, *T. plebeius* y *A. brasiliana* tienen mayor aceptación para el consumo y son usadas también en la elaboración de las raciones para los camarones cultivados.

En los estuarios estudiados fueron encontradas áreas que parecen propicias para los cultivos de los bivalvos, habiendo necesidad de hacer estudios sobre el efecto los factores ambientales en las mismas.

El estuario del Río Potengi se encuentra en la actualidad contaminado, no siendo indicado para la implantación de cultivos de bivalvos.

Bibliografía

- Hulburt, C.G. & Hulburt, S.W., 1980. European Mussel Culture Technology and its Adaptability to North American Waters. En: Mussel Culture and Harvest: A North American Perspective. Development in aquaculture and Fisheries Science, Vol. 7, Elsevier. pp. 69-98.
- IBGE, 1985. Anuário Estatístico do Brasil. Rio de Janeiro. Vol. 46, p. 1-760.
- Korringa, P., 1976. Farming marine organisms low in the food chain. Elsevier, New York, 264 pp.
- Macintosh, D.J., 1982. Fisheries and aquaculture significance of mangrove swamps, with special reference to the indo-west pacific region. En: J. Muir, and R. Roberts (Editors), Recent Advances in Aquaculture, The British Council, pp. 5-85.
- Mason, J. 1976. Cultivation. En: Marine mussels: their ecology and physiology. Cambridge University Press, London, New York. pp. 385-410.
- Matthews, H.R. & Rios, E.C., 1967a. Primeira contribuição ao inventário dos moluscos marinhos do Nordeste brasileiro. Arg. Est. Biol. Mar. Univ. Fed. Ceará. Fortaleza 7 (1): 67-77.
- Matthews, H.R. & Rios, E.C., 1976. Segunda contribuição ao inventário dos moluscos marinhos do Nordeste brasileiro. Arg. Est. Biol. Mar. Univ. Fed. Ceará. Fortaleza 7 (2): 113-121.
- Matthews, H.R. & Rios, E.C., 1969. Terceira contribuição ao inventário dos moluscos marinhos do nordeste brasileiro. Ar. Ciên. Mar. Univ. Fed. Ceará. Fortaleza 9 (1): 27-35.
- Medeiros, G. de, 1983. Variação Anual e Diurna do Zooplankton do Estuário Potengi, Natal/RN (Com especial referência aos Copepoda Crustacea), Curitiba-PR. Tese de Mestrado. Universidade Federal do Paraná, 116 pp.
- Mello, R.L.S. & Filho, A.L. de L. Moluscos de interesse comercial do litoral sul de Pernambuco, Baía do Pina (Recife) e Barra das Jangadas (Jaboatão) Anais do III Encontro de Zoologia do Nordeste, Recife, pp. 84-89.

- Mello, R.L.S. & Kerik, F., 1978. Disponibilidades de moluscos comestíveis nos mercados públicos do Recife. Separata do Caderno Omega da Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife 2 (2): 109-114.
- Mello, R.L.S. & Marinho, I.C.S. Moluscos comestíveis do litoral sul de Pernambuco. Separata dos anais da Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife 2 (3): 209. 1978.
- Mendes, G.N. & Branco, J.R.L.C., 1981. Levantamento Malacológico nos Mercados da Ilha de São Luís, Maranhão. En: Anais do II Congresso Brasileiro de Engenharia de Pesca. Recife, Julho.
- Nascimento, S.A., 1978. Moluscos bentônicos do Estuário do Rio Sergipe. 1ª Contribuição. In: V Simpósio Latinoamericano sobre Oceanografia Biológica. São Paulo, Novembro, 1978, pp. 43-44.
- Nóbrega, da., 1982. Indicadores de poluição no Estuário do Rio Potengi e em Água de Esgotos em Natal/RN. 121 São Paulo. Tese de Mestrado. Inst. de Biociências de São Paulo, 1082 pp.
- Oliveira, Dilma Bezerra Fernandes de. Produção Primário do Fitoplankton do Estuário do Rio Potengi (Natal/RN). 1985, Recife-PE. Tese de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco, 168 pp.
- Oliveira, J.E.L., 1986. Prospecção Pesqueira do Estuário Potengi/RN Relatório no 2 ao Conselho Nacional de Pesquisas (SNPq) Dactilografado 25 pp.
- Oliveira, M.M. de, 1985. Moluscos do Estuário do Rio Estivas Paraíba, Brasil. In: V Encontro Nordestino de Zoologia. Natal/RN, março, pp. 51.
- Perrier, L. de, 1981. Tivela Mactroides (Born, 1778) Mollusca Bivalvia do Litoral Norte de Pernambuco. In: Anais do III Encontro de Zoologia do Nordeste. Recife, UFRPE, pp. 104-112.
- Rafael, P.R.B., 1982. Multicultura no mundo e no Brasil. In: Anais do I Seminário sobre cultivo de Pescado. Rio de Janeiro, abril, pp. 39-53.
- Rios, E.C., 1975. Brazilian Marine Mollusks Iconography. Rio Grande-RS. Fundação Univers. do Rio Grande, 331 pp.
- Russel-Hunter, W.D., 1973. Productividad Acuatica. Acribia, Zaragoza, España. 273 pp.
- Schaeffer-Novelli, Y., 1977. Inter-relações entre sedimento de bivalves de uma praia areno-lodosa do litoral norte do Estado de São Paulo. In: 29ª Reunião Anual-SBPC, 533 pp.
- Silva, C.S. y Pereira-Barros, J.B., 1984. Inventário da Malacofauna das regiões estuarinas de Meceió/Alagoas. In: XI Congresso Brasileiro de Zoologia. Belém-Pará, fevereiro, pp. 52-53.

ESQUEMA DE CULTIVO DE BIVALVOS EN PANAMA

THE CULTURE OF BIVALVES IN PANAMA

J.R. Villalaz y J.A. Gomez

Centro de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad de Panamá, Panamá.

Resumen

En el Centro de Ciencias del Mar y Limnología de la Universidad de Panamá se esta desarrollando un programa de maricultura de bivalvos. Las especies estudiadas son la conchuela *Argopecten circularis* y la almeja *Protothaca asperimma*. Estos animales son cultivados artificialmente utilizando para su alimentación diatomeas como: *Skeletonema costatum*, *Thalassiosira pseudonana* (3H), *Chaetoceros gracile*, *Chaetoceros calcitrans* y el flagelado tropical *Isochrysis aff. galbana*.

Los resultados indican que las condiciones ambientales del laboratorio aseguran la estabilidad de las cepas de algas microscópicas. La experiencia señala que la conchuela desova al final de la temporada seca (abril) y la almeja lo hace constantemente durante todo el año.

Summary

The Centro de Ciencias del Mar y Limnologia at the University of Panama is developing the culture of the scallop *Argopecten circularis* and the clam *Protothaca asperimma*. At the laboratory these animals are fed with microscopic algae such as: *Skeletonema costatum*, *Thalassiosira pseudonana* (3H), *Chaetoceros gracile*, *Chaetoceros calcitrans* and *Isochrysis aff. galbana*. These algae could be reared well in laboratory cultures, using filtered water from the Bay of Panamá, a temperature between 25-27 °C and a constant light intensity of $\pm 137 \mu\text{E}/\text{m}^2/\text{s}$. To ensure the nutritional requirements of the bivalves, a combined culture of *Ch. gracile* and *I. aff. galbana* proved to be the best.

A study of the reproductive cycle of the bivalves reveals that the scallop is releasing eggs and sperm at the end of the dry season (april), while the clam releases gametes throughout the year.

Introducción

El crecimiento exponencial de la población mundial obliga a la búsqueda de suficientes fuentes de alimento, esto ha sido enfocado en el Centro de Ciencias del Mar y Limnología (CCML) desarrollando la maricultura de organismos marinos a través de sistemas de recirculación de agua salada, y utilizando especies marinas que representen una fuente de alimento para el hombre o sus animales. Hay dos tipos de maricultura: intensiva y extensiva. La primera consiste en el cultivo de



Figura 1. Aspecto de *Argopecten circularis* (Conchuela)
Figure 1. The scallop *Argopecten circularis*

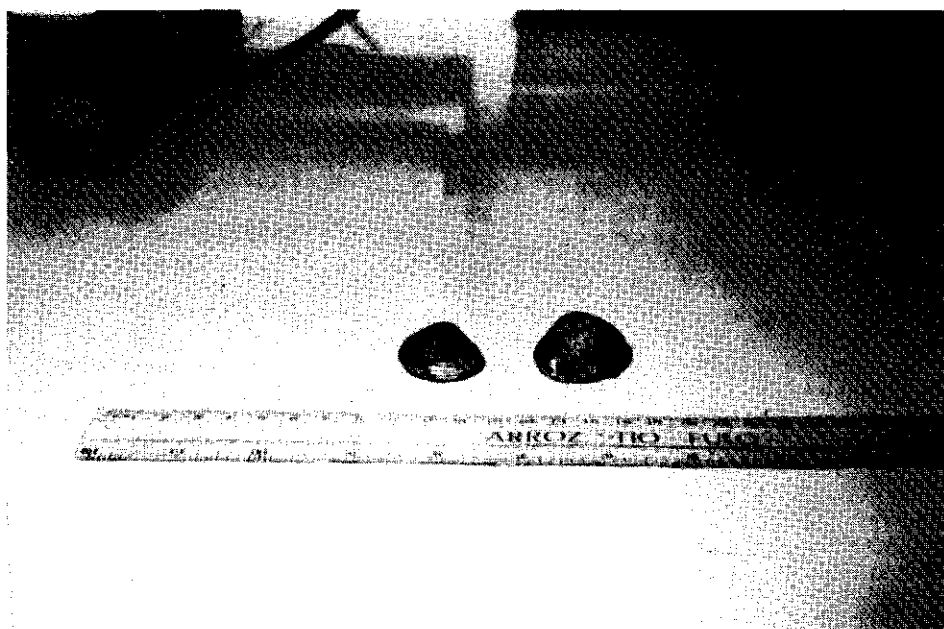


Figura 2. Aspecto de *Protothaca asperimma* (almeja).
Figure 2. The clam *Protothaca asperimma*

organismos marinos controlando los parámetros físico-químicos y practicando la mejora genética de las especies, obteniéndose baja mortalidad pero a un costo bastante alto. Por el contrario, la maricultura extensiva no ejerce control sobre los factores ambientales obteniéndose una alta mortalidad, pero su costo es menor.

La maricultura se fundamenta en elementos que son primordiales para su desarrollo, estos son a) los organismos cultivados, b) el medio acuático, c) los parámetros físico-químicos (luz, salinidad, temperatura, etc.) y sus variaciones y d) interacciones biológicas (competidores, parásitos y predadores).

El CCML ha diseñado un modelo de cultivo de bivalvos con el fin de cultivar intensivamente los primeros estadios de los pelecipodos, y extensivamente la etapa juvenil hasta obtener los adultos. El cultivo intensivo se realiza en el laboratorio marino de la Isla de Naos y el extensivo en la Bahía de Panamá.

La primera etapa consiste en aislar y mantener constante la producción de algas microscópicas, que son la mejor y única fuente de alimento conocida para bivalvos en laboratorio, como se ha demostrado en múltiples investigaciones: Chanley & Waldock (1981), Epifanio et al., (1975), Epifanio (1976, 1979), Guillard (1975), Langdon (1981), Pruder (1982), Ukeless (1976). Las algas seleccionadas y donadas por la Universidad de Delaware para esta experiencia son: *Skeletonema costatum*, *Thalassiosira pseudonana* (3H), *Chaetoceros gracile*, *Chaetoceros calcitrans* y el flagelado tropical *Isochrysis aff. galbana*.

La segunda etapa consiste en estudiar la biología básica y seleccionar las especies de bivalvos aptas para ser cultivadas en laboratorio. A continuación se mencionan los antecedentes de dos bivalvos que fueron escogidos por su importancia económica y la documentación que les precede.

La conchuela *Argopecten circularis* (Fig. 1) en la década pasada mantuvo al mercado nacional con índices anuales de descarga de 200000 Tm, pero una serie de perturbaciones disminuyeron drásticamente esta producción. Nuevamente en 1985, se produce un aumento de la población de conchuela que introduce fuertes divisas en el tesoro nacional, pero a mediados de 1986 desaparece otra vez.

La almeja *Protothaca asperimma* (Fig. 2) ha sido un recurso alimenticio desde el siglo pasado, pero la contaminación y la fuerte extracción ha provocado una seria reducción de este recurso y pone en peligro no sólo la industria de este organismo sino su propia existencia.

A través de este estudio se desea analizar y aclimatar un cultivo de algas microscópicas que sirvan de alimento a los bivalvos. Además, se estudia la biología de algunos bivalvos de importancia comercial como punto de partida para establecer un sistema de cultivo intensivo, controlado y sencillo.

Material y métodos

El laboratorio marino de la Universidad de Panamá, está localizado en la Isla de Naos. En este lugar se desarrolla el proyecto de producción de algas microscópicas y bivalvos de

interés comercial para la República de Panamá.

Las facilidades incluyen un laboratorio con aire acondicionado (Bunker), un muelle y una terraza, estas dos ultimas secciones son utilizadas parcialmente a través de un acuerdo con el Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales.

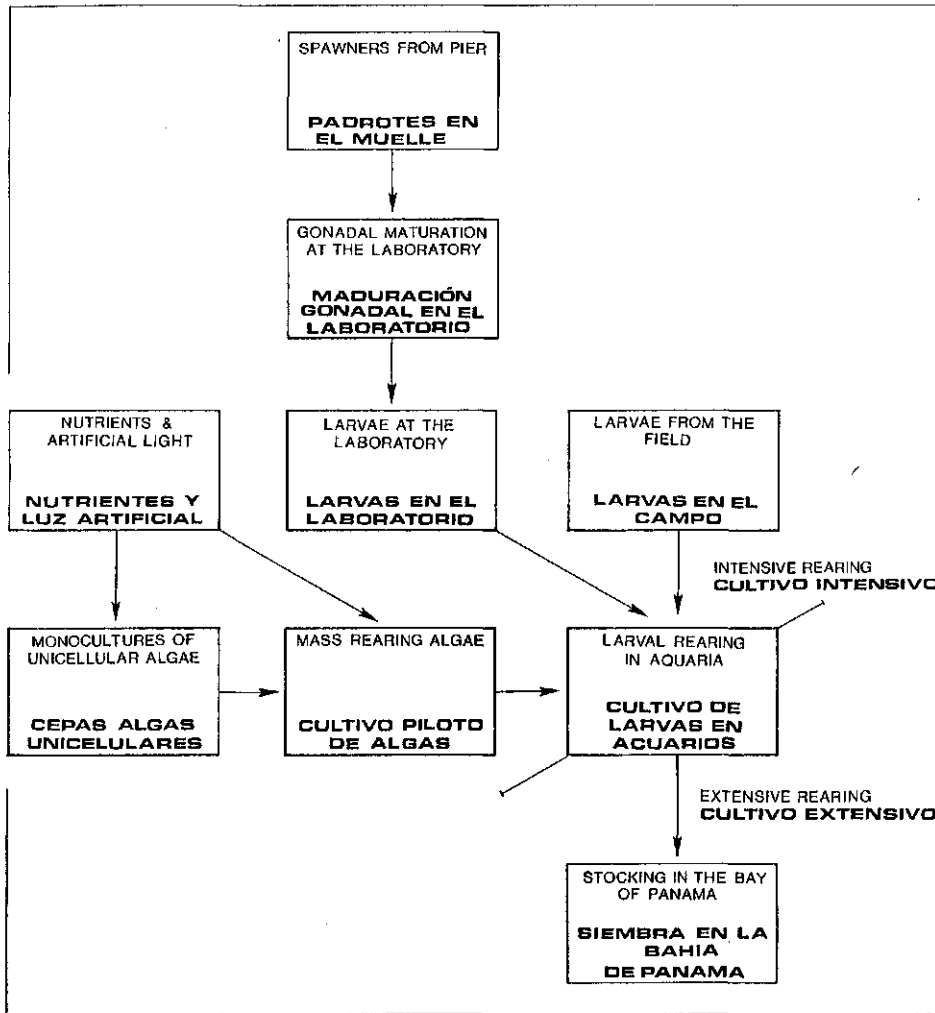


Figura 3. Esquema de las operaciones realizadas en el CCML.
Figure 3. Outline of the bivalve culture procedure at CCML,
Panama.

El Bunker esta acondicionado con un sistema continuo de agua salada, donde se mantienen los bivalvos adultos para su maduración en recipientes de fibra de vidrio con una capacidad de 150 litros. También se mantienen y producen aquí las algas microscópicas. En el muelle y en la terraza se mantienen adultos de bivalvos para los ensayos de fertilización y estudios histológicos.

Modelo de cultivo de algas y bivalvos

El sistema artificial debe incluir dos subsistemas que se interaccionan: a) algas y b) bivalvos. Estos han sido conectados a través de un sistema de flujo continuo de agua salada que optimiza la producción y asegura la eficiencia. En la Fig. 3 se detallan las secciones que conforman los dos subsistemas de algas y bivalvos.

Algas

Las algas microscópicas son la única fuente de alimento conocida para bivalvos filtradores, sin embargo deben ajustarse a una serie de requisitos para ser aprovechables: a) ser nutritivas, b) deben tener un tamaño entre 5 a 25 micras, y c) fáciles de cultivar. De esta manera, se solicitaron las siguientes a la Universidad de Delaware, *Skeletonema costatum*, *Thalassiosira pseudonana* (3H), *Chaetoceros gracile*, *Chaetoceros calcitrans* e *Isochrysis aff. galbana*.

Para asegurar la producción local se desarrolló el siguiente procedimiento:

1. El agua de la Bahía de Panamá se filtro por una malla de 25 micras y se añejo.
2. El agua añejada se enriquece con el medio de Guillard.
3. El agua enriquecida es distribuida en tubos de ensayo de 20 ml y erlenmeyers de 400 ml sellados con tapones de esponja.
4. Los tubos de ensayo y los erlenmeyer, fueron calentados y se pasteurizan con su medio de cultivo, durante 2 minutos.

Los tubos de las muestras de algas provenientes de Delaware fueron transferidos a tubos de ensayo y erlenmeyers que contenían el medio preparado con agua de mar de la Bahía de Panamá. Los cultivos fueron mantenidos en dos situaciones diferentes.

1. En el interior del Bunker (26-28 °C) sometidos permanentemente a una luz blanca fluorescente que fluctuaba entre 137 y 138 $\mu\text{E}/\text{m}^2/\text{s}$.
2. En la terraza del S.T.R.I. (25-32 °C) con una intensidad luminica de 145-149 $\mu\text{E}/\text{m}^2/\text{s}$.

La efectividad de cada ambiente para fortalecer el crecimiento de algas fue medido a través de la concentración de células, el pH y el oxígeno disuelto, tanto en los erlenmeyers de 400 ml como en envases de 20 litros, todos ellos mantenidos durante períodos máximos de 96 horas.

Bivalvos

Los adultos de los bivalvos son mantenidos en canastas de linterna en el muelle y en tinas de fibra de vidrio en la terraza. Las dos especies seleccionadas par el estudio son:

la almeja *Protothaca asperimma* y la conchuela *Argopecten circularis*. Se realizan intentos para inducir el desove a cada especie de bivalvos a través de suspensiones de gametos y/o inyecciones de serotonina (S-Hidroxitriptamina, complejo de Sulfato de Creatinina).

Además las dos especies han sido sometidas a un estudio histológico quincenal para determinar la época en que alcanzan su madurez y desovan, los datos preliminares abarcan desde el 20 de abril de 1985 hasta el 23 de junio de 1986.

Resultados y discusión

Algas

Todos las algas con excepción de *Skeletonema costatum*, crecen en ambas situaciones. El fallo de esta alga se debe a las temperaturas ambientales (25-32 °C), que parecen exceder los límites de tolerancia señalados por Guillard (1975). *Thalassiosira pseudonana* (3H) presentó los valores más bajos de densidad de células, aunque sobrepasan a los obtenidos por Pruder (1977). La diatomea *Chaetoceros gracile* presentó tasas de crecimiento bastante similares en ambos tipos de ambiente, mientras que *Chaetoceros calcitrans* también pudo crecer bien en ambas ambientes. Es importante indicar sin embargo que sus mejores valores se presentan en el Bunker con luz continua, lo cual coincide con Guillard (1975). *Isochrysis aff. galbana* (T-ISO) crece menos en luz natural a lo que se suma la elevada temperatura de las zonas tropicales.

El crecimiento del nanoplancton local fue posible gracias al enriquecimiento con la mezcla de nutrientes de Guillard, del agua filtrada o tomada directamente de la Bahía de Panamá y a la exposición de los recipientes de cultivo a la luz. Los valores más altos obtenidos fueron $1.5 \cdot 10^5$ cel/ml y consistía primordialmente de diatomeas como *Chaetoceros*, *Navicula* sp. y *Pinnularia* sp., y en menor grado *Chlorococum* sp. Estas especies dominan los primeros días, posteriormente aparecen densas cadenas de algas filamentosas. Estos datos permiten tener una fuente alternativa de alimento para los bivalvos.

La experiencia nos indica que para poder producir algas en suficientes cantidades con un alto grado de eficiencia fotosintética en la Bahía de Panamá, se necesitan los siguientes requisitos: a) Nutrientes. b) Temperatura controlada (25-27°C). c) Recipientes transparentes. d) Intensidad de luz controlada ($137 \mu\text{E}/\text{m}^2/\text{s}$). La combinación de dos algas es la receta adecuada para suplir los requerimientos básicos de la dieta de los bivalvos. En la situación de la República de Panamá, la diatomea *Chaetoceros gracile* y el flagelado *Isochrysis aff. galbana*, son las dos especies que mantienen crecimientos óptimos.

Bivalvos

Ensayos en el laboratorio

El inyectar serotonina en el músculo aductor resulta efectivo en la conchuela *Argopecten circularis*. El tiempo de acción de la droga es de 15 minutos solamente, los gametos liberados son espermatozoides activos y no se obtienen la

liberación de ovulos. La almeja no responde ni a la suspensión de espermatozoides, ni a la serotonina (Cuadro 1).

Cuadro 1. Resultados de las experiencias de reproducción inducida en los bivalvos *P. asperimma* y *A. circularis*.

Table 1. The results of the experiments on induced reproduction of the bivalve species *P. asperimma* and *A. circularis*.

Species	Temperature	Stimulus	Respons (+ or -)	Gametes
<i>Protothaca asperimma</i>	30°C	Sperma suspension	-	-
		Serotonine	-	-
<i>Argopecten circularis</i>	30°C	Sperma suspension	-	-
		Serotonine	+	♂

Desarrollo Gonadal

El análisis histológico de *Argopecten circularis* indica que las gonadas masculinas están maduras o desovando en un 75% de los animales durante los 9 meses estudiados, y llegan a desovar al comienzo y al final de la estación seca (enero y abril), (Fig. 4). Las gonadas femeninas estuvieron maduras y desovaron en julio de 1985 y en mayo de 1986. Al final de la estación seca las gonadas masculinas y femeninas liberaron gametos al unísono (Fig. 4).

El efecto del afloramiento en el este del Océano Pacífico (donde la temperatura del agua puede variar 5-6 °C en un período de 24 horas) sobre los patrones de reproducción y liberación de gametos es desconocido. En el Centro de Ciencias del Mar y Limnología de la Universidad de Panamá, se continúan los estudios de la actividad reproductora de *Argopecten circularis* durante y fuera del afloramiento.

El estudio de *Protothaca asperimma* indica que las gonadas tanto masculinas como femeninas permanecen maduras durante los 9 meses (Fig. 4). Los machos muestran 4 períodos de desove: junio 1985, octubre 1985, febrero 1985 y mayo 1986. Las hembras desovan en mayo 1985, noviembre 1985 y junio 1986.

Las gonadas son activas a través de todo el año y su comportamiento permite indicar que se liberan gametos en forma intermitente (CIID, 1981). Un bivalvo con este ciclo reproductor presenta una condición moderada de las gonadas y llega a liberar los gametos con frecuencia durante la temporada de reproducción.

La temporada de reproducción parece ser determinada aparentemente por el cambio de temperatura, es decir al comienzo y al final de la temporada de afloramiento. Esto en el Océano Pacífico fue observado por Wilson & Hodgkin (1967) con

Gonadal development **Estado gonadal**

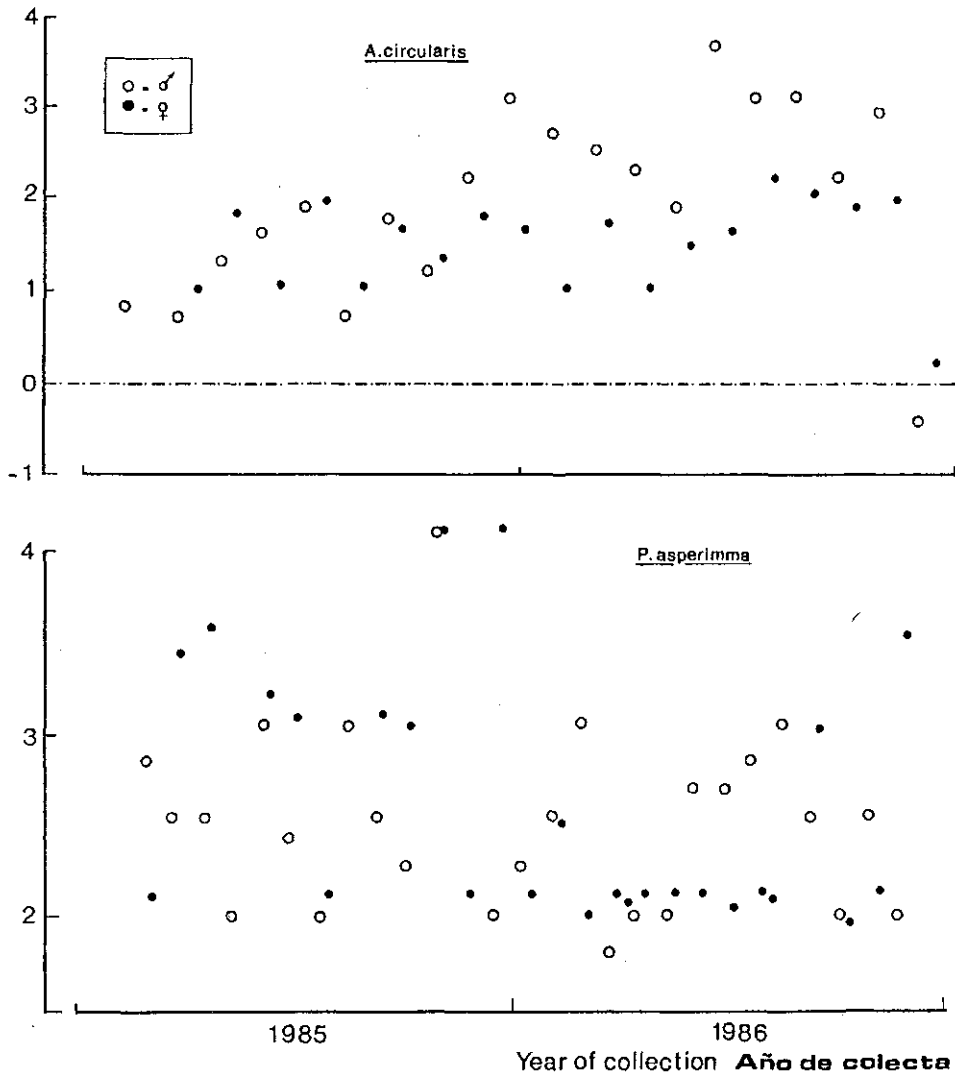


Figura 4. La fluctuación del estado de desarrollo gonadal de *A. circularis* y *P. asperimma* durante dos años de recogida. 1 = gametos inmaduros, 2 = gametos maduros, 3 = liberación de esperma u óvulos, 4 = reabsorción.

Figure 4. The gonadal development of *A. circularis* and *P. asperimma* during two years of study. 1 = unripe gametes, 2 = ripe gametes, 3 = release of eggs and spermatozoids, 4 = reabsorption.

algunos mejillones, y este factor es determinante también en el desarrollo de hembras y machos de algunos moluscos (Coe, 1938).

Conclusiones

En los trópicos, la temporada de lluvias acompañada de la nubosidad y de los cambios de temperatura, no ofrece un medio adecuado para el cultivo de *Chaetoceros gracile* en condiciones ambientales. El control ejercido sobre los parámetros físico-químicos (luz, temperatura y nutrientes) permite el éxito de un sistema de cultivo de algas microscópicas.

Las gonadas de *Argopecten circularis* desovan al unísono al final de la estación seca (abril). Los individuos de *Protothaca asperimma* parecen desovar en forma intermitente durante todo el año.

La calidad de agua juega un papel importante en el mantenimiento y desarrollo de las larvas de bivalvos.

Bibliografía

- Chanley, M., 1981. En: Laboratory Animal Management of Marine Invertebrates, National Academy Press. Washington, D.D.
- Centro Internacional de Investigaciones para Desarrollo, CIID, 1981. En: Ostrás tropicales: Cultivo y métodos. International Development Research Center. Ottawa, Canada, 84 pp.
- Coe, W., 1938. Conditions influencing change of sex in molluscs of the genus *Crepidula* Journal of Experimental Zoology, 77 (3): 401-424.
- Epifanio, Ch., C. Mootz Logan & Turk, Ch., 1975. Culture of six species of bivalves in a recirculating seawater system. En: G. Persoone & E. Jaspers (editors), 10th European Symposium on Marine Biology, Ostend, Belgium, Vol 1: 97-108. Universita Press, Wetteren, Belgium.
- Epifanio, C.E., 1976. Culture of Bivalve Mollusks in Recirculating Systems: Nutritional Requirements. En: Proceedings of the first International Conference on Aquaculture Nutrition, College of Marine Studies, University of Delaware. Newark, Delaware, 21 pp.
- Epifanio, C.E., 1979. Comparison of Yeast and Alga Diets for Bivalve Mollusks. Aquaculture, 16: 187-192.
- Guillard, R.P.L., 1975. Culture of Phytoplankton for Feeding Marine Invertebrate Animals. W.L. Smith and M. Charley, (editors), Plenum Press, New York, pp. 29-60.
- Langdon, C.J., & Waldock, M.J., 1981. The effect on algal and artificial diets on the growth and fatty acid composition of *Crasostrea gigas* spat. J. Mar. Biol. Assoc. U.K., 61: 431-448.
- Pruder, G., 1977. The effect of pH, Carbon Dioxide, Oxygen and Light on the growth of *Thalassiosira pseudonana* (Hustedt). Ph. D. Dissertation, University of Delaware, U.S.A., 102 pp.
- Ukeless, R., 1975. Views of bivalve larvae nutrition. En: Proceedings of the First International Conference on Aquaculture Nutrition. College of Marine Studies, University of Delaware. Newark, Delaware, pp. 127-162.

Wilson, B.R. & Hodgkin, E.P., 1967. A comparative account of the reproductive cycles of five species of Marine Mussels. (Bivalvia: Mytilidae) in the vicinity of Fremantle, Western Australia. Aust. J. Mar. Freshwater Res., 18: 175-203.

CRECIMIENTO EN CULTIVO PILOTO DE ESCALOPA CATARINA (*ARGOPECTEN CIRCULARIS*) EN LA BAHÍA DE BACOCHIBAMPO, MEXICO.

THE GROWTH OF THE SCALLOP Argopecten circularis IN PILOT CULTURES IN THE BAY OF BACOCHIBAMPO, MEXICO

C.F. Reyes

Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, Apartado Postal 484, Guaymas, Sonora, 854000, Mexico

Resumen

Se estudió el crecimiento de 40 individuos de escalopa catarina (*Argopecten circularis*) durante 25 semanas consecutivas (Diciembre, 1985-Mayo, 1986) en la Bahía de Bacochibampo, Guaymas, Sonora, México. Las escalopas se colocaron en dos canastas ostrícolas (tipo Nestier) suspendidas en superficie. El crecimiento durante las 25 semanas de estudio mostró una longitud promedio final de 5.0 cm (inicial 1.05 cm) y un peso total final promedio de 34 g (inicial 0.27 g). En un período de 21 semanas se obtuvo una producción de 198 g/m² a una densidad de 66 individuos/m². No hubo mortalidad durante el experimento. Las curvas de crecimiento muestran que es factible engordar a estos organismos a tamaño comercial (3.0 g de músculo aductor) en un tiempo de 21 semanas y sugieren además que no es recomendable cosechar después de la semana 23 ya que el crecimiento es mínimo después de este tiempo.

Summary

The growth of the scallop (*Argopecten circularis*), reared in Nestier baskets which were suspended near the surface of the Bacochibampo Bay, Sonora, Mexico, was studied. The scallops, having a mean shell length and weight of 1.05 cm and 0.27 g respectively, were stocked at a density of 66 individuals/m. After 25 weeks they reached a mean length and weight of 5.0 cm and 34 g respectively. No mortality occurred during this study. According to von Bertalanffy growth curves, it should be feasible to grow the scallop to commercial size (3.0 g of adductor muscle) within 21 weeks. In this period the production reached 198 g/m².

Introducción

El cultivo de escalopa (Pectinidae) es uno de los mejores ejemplos de maricultura en el mundo (Kafuku & Ikenoue, 1981). Las escalopas son buenos candidatos para la maricultura porque tienen una alta demanda y un alto valor en el mercado. Además tienen un crecimiento rápido, no necesitan de alimento suplementario, y pueden cultivarse en aguas profundas evitando así la interferencia con otras actividades (Mottet, 1978).

El cultivo de escalopa en Japón ha tenido éxito debido principalmente al descubrimiento de un método de recogida de semilla del medio natural el cual provee suficiente semilla para las operaciones comerciales (Kafuku & Ikenoue, 1981). Aunque las capturas de escalopa se han incrementado en años recientes, algunas pesquerías han experimentado colapsos desastrosos debido a una presión pesquera excesiva. Muchos países que pescan escalopos, tales como Francia, Canadá, España, Estados Unidos, El Reino Unido y Australia, han experimentado para adaptar los métodos de cultivo de escalopa desarrollados por los Japoneses (Wood, 1978).

En la costa del Pacífico Mexicano, la pesquería artesanal de escalopa ha sobreexplotado la mayoría de los bancos naturales amenazando algunas especies con la extinción (Baquerio et al., 1982). En México, el cultivo de escalopa está apenas comenzando (Siewers, 1983, Baquerio, 1984), y existe mucho interés en cultivar escalopos tanto para consumo local como para la explotación.

Durante julio de 1983 a julio de 1984 se realizó una investigación sobre la recogida de semilla de escalopa en la Bahía de Bacochibampo, situada en costa del Estado de Sonora. Antes de este estudio no se sabía si era posible utilizar el método Japonés de recogida de semilla natural. Se utilizó la escalopa catarina (*A. circularis*) para realizar esta inversión, debido a que su semilla predomina en esta área.

La escalopa catarina se encuentra desde la Isla de Cedros, Baja California, en el Pacífico Mexicano dentro del Golfo de California, hasta Perú, en un rango de profundidad que varía desde 1 m hasta 135 m (Keen, 1971). Se encuentra comúnmente en aguas someras de lagunas o bahías con fondos lodosos o arenosos, asociada con macroalgas o pastos marinos, a los cuales se adhieren cuando son juveniles desprendiéndose luego para alcanzar el estado adulto (Baqueiro et al., 1982.). La concha presenta varios colores, desde un moteado rojizo con fondo amarillo o blanco, hasta un anaranjado sólido (Keen, 1971). Las dos valvas son convexas y tienen aproximadamente 21 costillas. La escalopa catarina es hermafrodita, presenta desove masivo, rápido crecimiento y parece ser capaz de reproducirse varias veces durante su corto ciclo de vida. Se piensa que la longevidad de esta especie es de aproximadamente dos años, basándose en los estudios realizados con su afin del Atlántico la escalopa calico, *Argopecten gibbus* (Allen & Costello, 1972).

Material y métodos

El presente estudio fue realizado en la Bahía de Bacochibampo, en la costa del Estado de Sonora y cerca de la ciudad de Guaymas (Fig. 1). El rango anual de la temperatura superficial del agua del mar es de 16°C a 32°C. Existe un sistema de afloramiento de agua fría que mantiene la temperatura del mar entre 16 y 18°C durante el invierno y al comienzo de la primavera (Thomson et al., 1979). Hay muy poca variación de salinidad, la amplitud de la marea en Guaymas es aproximadamente de 1.5 m (Filloux, 1973) y las corrientes generadas por el viento son más importantes que las generadas por las mareas. La profundidad promedio de la bahía es aproximadamente

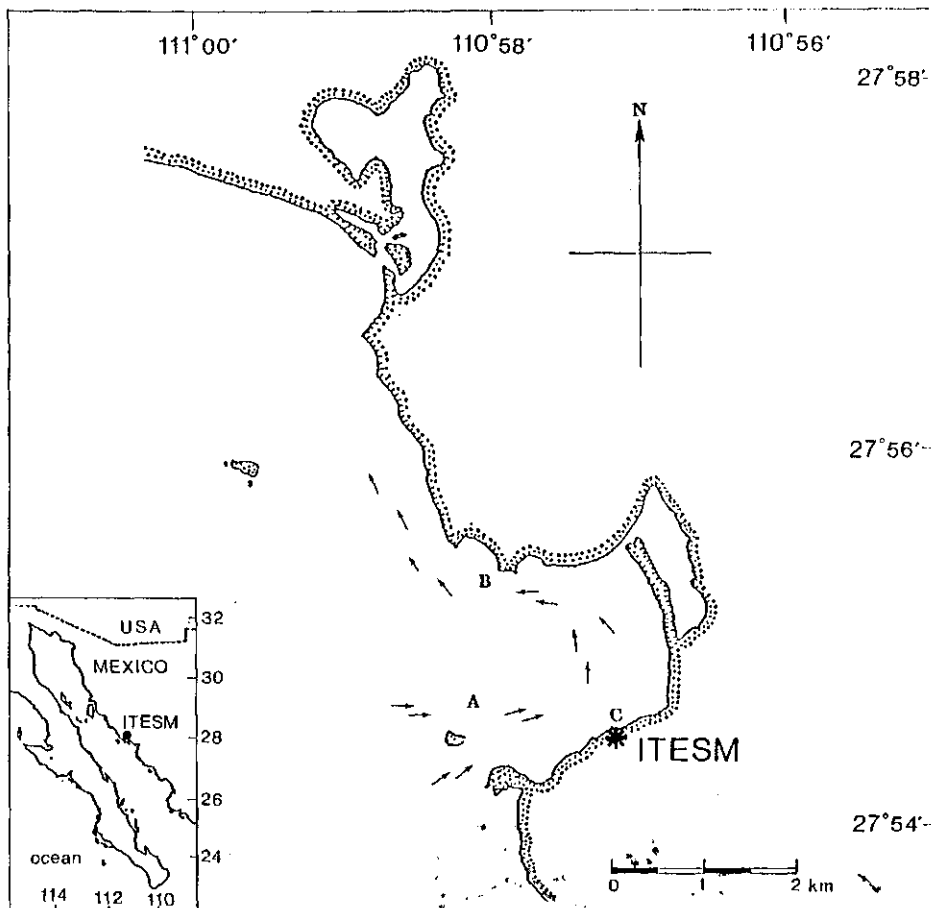


Figura 1. Localización general del área de estudio en el golfo de California. Las flechas indican el sentido de circulación de las aguas superficiales. A-B = estaciones colectoras de semilla en la Bahía de Bacoachampo. C = área de crecimiento.

Figure 1. Location of the study area in the Gulf of California. Arrows indicate the waterflow at surface. A-B = collecting places for spat; C = grow out area.

de 10 m. Sin embargo, hay un cambio abrupto de pendiente desde la bahía hacia el mar abierto.

La semilla de escalopa utilizada en este estudio se obtuvo del medio natural. Las estaciones colectoras se encuentran localizadas en las áreas de mayor producción de semilla, lo cual fué determinado en un estudio que comenzó en julio de 1983 y que aún continúa. Las estaciones colectoras de semilla (Fig. 2) son básicamente un palangre o "long line" de 100 m

de longitud del cual penden de 4 a 8 líneas colectoras, a las cuales se sujetan bolsas cebolleras empacadas con red agallera de monofilamento de nylon a intervalos de 50 cm, que actúan como sustrato colector.

Los colectores se cambian mensualmente y son revisados en el muelle del Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM), Campus Guaymas. La semilla (organismo mayores de 10 mm de longitud de concha) se coloca directamente en módulos comerciales de crecimiento, y las fijaciones (organismos menores de 10 mm en longitud) se colocan en áreas de cría.

Se seleccionó una muestra de 40 escalopas del área de cría y fué colocada en dos canastas ostrícolas. Estos organismos se limpiaron utilizando cepillos de alambre y espátulas para remover algas y cirripedios, se midieron utilizando un vernier con una apreciación del 0.01 cm y con una balanza de 0.1 g de sensibilidad.

Los datos generados fueron analizados utilizando el procedimiento de Walford & Von Bertalanffy y por transformación logarítmica para obtener la relación longitud-peso por medio de regresión lineal (mínimos cuadrados).

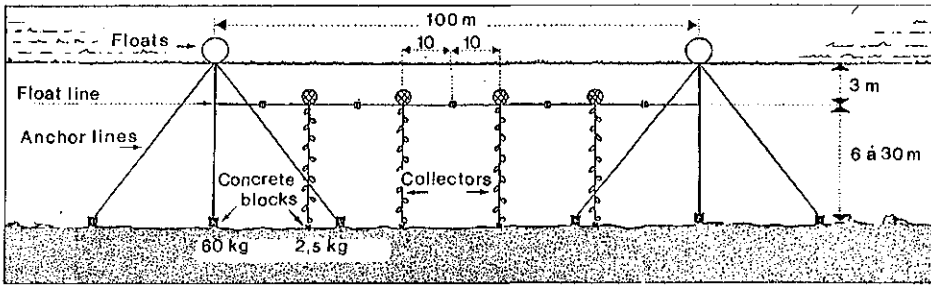


Figura 2. Detalles de una estación colectora.
 Figure 2. Outline of a spat collecting station.

Resultados

Se estudió el crecimiento de un grupo de 40 individuos de escalopa catarina durante 25 semanas. El período de estudio comprendió desde mediados de diciembre a finales de mayo de 1986. La temperatura superficial del agua de mar aumentó gradualmente de 16°C en diciembre a 26°C en mayo. Estos organismos mostraron un rápido crecimiento durante las 13 primeras semanas del estudio (Fig. 3), pero después se observó una disminución en la tasa de crecimiento. No se registró mortalidad en el experimento. Con las medias de la longitud de la concha y el tiempo en semanas se elaboró la curva de Von Bertalanffy, obteniéndose una expresión matemática que describe el crecimiento de esta especie durante este período.

La longitud de máximo crecimiento que se determinó con esta curva fue de 6.7 cm. Se observó un aumento progresivo en la

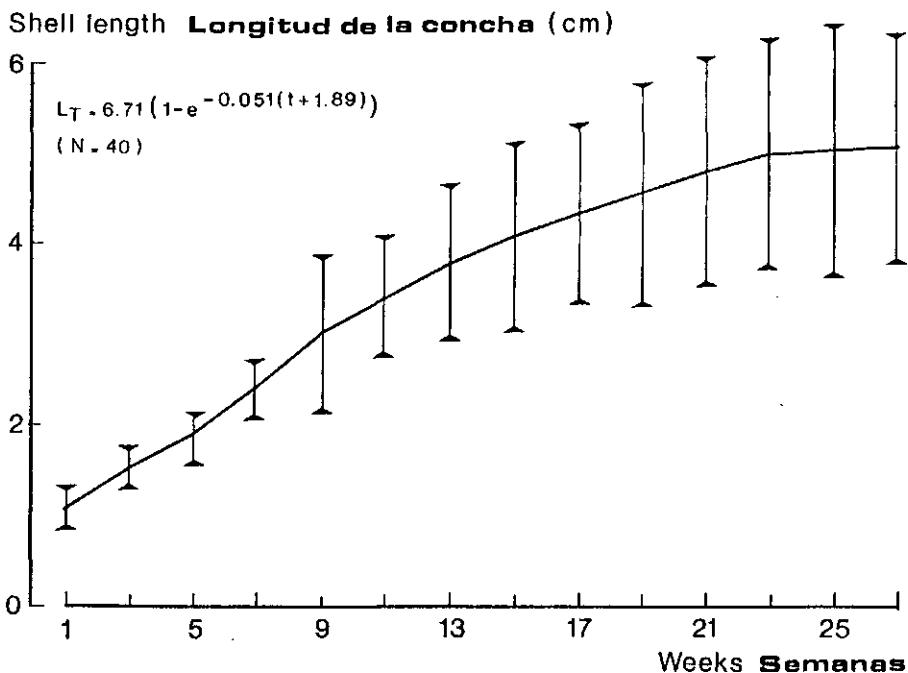


Figura 3. El crecimiento de *Argopecten circularis* expresada como longitud promedio de la concha durante 25 semanas.
Figure 3. The growth of *A. circularis* as measured by the average shell length (culture period: 25 weeks).

amplitud de variación de tamaño a medida que los individuos crecían.

Las escalopas alcanzaron un peso total promedio de 24 g (± 5.91). Se puede observar que durante las primeras nueve semanas en el área de crecimiento, el incremento en peso tiene una tendencia exponencial (Fig. 4). A partir de la novena semana se observó un crecimiento en peso casi lineal. Sin embargo de la semana 21 a 25 se comenzó a notar una disminución en el incremento de peso. Conforme los organismos fueron ganando peso el rango de variación fue aumentando, teniendo al final del experimento una diferencia alrededor de la media de 12 g.

La relación longitud promedio-peso (Fig. 5) corresponde a una expresión exponencial de crecimiento alométrico típico, donde se observa que la tasa de aumento en peso, disminuye cuando los organismos alcanzan una longitud de aproximadamente 4.5 cm. Cambiando la ecuación de Von Bertalanffy y la relación exponencial de longitud-peso, se elaboró una ecuación que describe el crecimiento en función del peso y el tiempo en semanas. La expresión resultante es:

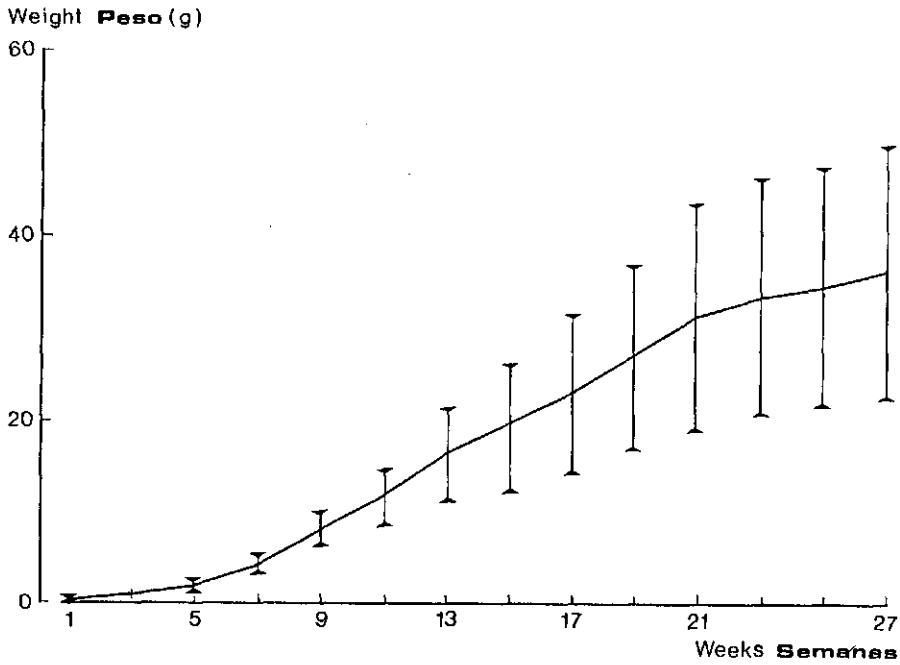


Figura 4. Crecimiento en peso de *A. circularis* en la bahía de Bacochoibampo.
 Figure 4. The growth in weight of *A. circularis* in the Bay of Bacochoibampo.

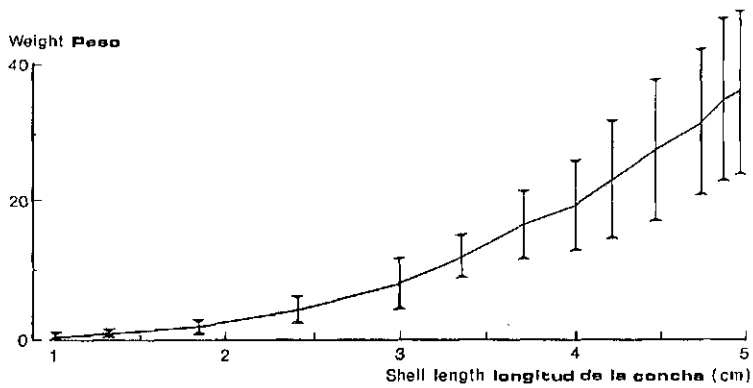


Figura 5. Relación longitud de la concha y peso total para *A. circularis* cultivado en la bahía de Bacochoibampo.
 Figure 5. Length-weight relationship for *A. circularis* as determined in the Bay of Bacochoibampo.

$$W_t = 91.3691 (1 - e^{-0.0505(t+1.8924)}) 3.0632$$

En los estudios no se registró mortalidad. Los experimentos de densidad realizados de enero a mayo-1986, tuvieron un porcentaje de supervivencia entre 95% y 99%. No se observó ninguna enfermedad ni tampoco presencia de organismos taladradores. La concha de la escalopa catarina es buen sustrato para una gran variedad de organismos de los cuales los más abundantes son cirrepedios, esponjas y algas.

Discusión

El crecimiento experimental de la escalopa catarina en un sistema de cultivo suspendido dentro de canastas ostrícolas tipo Nestier alcanzó una talla de 5.0 cm en longitud en aproximadamente 6 meses. La longitud máxima determinada por la ecuación de Von Bertalanffy para este grupo de escalopa fue de 6.7 cm. Sin embargo, se sabe que *A. circularis* es una especie que alcanza un tamaño máximo de 7 a 8 cm (Baqueiro et al., 1981). Por consiguiente el crecimiento observado durante este período de estudio se puede considerar como rápido. Se encontró un amplio rango de variación entre los diferentes individuos, lo cual puede ser causado por factores tanto exógenos como endógenos. El Dr. Albert Lucas (Universidad de Brest, Francia, comunicación personal) considera que las canastas ostrícolas utilizadas en el estudio contribuyen en gran parte a la variación de tamaño observada, y ha sugerido que el cultivo debe realizarse en el fondo y no en suspensión. Sería apropiado repetir el experimento de cultivo en suspensión y además sembrar semilla en el fondo, en el mismo sitio, para comparar crecimiento y supervivencia. Actualmente se esta considerando repetir la experiencia con el fin de estudiar la posible influencia sobre crecimiento de la escalopa, de la posición del organismo dentro de la canasta. Es posible que individuos que se encuentran en ciertas áreas de la canasta se encuentren bajo condiciones más favorables que les permite un desarrollo más rápido.

El crecimiento de la escalopa catarina en función del peso es exponencial durante los primeros meses de cultivo, llegando casi a doblar su peso en períodos cortos de 2 semanas. Este incremento en peso es típico en casi todos los organismos vivos. En las 25 semanas de duración de este estudio, se observó que los organismos alcanzaron un peso total promedio de 34 g. Se nota una disminución en el incremento del peso cuando el organismo eleva 21 semanas en el cultivo que corresponde a una talla de longitud promedio de 4.5 cm aproximadamente. Baqueiro et al., (1981) expone que se necesitan 330 escalopas catarina con concha para obtener 1 kg de músculo aductor (carne). En este experimento se determinó que la proporción entre el peso de la carne y el peso total tiene un rango entre 10 a un 16%.

La curva de crecimiento expresada por el peso total mostró que la escalopa catarina bajo condiciones de cultivo experimental, alcanzó un peso total de 30 g. Sin embargo, el rango de variación de las escalopas se incrementó conforme los organismos ganaron peso. Esta curva de crecimiento sugiere que

es factible obtener carnes de 3.0 g en promedio en aproximadamente 21 semanas, teniendo una relación carne/peso total de 10%. La producción promedio de una población sobreexplotada de escalopa catarina durante 1977-1978 (Baqueiro, et al., 1981), tuvo un máximo mensual promedio de 172 g/m². La densidad de cultivo utilizada en este estudio fue de 66 org/m² y se puede obtener una producción en 21 semanas de 198 g/m². Se realizaron pruebas de crecimiento a diferentes densidades y se observó que el crecimiento de la escalopa catarina a una densidad de 300 org/m² es casi igual al de 66 org/m², de forma que, la producción podría aumentarse hasta casi 900 g de carne en un período de 6 meses.

Durante el verano de 1985, se registró una mortalidad masiva de escalopa catarina en las mismas condiciones de cultivo. La causa de esta mortalidad es desconocida, aunque existen varias hipótesis que la explicarían. Puede haber sido causada por la combinación de varios factores, entre ellos las altas temperaturas superficiales del agua del mar. Tomando en consideración la hipótesis previa sugerimos que se establezca una estrategia de cultivo en la que se siembre en noviembre y se coseche en mayo.

La disminución del crecimiento después de la semana 25 puede deberse a varios factores. Entre los más importantes cabe mencionar el cambio gradual de la temperatura superficial del agua de mar durante este período, la cual incrementó aproximadamente 10°C. Es obvio que la temperatura no solo tiene una influencia directa sobre el metabolismo de los organismos vivos pero es también un marcador de cambios estacionales. Por consiguiente, un cambio en la temperatura puede disparar el desove en estos organismos, cambiar la disponibilidad del alimento, incrementar la biodeposición en las canastas ostrícolas, aumentar la competencia por alimento debido a una gran abundancia de larvas de otros organismos ó aumentar el número de larvas de posibles depredadores. El conocimiento de las causas de este efecto nos proporcionarán las bases para establecer estrategias de cultivo más adecuadas.

Conclusiones

El crecimiento de la escalopa catarina durante las 25 semanas de estudio mostró un rápido incremento tanto en longitud como en peso. Se pueden obtener organismos de 30 g en peso total en un tiempo de aproximadamente 6 meses desde la recogida de la semilla. La alta supervivencia observada durante este período parece indicar que es una de las mejores temporadas para el cultivo de escalopa catarina en esta area.

Las curvas de crecimiento sugieren que estos organismos deben ser cosechados desde la semana de la 21 a la 25 ya que el crecimiento es mínimo después de la semana 23 y no sería recomendable esperar más tiempo ya que esto representaría un mayor costo de operación. La información obtenida en este estudio nos proporciona información básica para poder realizar en el futuro un mejor manejo del recurso.

Parece ser económicamente factible utilizar este sistema de cultivo para incrementar la producción de escalopa en el Pacífico de México. El éxito depende de la determinación de las épocas de siembra y cosecha, así como de la reducción de

la mano de obra para realizar las operaciones de limpieza de las canastas ostrícolas y de su procesamiento.

La variación de tamaños encontrada en este sistema de cultivo sugiere que se deben realizar otros estudios utilizando diferentes materiales o diferentes técnicas.

Agradecimientos

La agradezco a la Fundación Internacional para de Ciencia el haberme dado la oportunidad de poder llevar a cabo este proyecto. A los directores del ITESM Campus Guaymas por su apoyo y crítica constructiva. Al Dr. Albert Lucas y Dr. Carlos Cáceres por sus comentarios. Mi más sincera gratitud para los Drs. E.S. Iversen y Darryl E. Jory por su valiosa asesoría. Por último quiero agradecer a los estudiantes del ITESM Campus Guaymas que me han brindado su desinteresada colaboración en el trabajo de campo.

Bibliografía

- Allen, D.M. & T.J. Costello, 1972. The calico scallop, *Argopecten gibbus*. U.S. Dep. Commer. NOAA Tech. Rep. NMFS ssrf-656. 19 p.
- Baqueiro, E., 1984. Status of molluscan aquaculture in the Pacific coast of Mexico. *Aquaculture*. 39: 83-93.
- Baqueiro, E., Pena, I., & Masso, J.A., 1981. Análisis de una población sobreexplotada de *Argopecten circularis* (Sowerby, 1835) en la Ensenada de la Paz B.C.S., México. *Ciencia Pesquera* 1 (2): 57-81.
- Baqueiro, E., Masso, J.A., & Guajarda, H., 1982. Distribución y abundancia de moluscos de importancia comercial en Baja California Sur. Instituto Nacional de la Pesca. México 32 p.
- Filloux, J.H., 1973. Tidal patterns and energy balance in the Gulf of California. *Nature* 243: 216-217.
- Kafuku, T. & Ikenoue, H., 1981. Modern Methods of Aquaculture in Japan. Development in Aquaculture and Fisheries Science. Vol 11. Elsevier Scientific Publishing Company. New York pp. 216.
- Keen, A.M., 1971. Sea Shells of tropical west America. Stanford University Press, Stanford, California p. 84-94.
- Mottet, M.G., 1978. A review of the fishery biology of scallops. State of Washington Dept. of Fisheries Tech. Rept. 39 100 p.
- Siewers, A.K., 1983. Commercial mariculture of bay scallop, *Argopecten circularis* (Sowerby), in the Ensenada of la Paz, Baja California Sur, México. *J. Shellfish Res.* 3 (1): 114.
- Thomson, D.A., Findley, L.T., & Kerstitch, A.N., 1979. Reef fishes of the sea of Cortez: The rocky shore fishes of the Gulf of California. Wiley-Interscience Publications, New York, 302 p.
- Wood, M., (ed.), 1978. Cultivation experiments help predict future stock levels. *World. Fish.* 27 (12): 68.

CULTIVO EXPERIMENTAL DE LA OSTRA PUELICHE, *OSTREA PUELCHANA*
D'ORB, EN EL GOLFO DE SAN MATIAS (ARGENTINA)

EXPERIMENTAL CULTURE OF THE OYSTER, *Ostrea puelchana* D'ORB,
IN THE GULF OF SAN MATIAS (ARGENTINA)

M. Pascual y A. Bocca

Instituto de Biología Marina y Pesquera "Alte. Storni", 8520
San Antonio Oeste, Río Negro, Argentina

Resumen

El cultivo experimental de la ostra puelche, *Ostrea puelchana*, d'Orb., se llevó a cabo en dos sitios, uno expuesto y otro protegido, en el golfo San Matías (Rep. Argentina).

La captación de semilla se realizó sobre colectores de valvas de vieira ("ren") y de plástico flexible. El asentamiento se produce entre diciembre y febrero. Su localización temporal e intensidad varía en años sucesivos.

El crecimiento de la ostra hasta talla comercial se probó en dos sistemas de cultivo: (1) Suspendido (sobre colectores y en cajas plásticas) y (2) En mesas submareales. La ostra puelche alcanza su talla comercial (60-80 mm) en dos temporadas completas de crecimiento (30 meses) en todas las técnicas probadas. La tasa de crecimiento fue significativamente mayor en el sitio protegido.

La ostricultura se plantea como una actividad complementaria de la pesca, capaz de generar una nueva fuente de trabajo en este área de la costa patagónica.

Summary

The oyster, *Ostrea puelchana* (d'Orb.) was cultured experimentally in both an exposed and a sheltered site in the San Matías gulf (Argentina).

Spats were collected on scallop shells ("ren") and on flexible plastic ribbons. Larval settlement occurred between December and February. Its timing and intensity varied from year to year.

Oysters were grown to commercial size under two different off-bottom techniques: (1) Suspended cultures (oysters attached to collectors and in plastic trays) and (2) Subtidal racks. In both systems, the oysters reached commercial size (60-80 mm) after two complete growing seasons (30 months). Growth rate however, was significantly higher at the sheltered site.

Oyster culture is visualized as an activity complementary to fishing. In this area of the patagonian coast, it could certainly generate a new source of employment.

Introducción

La ostra puelche, *Ostrea puelchana* (d'Orb.), forma parte del grupo de las ostras planas. Se distribuye naturalmente desde Rio Grande do Sul (Brasil) hasta el golfo San Matías (Argentina). Es en este último punto donde la especie se encuentra en densidades que justifican el nombre de bancos. Dentro de la bahía de San Antonio (Fig. 1), *O. puelchana* convive con *Ostrea spreta*, ostra plana de menor talla, sin valor comercial (Castellanos, 1957).

La pesca comercial de la ostra se encuentra vedada desde hace muchos años. Las experiencias de ostricultura en Argentina comienzan en 1902 con los esfuerzos puestos en cultivar *Crassostrea virginica* y *Ostrea edulis*, a partir de lotes importados de U.S.A. y Francia, respectivamente. Las pruebas, luego de repetidos fracasos, se abandonaron definitivamente en 1910 (Valette, 1928). Entre 1922 y 1925 se realizaron múltiples tentativas de cultivar la ostra indígena dentro de la bahía de San Antonio (40°45' LS, 64°53' LO) (Fig. 1). Todas éstas fracasaron debido a la imposibilidad de invertir la relación de captación de las dos especies, que favorecía a *O. spreta*. Pruebas posteriores demostraron que Las Grutas, un área expuesta en aguas abiertas del golfo (Fig. 1), constituía un sitio adecuado para las experiencias ya que, la relación de captación, favorecía ampliamente a *O. puelchana* (Vacas, 1978). Simultáneamente, se estudio en detalle la biología reproductiva de la especie (Calvo & Morriconi, 1978, Morriconi & Calvo, 1979), que sirvió de base a las experiencias de captación. A partir de 1980, se pone en marcha un proyecto destinado a establecer la factibilidad biológica y económica de la implementación del cultivo de la ostra puelche, a escala comercial.

En este trabajo se presentan los resultados de las experiencias de captación de "semilla" sobre colectores en el medio natural y el crecimiento hasta talla comercial.

Captación de semilla

Se refiere a la captación de larvas sobre sustratos artificiales colocados en el medio natural. Se establecieron los siguientes objetivos parciales:

1. Conocer la variación en la intensidad de captación de la ostra y especies competidoras a lo largo de la temporada de captación a fin de determinar picos de asentamiento y variaciones en años sucesivos.
2. Obtener juveniles masivamente para determinar el crecimiento bajo en diferentes técnicas de cultivo.
3. Analizar el rendimiento de diferentes tipos de materiales colectores.

Material y métodos

El sitio experimental elegido fue Las Grutas, en la costa noroeste del golfo San Matías (40° 48' LS, 65° 05' LO) (Fig. 1.). La profundidad en la estación fue de 5 metros en bajamar. El armado y mantenimiento de estructuras, así como las tareas posteriores de control, se realizaron mediante buceo

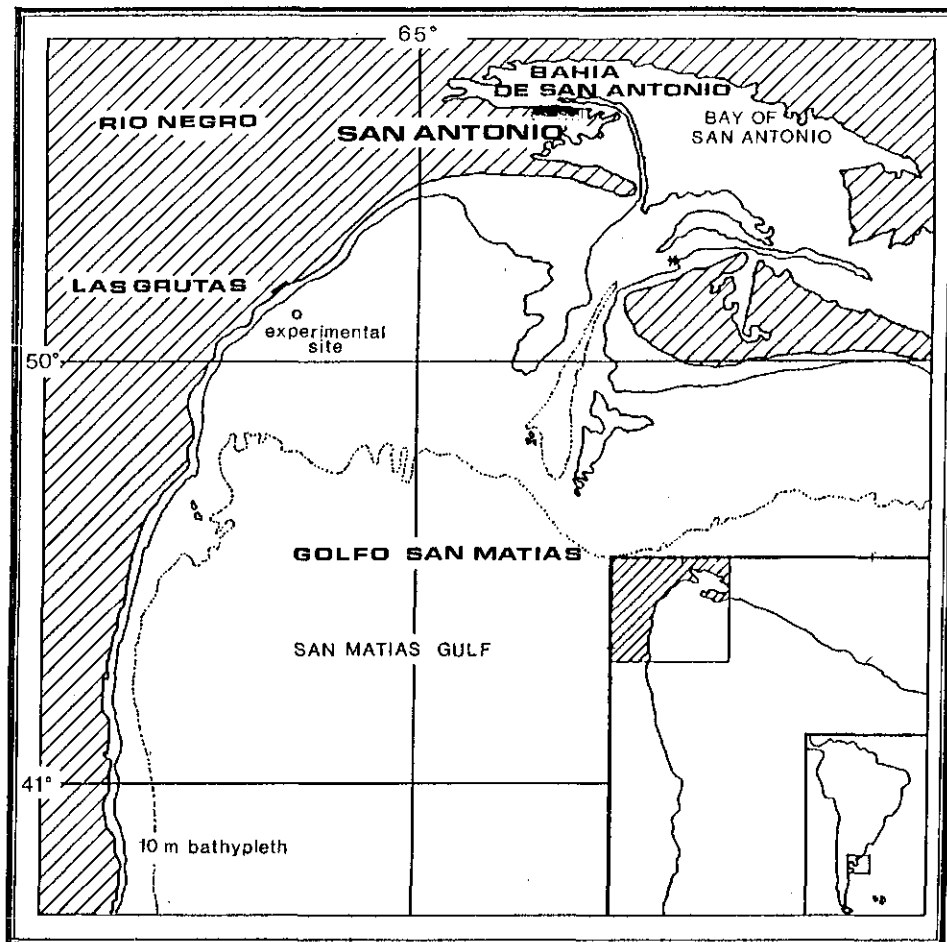


Figura 1. Localización de sitios experimentales.
 Figure 1. Location of the experimental stations.

autónomo. Los colectores fueron suspendidos de "long-line" (Fig. 2). En adición a su baja inversión inicial y reducido costo de mantenimiento, el "long-line" es una técnica ideal para cultivo en mar abierto, de oleaje y corrientes fuertes, donde no es posible el uso de otras técnicas convencionales.

La metodología elegida para cumplir con los objetivos parciales enunciados fue la siguiente:

1. Se utilizó el colector de tipo japonés (ren) construido con valvas de vieira enhebradas en alambre forrado de plástico (Fig. 3). Cada valva tiene una superficie aproximada de 90 cm². A fin de conocer la intensidad de captación y sus variaciones a lo largo de la temporada, se fondearon 5 colecto-

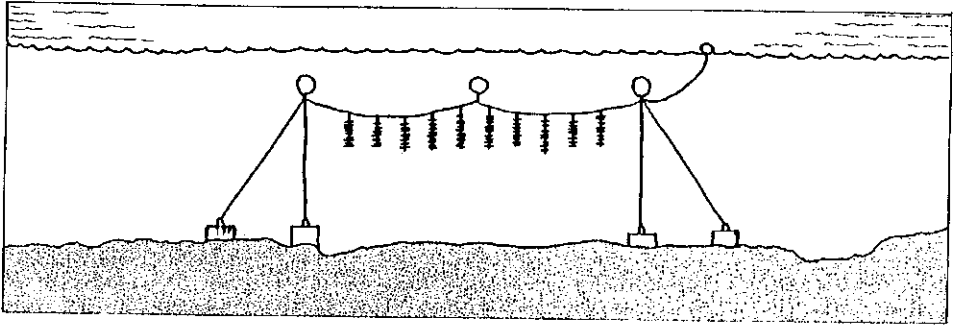


Figura 2. Esquema del "long-line con colectores de valvas de vieira (ren).

Figure 2. Outline of long-line collector system using scallop shells to collect spat.



Figura 3. Colector de tipo japonés (ren). Valvas de vieira enhebradas en cable forrado en plástico.

Figure 3. Japanese collector system using scallop shells.

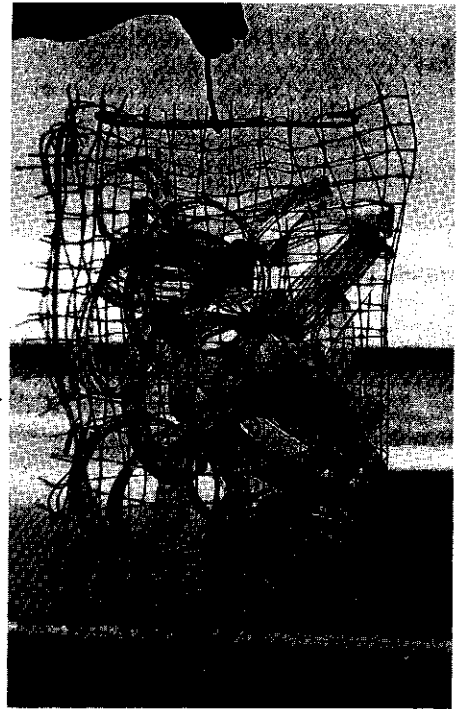


Figura 4. Colector plástico. Tiras de plástico flexibles en bolsas de trama plástica.

Figure 4. Plastic collector. Flexible plastic ribbons in boxes of plastified gauze.

res quincenalmente, a partir de mediados de noviembre. Le fecha de fondeo se determinó en base a observaciones macroscópicas de gónadas de ejemplares adultos y estimaciones del periodo de vida larvaria. La experiencia finalizó en el mes de abril. Los colectores fueron examinados bajo lupa determinándose, midiéndose y cuantificándose los ejemplares de cada especie captada. Esta experiencia se repitió en las temporadas de captación 1980-81, 1981-82, 1982-83, 1983-84 y 1984-85.

2. A fin de obtener semilla masivamente, se fondearon, al principio de la temporada (diciembre), un lote de 100 a 120 colectores que permanecieron en el medio hasta el año siguiente. La semilla fue luego extraída y procesada en laboratorio antes de ser colocada en estructuras de crecimiento. Esta experiencia se realizó, durante las temporadas 1980-81 y 1981-82, con colectores de valvas. Durante las temporadas 1982-83, 1983-84, 1984-85 y 1985-86 se utilizaron colectores plásticos. Estos se fabricaron con tiras de plástico flexible obtenidas recortando, en espiral, botellas de envase comercial de jugos en desuso. Las tiras se incluyeron en bolsas de trama plástica flexible (Fig. 4).

3. Durante las temporadas de captación 1981-82 y 1982-83 se probaron los siguientes tipos de materiales colectores:

- Ramas de jarilla (*Larrea* sp.) desprovistas de hojas e incluidas en bolsas de trama plástica.
- Superficies plásticas: ristras de superficie plásticas cuadrangulares (10 x 10 cm) de plástico rígido enhebradas en cabo de nylon y tiras de plástico flexible en bolsas de trama plástica.
- Trozos de valvas de aproximadamente 1.5 cm² de cholga (*Aulacomya ater*) y mejillón (*Mytilus edulis platensis*) en bolsas de trama plástica.

Los colectores fueron fondeados al inicio de la temporada de captación y removidos en el mes de abril del año siguiente. Se cuantificó el nivel de captación de ostra y especies acompañantes y se registró el tiempo de laboreo utilizado por la tarea de desprendimiento de la semilla.

Resultados

La fijación varía en intensidad y localización temporal en años sucesivos. Dentro de cada temporada el asentamiento se produce en dos picos de diferente intensidad: el primero y más fuerte se localiza entre el 15 de diciembre y el 10 de febrero y, el segundo y más débil, entre el 9 de febrero y el 12 de marzo (Cuadro 1). Este último no fue registrado durante dos de los cinco años de experiencias.

Cuadro 1. Nivel de captación en años sucesivos de ostras en colectores japoneses. Resultados de series quincenales.
 Table 1. The settlement rate of oyster spat on japanese collectors. Results of fortnightly collections.

Season	1st Settlement	Average No of spat/shell (\pm SD)	2nd Settlement	Average No of spat/shell (\pm SD)
1980-81	19/12-6/1	5.4 (\pm 3.4)	26/2-12/3	2.0 (\pm 2.8)
1981-82	21/1-5/2	39.3 (\pm 12.6)	(no data)	-
1982-83	24/1-7/2	25.3 (\pm 10.9)	23/2-11/3	1.1 (\pm 1.4)
1983-84	16/12-28/12	48.0 (\pm 25.0)	9/2-27/2	3.5 (\pm 2.7)
1984-85	2/1-16/1	57.2 (\pm 50.3)	(no data)	-

Las experiencias de captación masiva usando colectores de tipo japonés, demuestran que el nivel de captación obtenido, después de varios meses de inmersión en el medio, es bajo (Cuadro 2). Este colector disminuye notoriamente su eficiencia a medida que aumenta el tiempo de permanencia en el medio.

Cuadro 2. Resultados de captación masiva de semilla en colectores japoneses.
 Table 2. Massive seed collection on Japanese collectors.

Season	Date of Placement	Date of Collection	Average No of oysters/shell (\pm SD)	Number of shells	O. p/O. s*
1980-81	15/12	25/5	4.8 (\pm 3.3)	185	0.51:1
	6/1	24/9	1.4 (\pm 1.3)	134	0.63:1
1981-82	4/12	30/7	0.3 (\pm 0.7)	127	0.81:1

*proportion spat *O. puelchana*:*O. spreta*

Los resultados de captación en colectores de plásticos reforzaron la idea de que los niveles de captación varían en años sucesivos (Cuadro 3). A pesar de las diferencias registradas, se mantuvo un nivel aceptable, con vistas a una aplicación comercial. El rango de tallas (Altura total) promedio de juveniles captados fue 16-26 mm. Estos resultados permitieron calcular que 100 colectores, ocupando 40 mt. de "long-line", producirían entre 4100 y 4400 ostras de 24 mm de talla promedio. Las pérdidas de colectores en el período completo de captación (diciembre a abril) fluctúan entre el 14 y 24%.

El bajo nivel de captación obtenido en la temporada 1982-83 posiblemente se haya debido a la escasa cantidad de colecto-

Cuadro 3. Resultados de la captación masiva en colectores de plástico flexible.

Table 3. Massive seed collection on flexible plastic ribbons.

Season	Date of Placement	Date of Collection	Average No of Oysters/shell (± SD)	Average Oyster size ¹ (mm ± SD)	No of shells	O. p/O. s ²
1982-83	4/1	18/6	27.2 (± 7.1)	26.5 (± 3.7)	5	6.9:1
1983-84	26/12	6/4	80.1 (±15.5)	20.2 (± 6.9)	16	8.4:1
1984-85	2/1	17/5	41.3 (±18.0)	16.2 (± 2.5)	20	3.7:1
1985-86	27/12	25/4	43.8 (±16.4)	18.6 (±11.0)	33	13:1

¹ measured as total height

² Proportion *O. puelchana*:*O. spreta*

res analizados. En esa temporada el objetivo fue solamente ver la eficiencia de este colector. En todas las temporadas la relación de captación favoreció a *O. puelchana*.

Las pruebas realizadas con superficies plásticas evidencian la sensibilidad de las larvas con respecto al grado de dureza y rugosidad del substrato. El resto de los materiales probados fue descartado debido a su baja especificidad. El plástico flexible resultó, en todo sentido, el mejor de los materiales probados (Cuadro 4).

Cuadro 4. Resultados de la captación de semillas con colectores hechos con diferentes materiales.

Table 4. The results of seed collection with collectors made from different materials.

Material	Costs	Collection succes	Average No of oysters/coll. (± SD)	Speci- ficity	Labour require- ments
branches of "jarilla"	low	regular	17.88 (± 6.8)	low	reduced
Shell pieces	medium	good	56 (± 28.58)	low	reduced
Stiff plastic	medium	nothing	-	none	-
Flexible plastic	medium	good	48.12 (± 22.5)	high	reduced

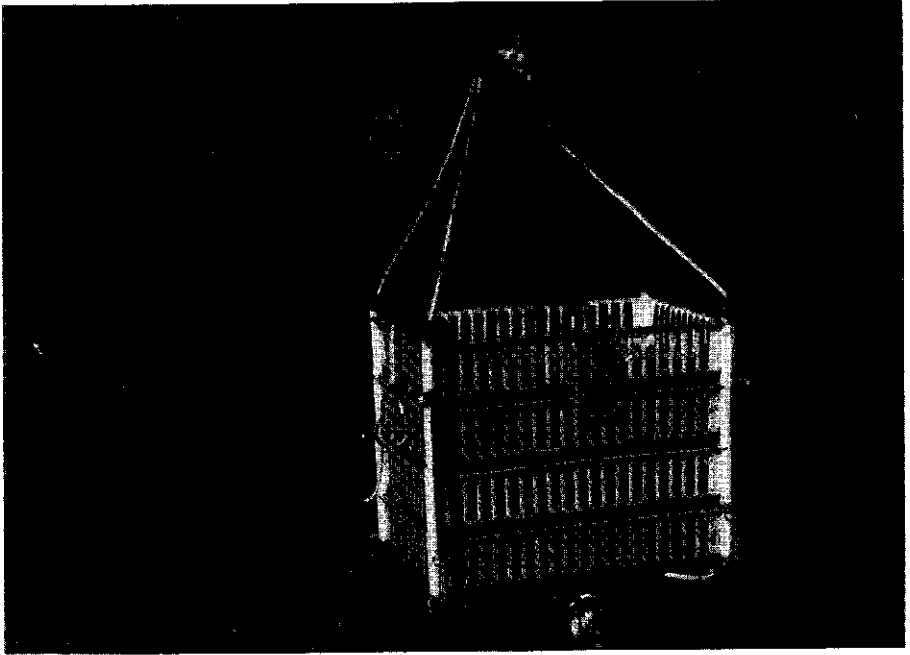


Figura 5. Jaula ostrícola. Cajas plásticas unidas entre sí por cabo de nylon.

Figure 5. Oyster cage. The cages are linked to each other by a nylon rope.

Conclusiones

Las experiencias realizadas con series quincenales de colectores, demuestran que las variaciones en el asentamiento en temporadas sucesivas impiden que el momento de máxima captación sea predecible con exactitud. Esto imposibilita el fondeo de colectores en el momento óptimo, de tal manera que se evita el que las estructuras se carguen de especies competidoras y materia inorgánica. La eficiencia del colector disminuye al aumentar el tiempo de permanencia en el medio. A medida que avanza la temporada, la incrustación actúa como barrera física y biológica a las larvas, produciéndose una elevada mortalidad de juveniles por competencia. En colectores de tipo japonés se comprobó que, al cabo de la temporada de captación, la relación de asentamiento entre las dos especies de ostra no favoreció a *O. puelchana*. Este hecho parece relacionarse con una tolerancia diferencial de las dos especies a la situación de estrés que supone crecer en las condiciones descritas. Desde el punto de vista de la recolección de semilla, en caso de desear obtener semilla libre de sustrato, este colector es poco práctico. El desprendimiento debe hacerse con alicate, proceso que deriva en una

alta mortalidad de juveniles y un excesivo costo de laboreo. La calidad de la semilla obtenida es irregular.

La experiencia de ensayo de materiales colectores llevó a descartar el de los plásticos flexibles. El colector fabricado con este material presentó buen rendimiento así como las ventajas de ser económico y recuperable. La facilidad con que se remueve la semilla, con un leve arqueado de la superficie, constituyó un elemento determinante en la elección del mismo para continuar las experiencias.

Crecimiento

El crecimiento de lotes de ostras de captación hasta talla comercial se estudió bajo dos sistemas de cultivo:

1. Estructuras suspendidas.
2. Mesas submareales.

Los objetivos parciales que se fijaron para iniciar las experiencias fueron:

- Comprender si la ostra puelche alcanzaba su talla comercial en un lapso comparable al del resto de las ostras planas de valor económico.
- Comparar el ritmo de crecimiento de lotes cultivados bajo dos sistemas de cultivo y dos sitios experimentales diferentes.

Crecimiento en estructuras suspendidas

Se realizaron experiencias de crecimiento de dos cohortes (1980 y 1981) en dos técnicas de cultivos diferentes:

- a. Crecimiento de ejemplares fijos a sus valvas colectoras.
- b. Crecimiento de ejemplares libres en cajas plásticas.

Material y métodos

A principios de 1980 y 1981, fueron extraídos del medio colectores de tipo japonés. Las valvas fueron limpiadas removiendo las incrustaciones y las ostras fueron aclaradas de tal manera que se eliminaron aquellas que crecerían superpuestas. Los colectores fueron reforzados y suspendidos de un "long-line" fondeado en el área de las Grutas, a 1000 m de la costa. Las tareas de fondeo y control se realizaron mediante buceo autónomo. El crecimiento fue estudiado en base al incremento mensual en la altura total de los ejemplares. Las mediciones, mantenimiento de estructuras y limpieza de incrustaciones se realizó in situ.

A principios de 1980 y 1981 se desprendió de los colectores de tipo japonés, semilla para ser cultivada libre de sustrato de fijación. Las tareas se realizaron fraccionando valvas con alicate. La semilla fue incluida en bolsas de trama plástica y colocada en jaulas. Estas jaulas fueron construídas apilando bandejas fileteras plásticas unidas entre sí por cabo de nylon. La estructura se suspendió a media agua por medio de fondeo y boyas merluceras (Fig. 5).

Resultados

La presentación de los datos de crecimiento muestra una curva sinusoidal con tendencia lineal. El crecimiento observado fue marcadamente estacional (Fig. 6). Existe una rela-

ción entre éste y la temperatura del agua. El crecimiento prácticamente cesa durante los meses invernales, reiniciándose durante la primavera. El momento en que la tasa de crecimiento (pendiente del componente estacional) es mayor, coincide con los picos de máxima temperatura del agua. Al momento de la cosecha, el lote de la cohorte 1980, contaba con 31 meses de vida. En ese período, los ejemplares cultivados fijos a sus colectores (téc. a) alcanzaron una talla promedio de 65.35 mm y, los cultivados libres, de 80.9 mm (Cuadro 5).

Cuadro 5. Crecimiento promedio de individuos de la cohorte de 1980, cultivados en jus colectivos (a) ó en cajas plásticas (b).

Table 5. The average growth of individuals of the 1980 cohort, either cultured on their collectors (a) or free in cages (b).

Method	Date of collect.	Date of harvest	Average Oyster size ¹ (mm ± SD)	Average total weight ¹ (g ± SD)	N
a	15-12-79	13-7-82	65.4 (± 9.1)	46.5 (± 12.3)	228
b	15-12-79	28-7-82	80.9 (± 9.5)	59.0 (± 17.2)	99

¹ measured as total height

El estudio comparativo del crecimiento entre técnicas en experimentación y para las cohortes 1980 y 1981 se realizó sobre una base lineal desestacionalizada. Las tasas de crecimiento fueron comparadas para los siguientes pares de experiencias:

- colectores 1980 vs. cajas 1980
- colectores 1981 vs. cajas 1981
- cajas 1980 vs. cajas 1981
- colectores 1980 vs. colectores 1981.

En cada caso se ajustó un modelo de crecimiento lineal de la forma:

$$H = a + bt$$

Siendo: H = altura total (mm)

t = tiempo en días a partir del 15-12-79 y 15-12-80 para las cohortes 1980 y 1981, respectivamente.

a y b = constantes.

Para cada par de modelos ensayados el período de tiempo fue acotado entre fechas equivalentes a fin de restringirlo a períodos de crecimiento comparables. Las pendientes fueron comparadas mediante el test de paralelismo de t para muestras pequeñas (Kleibaum & Kupper, 1978).

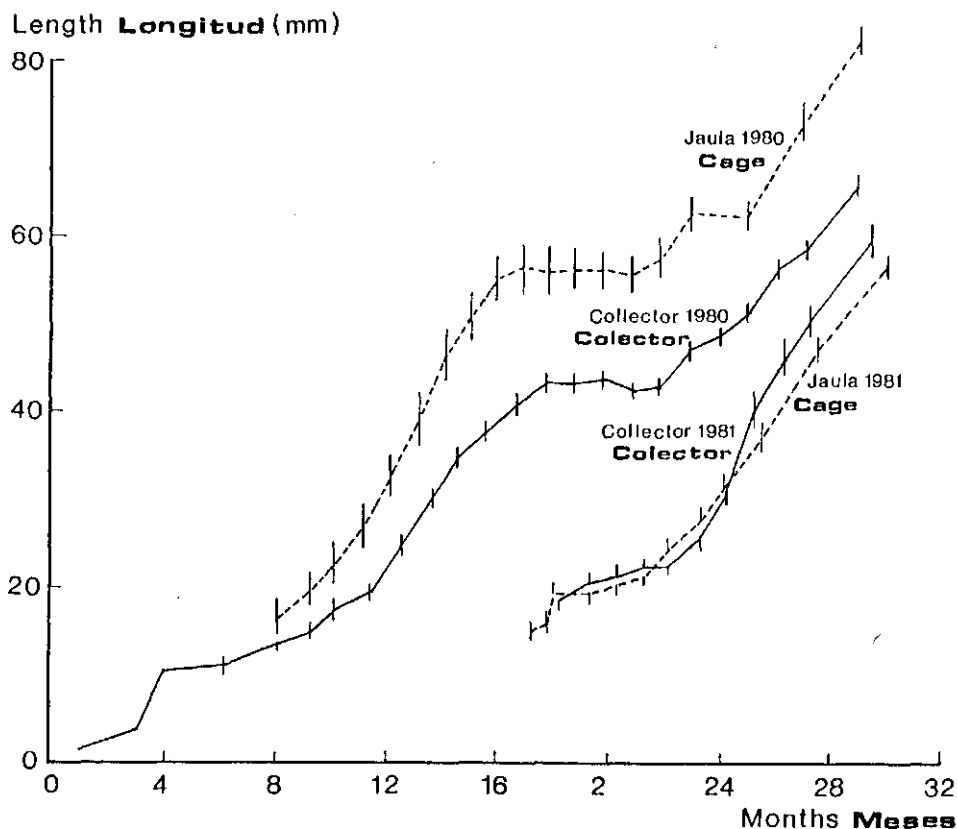


Figura 6. Crecimiento absoluto de las cohortes 1980 y 1981 en cultivo suspendido (sobre colectores y en jaulas). Valores de Altura Total promedio en mm. (Interv. Conf. al 95%).
 Figure 6. The growth of the 1980 and 1981 cohorts cultured either on collectors or in cages. The length is measured as total height (confidence limits 95%).

Los resultados de los análisis comparativos entre técnicas mostraron diferencias significativas ($P < 0.05$) en el caso de los lotes pertenecientes a la cohorte 1980. Las ostras cultivadas en cajas (técn. a) crecieron con una tasa mayor que sus congéneres de colectores. Por el contrario, el mismo análisis para la cohorte 1981 resultó significativo ($P < 0.05$) sólo en el caso de la cohorte 1980 creciendo en cajas. En síntesis, el lote de ostras 1980 creciendo en cajas mostró una tasa de crecimiento lineal mayor en todos los casos.

Sobre los lotes de ostras de la cohorte 1980 cultivados en ambas técnicas se calculó un índice de rendimiento en carne de la forma: $\text{Peso de carne} / \text{Peso total} \times 100$. El rendimiento en carne obtenido es aproximadamente del 13% y no difiere

apreciablemente en ambas técnicas (Cuadro 6).

Cuadro 6. Índice de rendimiento en carne (IC: Pc/PT x 100) de individuos de la cohorte de 1980, cultivados en colectores (a) o en cajas plásticas (b).

Table 6. Meat yield of individuals of the 1980 cohort either cultured on collectors (a) or in cages (b).

Method	Date of harvest	N	Average Meat yield ¹
a	13-7-82	123	12.79%
b	28-7-82	99	13-15%

¹expressed as (Meat Weight/Total weight). 100%

Conclusiones

El análisis entre técnicas resultó significativo en el caso de la cohorte 1980. La hipótesis de la existencia de individuos de crecimiento rápido, reconocida para otras especies de ostras (Lavoie, 1977, Losee, 1979), fue planteada como posible explicación a este fenómeno. La talla promedio inicial del lote cultivado en cajas fue significativamente mayor que la de sus congéneres de las colectores. Esto se debió a una mortalidad diferencial de los ejemplares chicos durante la tarea de despendimiento de la semilla, lo que hizo que el lote obtenido no fuera una muestra aleatoria de la población de juveniles captados. En 1981 se puso cuidado en lograr lotes de cultivo homogéneos. El análisis entre técnicas, en este caso, resultó no significativo. Considerando la homogeneidad de los lotes comparados, la no influencia de la técnica de cultivo empleada se tomó como un resultado concluyente.

En lo referente a aspectos técnicos y operativos, las cajas han demostrado ser las estructuras que ofrecen mayores ventajas por su alta durabilidad, menor costo de mantenimiento y por constituir una superficie menos atractiva para las incrustaciones.

Crecimiento en mesas submareales

Esta experiencia tuvo por objeto el ensayo de técnicas de cultivo de bajo costo. Es la primera de una serie de experiencias en aguas someras tendentes a independizar al criador del uso de buceo autónomo.

Material y métodos

Las "mesas" son estructuras de hierro cuadrangulares de 1 x 1.5 m cuyas patas se entierran en el sedimento (Fig. 7). Los ejemplares a cultivar se incluyen en bolsas de trama plástica y se sujetan a la mesa con alambre forrado en plástico. La estructura fue emplazada en el Banco de las Garzas. Esta es un área ubicada dentro de la bahía de San Antonio,

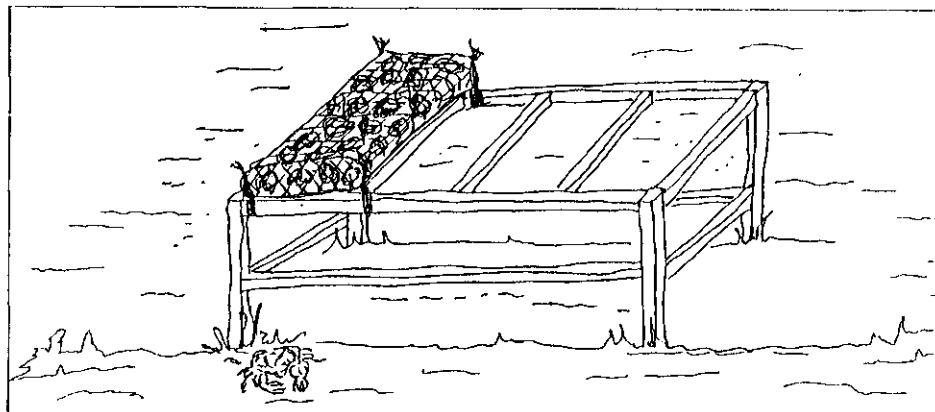


Figura 7. Esquema de mesas de cultivo submareales.
 Figure 7. Outline of the submersed culture platforms.

Cuadro 7. Resultados de crecimiento de la cohorte 1983-84 cultivada en "mesas". Para la explicación de los lotes, vease el texto.

Table 7. Growth results of the 1983-84 cohort cultured on submerses platforms. The cohort was divided in two sub-groups: a "selection" consisting of 44 juveniles selected because of their higher initial weight and better appearance and 1 "general" group consisting of 259 individuals of lower quality.

Sub-group	Average initial size (mm \pm SD)	Average final size (mm \pm SD)	initial number	final number	Mort. rate (%)
Selection	31.89 mm (3.71)	71.47 mm (6.71)	44	38	14
General	25.82 mm (3.70)	60.39 (8.52)	259	208	20

sobre un brazo de mar protegido de los vientos predominantes del Sur y Este (Fig. 1). La profundidad en el área elegida es de 2 m en bajamar y la distancia de costa, 70 m. A principios de 1984 se colocó un lote de ostras de la captación 1983-84, dividido en dos sub-lotes: 1) 44 juveniles seleccionados por su mayor talla y mejor aspecto ("lote selección": AT = 31.89 mm) y 2) 259 juveniles de menor talla y aspecto irregular ("lote común": AT = 25.82 mm). Estos promedios fueron signi-

Length **Longitud** (mm)

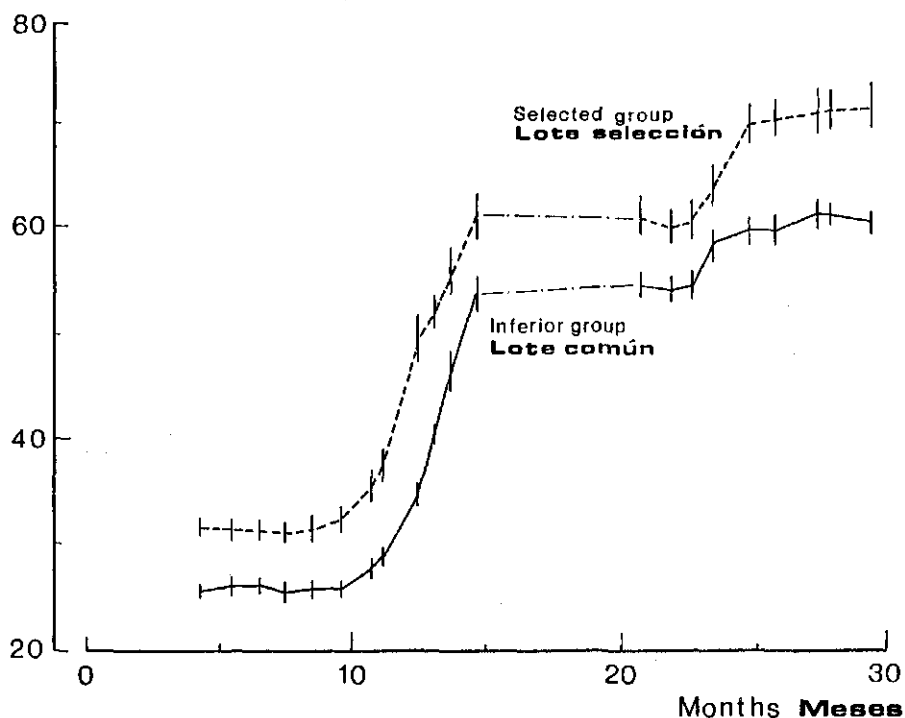


Figura 8. Crecimiento absoluto de la cohorte 1983-84 en mesas submareales. Valores de Altura Total promedio en mm. (Interv. Conf. al 95%).

Figure 8. The growth of the 1983-84 cohort cultured on submersed platforms. Length was measured as total height (confidence limits: 95%).

ficativamente diferentes ($t: 12.57; P < 0.001$). Esta experiencia se hizo con el objetivo de comprobar si existan diferencias significativas en las tasas de crecimiento de ejemplares de diferente talla inicial. Las tareas de control y medición se hicieron de la misma forma que en las experiencias de cultivo suspendido.

Resultados

El lote experimental fue mantenido en cultivo durante 30 meses. Después de dos temporadas completas de crecimiento, el lote de ostras seleccionadas alcanzó una talla de 71.47 mm y el lote común, de 60.39 mm (Fig. 8). La mortalidad acumulada total fue de 20% (Cuadro 7).

El análisis comparativo de las tasas de crecimiento de los dos sublotes demostró que no existen diferencias significativas ($P > 0.01$) en las pendientes durante la primera temporada de crecimiento (sept. 1984, marzo 1985). Durante la segunda temporada de crecimiento (oct. 1985, abril 1986), el análisis

resultó significativo ($P < 0.01$). El análisis comparativo entre este lote de ostras de la cohorte 1984 y un lote congénero cultivado en suspensión en Las Grutas, demuestra que en la primer temporada de crecimiento las ostras cultivadas en mesas en Banco de las Garzas, crecen a una tasa significativamente mayor ($P < 0.05$).

Conclusiones

Las experiencias de crecimiento realizadas dentro de la bahía de San Antonio, sobre mesas de cultivo, evidenciaron que los ejemplares alcanzan su talla comercial en el tiempo esperado (31 meses). Las ostras producidas tienen excelente aspecto y menor incidencia de epibiontes que las cultivadas en mar abierto. Las comparaciones de crecimiento entre lotes seleccionados y comunes no presentaron diferencias. Indicando que una separación inicial entre ambos podría tener importancia desde el punto de vista comercial debido, fundamentalmente, a la mayor talla alcanzada en tiempos similares de cultivo y al mejor aspecto de estos individuos seleccionados. Las diferencias encontradas entre la primera y segunda temporada de crecimiento podrían deberse a las bajas temperaturas registradas durante el verano 1985-86. Es posible que el lote seleccionado, debido a su mayor talla, se haya encontrado en mejores condiciones para crecer en esa situación atípica. Finalmente, las diferencias en las tasas de crecimiento entre la bahía y Las Grutas serían consecuencia de mayores temperaturas del agua en la primera.

Discusión

El cultivo de la ostra puelche se encuentra en la etapa de "cultivos experimentales a pequeña escala". La captación de semilla en el medio natural es una alternativa factible en vistas a los resultados obtenidos mediante el uso de sustratos plásticos flexibles. El mayor inconveniente es el desconocimiento existente sobre el tiempo de vida planctónica los que impide realizar un pronóstico preciso del asentamiento. Actualmente se encuentran en ejecución investigaciones dirigidas al reconocimiento de estadios larvarios y fijación de larvas en laboratorio (Zampatti, com. pers.). El logro de este objetivo llevaría, por un lado, a evitar tiempo inútil de permanencia de los colectores en el medio y, a cumplir con una primera etapa en las investigaciones tendentes a la producción de semilla en criaderos.

O. puelchana alcanza su talla comercial en dos temporadas de crecimiento. Este dato es consistente con las observaciones referentes a otras especies de ostras planas. Dix (1980) registra, para *O. angasi* cultivada en suspensión, un período de dos años para llegar a una talla de 78.7 mm. Stead (en Dix, 1980) señala, para *O. lutaria*, un lapso de 21-31 meses para alcanzar una talla de 70 mm (40 gr). *O. chilensis* creciendo sobre colectores situados en balsas, utiliza entre 2.5 y 3 años para alcanzar 50-60 mm en la 2da Región de Chile (Tomacic & Barriles, 1981) y 1.5 años para alcanzar una talla de 48.5 mm en Pullinque (Basulto et al., 1967). Experiencias realizadas en Maine con *O. edulis* (Packie et al., 1976) demuestran que la ostra europea utiliza una temporada de cre-

cimiento para llegar a los 50 mm de talla. Andreu & Arte (1955) señalan que, en las rías gallegas, *O. edulis* llega a los 48.5 mm de talla en el primer año de vida. Labrid (1969) señala que la ostra europea, en la Bahía de Arcachon, llega a su talla comercial en dos años como mínimo. En Irlanda, esta misma especie en sistemas suspendidos, utiliza 28 meses para llegar a una talla de 56.42 mm (Barry, 1975).

El fenómeno del cese del crecimiento durante los meses invernales en regiones templadas es un hecho reconocido para varias especies de ostras, (Korringa, 1955 y Loosanoff & Nomejko, 1949). En cuanto a los valores de mortalidad registrados en técnicas de cultivo comparables, son muy variables fluctuando entre un 10% para el primer año de vida (Barry, 1975), un 42% en los dos primeros años (Dix, 1980) y 10.4% en los 4 primeros años (Walne, 1961). El valor de mortalidad para ostras cultivadas dentro de la bahía de San Antonio (20%) parece ser aceptable.

El cultivo de la ostra puelche en Argentina ofrece perspectivas alentadoras. Los resultados obtenidos hasta el presente permiten suponer que, de contarse con apoyo estatal, esta actividad podría transformarse en una fuente de trabajo complementaria a las meramente extractivas que se llevan a cabo actualmente. Un inminente cambio de escala llevará a una etapa de análisis de rentabilidad mediante experiencias dirigidas al abaratamiento de los costos de cultivo y a la adaptación de la tecnología para uso industrial.

Bibliografía

- Andreu, B. & Arte, P., 1975. Experiencias previas sobre fijación de larvas y crecimiento invernal de la ostra (*Ostrea edulis*) joven en las rías gallegas (NW de España). Publ. Inst. de Biol. Apl. de Barcelona, 19: 115-129.
- Barry, J.M., 1975. Growth of oysters at Rossmore, Co. Cork. Resource Record Paper no. 31. Fisheries Develop. Div. Bord. Iaschaigh Mhara.
- Basulto, S., Orrego, J., Solís, I., 1967. Experiencias sobre crecimiento de ostras en Pullingue. Biol. Pesq. Chile, 2: 83-87.
- Calvo, J. & Morriconi, E.R., 1978. Epibiontie et protandrie chez *Ostrea puelchana*. Haliotis, 9 (1): 85-88.
- Castellanos, Z. de, 1957. Contribución al conocimiento de las ostras del litoral argentino (*Ostrea puelchana* y *Ostrea spreta*). Min. Agr. y Gan. de la Nación, 52 pp.
- Dix, T.G., 1980. Growth of the native oyster *Ostrea angasi* using raft culture in Tasmania, Australia. Aquaculture, 19: 109-115.
- Kleibaum, D. & Kupper, L., 1978. Applied Regression Analysis and other Multivariable Methods. Duxbury Press. 556 pp.
- Korringa, P., 1952. Recent advances in Oyster biology. Quart. Rev. Biol., 27: 266-308.
- Labrid, C., 1969. L'Ostréiculture et le Bassin D'Arcachon. Feret et Fils. Bordeaux, 215 pp.
- Lavoie, R., 1977. The oyster populations of the Public fishing Area Caraquet Bay, New Brunswick. Fisheries and Marine Service, Technical Report 735, 37 pp.

- Loosanoff, V. & Nomejko, C., 1949. Growth of oysters *Ostrea virginica*, during different months. Biol. Bull. (Woods Hole), 97 (1): 82-94.
- Losee, E., 1979. Relationship between Larval and Spat Growth rates in the Oyster *Crassostrea virginica*. Aquaculture, 16: 123-26.
- Morriconi, E.R. & Calvo, J., 1979. Ciclo reproductivo y alternancia de sexos en *Ostrea puelchana*. Physis, 38 (95): 1-17.
- Orton, J., 1928. On Rithmic Periods in Shell-growth in *Ostrea edulis* with a note on fattening. Jour. Mar. Biol. Ass.U.K., 15 (2): 365-427.
- Packie, R., Hidu, H. & Richmond, R., 1976. The suitability on Maine waters for culturing american and european Oysters, *Crassostrea virginica* Gmelin and *Ostrea edulis* L. Ira Darling Center Ref. no. 76-14.
- Tomicic, J. & Bariles, J., 1981. Manual de guía para el cultivo de la ostra *Ostrea chilensis* en la 2da. Región de Chile. Inst. Inv. Oceanol. Univ. de Antofagasta, 73 pp.
- Vacas, H.C., 1978. Informe sobre captación y crecimiento de *Ostrea puelchana* en colectores artificiales en la bahía de San Antonio y Bco. Reparo. Inf. Técn. Dir. Gral. de Pesca. Pcia. Río Negro. Argentina.
- Valette, L., 1928. Resultados experimentales de Ostricultura. Min. Agr. Dir. Ga. Argentina, 22 pp.
- Walne, P., 1961. Observations on the mortality of *Ostrea edulis*. J. Mar. Biol. Ass. U.K., 41: 113-122.

Cultivo de algas/*Algae culture*

METODOS ALTERNATIVOS PARA LA PROPAGACION Y EL CULTIVO DE *Gelidium* EN CHILE CENTRAL

ALTERNATIVE METHODS FOR THE PROPAGATION AND CULTURE OF *Gelidium* EN CENTRAL CHILE

B. Santelices

Departamento Biología Ambiental y de Poblaciones, Pontificia Universidad Católica de Chile, Casilla 114-D, Santiago, Chile

Resumen

Estudios previos han mostrado que las especies comerciales de *Gelidium* en Chile central tienen bajas velocidades de crecimiento y volúmenes pequeños de biomasa por unidad de superficie. Este estudio explora la factibilidad de cuatro aproximaciones distintas que permitirían propagar o cultivar estas especies. Expansión de praderas naturales se logra por extracción selectiva de especies competidoras en ausencia de ramoneadores. Cultivo en sistemas flotantes es posible para algunas especies, alcanzando velocidades de crecimiento de hasta 2.5% diario. Cultivos a pequeña escala usando canalones y rápidos intermareales es posible por lo menos para dos de estas especies, mientras que estudios en ambientes controlados han permitido definir un conjunto básico de condiciones abióticas para cultivar juveniles de dos especies facilitando el proceso de plantación en redes.

Summary

Previous studies have shown that the commercially important Chilean species of *Gelidium* have slow growth rates and reduced standing stocks. This study is a first approach to propagate the species in their natural beds and cultivate them in free-floating or net culture systems. Expansion of natural beds can be achieved by selective removal of competing species in the absence of grazers. Free-floating cultures are possible especially for *G. chilense*, reaching daily growth rates of about 2.5%. Net cultures in intertidal gullies and rapids were successful. Under controlled conditions in the laboratory, a basic set of abiotic conditions to grow seed for the net cultures were defined.

Introducción

Anualmente se cosechan 15 000 a 17 000 toneladas de biomasa seca de *Gelidium* y *Pterocladia* en diversas partes del mundo, las que luego son utilizadas en forma industrial en la fabricación de agar-agar de primera calidad (Santelices, 1974, 1986). Tres especies recogidas en Chile: *G. chilense* (Montagne) Santelices & Montalva, *G. rex* Santelices & Abbott y *G. linguatum* Kützing, contribuyen a esta producción mundial en volúmenes que oscilan entre 100 y 150 toneladas anuales

(Santelices & Lopehandía, 1981).

Estudios recientes han contribuido a clarificar los problemas de nomenclatura y taxonómicos de estas especies (Santelices & Montalva, 1983, Santelices & Abbott, 1985, Santelices & Stewart, 1985) a delimitar su distribución geográfica y ecológica (Montalva & Santelices, 1981), a medir el efecto de algunos factores ecológicos sobre las velocidades de crecimiento de plantas adultas (Obliger & Santelices, 1981) y juveniles (Correa et al., 1985), a caracterizar sus niveles de producción y calidad de geles (Santelices et al., 1981a) y a conocer sus velocidades de regeneración en el campo (Santelices et al., 1981b, Obeja & Santelices, 1984). Estos estudios mostraron que aunque algunas de estas especies tienen reproducción continua a lo largo del año, sus volúmenes de biomasa por unidad de superficie a menudo son bajas. En experimentos de extracción estas especies tuvieron velocidades reducidas de crecimiento, especialmente si los ejes rastreros de las plantas eran destruidos durante la cosecha. Este conjunto de antecedentes indicó, además, que se requiere investigar métodos alternativos de propagación y cultivo de *Gelidium* si se desea incrementar su biomasa. Este trabajo presenta los resultados de cuatro métodos alternativos que en sus etapas experimentales han probado tener potencialidad para ser usados incrementando la biomasa de estas especies en Chile. Algunos de estos resultados han sido parcialmente publicados en contribuciones previas y en relación a otros problemas ecológicos (Santelices et al., 1981, Ojeda & Santelices, 1984, Correa et al., 1985). En este trabajo los resultados se integran en torno al problema de propagación y cultivo de *Gelidium*.

Material y métodos

Cada uno de los cuatro métodos posibles de usar para incrementar la biomasa de las especies de *Gelidium* en Chile central se basa en principios ecológicos distintos, por lo que la descripción de cada método es introducida por un análisis de las premisas usadas.

Propagación de praderas naturales

La adición de sustrato artificial a praderas ya existentes ha permitido en otras latitudes el incremento en la biomasa cosechable de *Gelidium*. Tal adición de sustrato a las praderas de Chile central está imposibilitada por el fuerte oleaje y la pendiente acentuada de la costa chilena. Sin embargo, basado en la hipótesis de puntos alternativos de equilibrios (Sutherland, 1974) es posible esperar la expansión y permanencia de praderas de *Gelidium* a través de adecuada manipulación de las comunidades intermareales y submareales donde algunas de las especies de *Gelidium* tienen especial relevancia.

Los niveles intermareales bajos y submareales de roqueríos expuestos de Chile central están dominados en cobertura y biomasa por un alga parda, de tamaño grande que corresponde a *Lessonia nigrescens* (Santelices et al., 1980). Cuando falta esta formación vegetal, es posible encontrar otros dos tipos

de algas. En lugares donde se interrumpe la cobertura de *Lessonia nigrescens* y en la ausencia de ramoneadores de tamaño grande tales como *Acanthopleura echinata* (Barnes) o de los erizos *Tetrapygyus niger* (Molina) es posible encontrar parches de *Gelidium chilense*. En aperturas de la vegetación con abundancia de ramoneadores es posible encontrar parches de algas calcáreas y roca desnuda.

Basado en estas observaciones de terreno es posible suponer que si se saca al alga *Lessonia nigrescens* bajo ciertas condiciones ambientales es posible expandir las praderas de *Gelidium*. Tal extracción debiera ocurrir en ausencia de ramoneadores en épocas del año en que *Lessonia nigrescens* no puede reclutar plantas jóvenes. Esta especie muestra producción máxima de esporas en invierno y aparición máxima de juveniles durante finales de invierno y principios de primavera. En consecuencia, si *Lessonia nigrescens* es extraída en otras épocas, uno podría esperar que las praderas naturales de *Gelidium* pudieran expandirse ocupando el sustrato liberado por la extracción de *L. nigrescens*.

Para evaluar esta hipótesis, ocho áreas de 4 x 2 m fueron usadas para sacar las plantas de *L. nigrescens* en la localidad de los Molles (32°15'N, 71°30'W) en Chile central. En cuatro áreas la extracción se practicó en Mayo de 1980 (invierno) mientras que en otras cuatro áreas la extracción se realizó en Diciembre 1980 - Enero 1981. Para controlar los efectos de herbívoros en el proceso de propagación, 200 individuos adultos del erizo negro *Tetrapygyus niger* fueron introducidos en dos de aquellas iniciadas en Enero de 1981. Las otras dos áreas experimentales iniciadas en Mayo y en Enero fueron mantenidas libres de ramoneadores por medio de extracción manual de cualquier ramoneador encontrado en cada área experimental.

Todas las áreas experimentales fueron controladas mensualmente. Los valores de cobertura de algas encontradas en cada uno de los cuadrantes experimentales fueron medidos usando cuatro cuadrantes de 0.25 m² cada uno con 100 puntos de intercepción. Todos los datos fueron transformados (transformación angular) para el análisis estadístico correspondiente. El muestreo se extendió desde Diciembre de 1980 hasta Octubre de 1982.

Cultivo masivo en tanques

Estudios ecofisiológicos de estas tres especies de *Gelidium* bajo condiciones controladas de cultivo (Oliger & Santelices, 1981) no sólo permiten indentificar las diferencias específicas entre especies de *Gelidium* con respecto a los niveles óptimos de algunas factores para crecimiento máximo, sino que permiten además intentar cultivo masivo de estas especies en sistemas flotantes de cultivo. La capacidad de supervivencia y crecimiento de estas especies de algas flotando libremente en botellas de cultivo está relacionada con sus capacidades para adoptar una morfología externa globosa o subglobosa, desprovista de disco adhesivo y con ejes y ramas orientadas radialmente (Santelices, 1976). Semejantes modificaciones morfológicas son comunes en poblaciones flotantes de otras especies de algas (Hum, 1944, Isaac, 1956, Austin 1959, Hartog, 1972), aunque son infrecuentes en especies de *Gelidium*.

A fin de evaluar diferencias específicas en la capacidad de sobrevivencia y productividad bajo condiciones de cultivo masivo de estas tres especies de *Gelidium*, talos recientemente recogidos en Pelancura, 5 km al norte del puerto de San Antonio (32°32'S; 71°38'W), Chile central, fueron mantenidos en cultivo en botellas (Corning, 1595) que contenían 16 litros de agua de mar enriquecida con 5 ppm de NaNO_3 y 5 ppm de NaH_2PO_4 . El agua se mantuvo en movimiento por medio de burbujeo de aire filtrado. Las velocidades de crecimiento fueron medidas y el medio de cultivo renovado cada 7 días. La temperatura se mantuvo en 14°C y la radiación a 45 $\mu\text{E}/\text{m}^2/\text{s}$ por 12 horas diarias. Cada experimento duró 28 días. Las velocidades de crecimiento diario fueron computadas en una calculadora programable (Hewlett Packard 67).

Cultivo de *Gelidium* en canalones y rápidos intermareales

Los cultivos comerciales de algas establecidas con éxito en el mar se han logrado implantar en arrecifes someros, expandidos y con fondos coralinoarenosos. Por contraste, la mayor parte de la costa de Chile continental situada entre Arica y Puerto Montt corresponde a paredones rocosos, con mucha pendiente, expuestos directamente al oleaje y con pocas bahías abrigadas. Esta extensa costa, en consecuencia, tiene escasas posibilidades de ser usada para cultivo de algas marinas de una manera análoga a como se han establecido haciendas submarinas en áreas del trópico. El fondo es demasiado duro, la pendiente del sustrato es demasiado abrupta y el embate del oleaje es demasiado fuerte como para que se puedan instalar sistemas extensos de cultivo de algas.

Sin embargo, esta costa abrupta está constituida a meso escala por roqueríos resquebrajados que dejan canales y rápidos y por donde el agua fluye con velocidad. Si se aprende a usar este tipo de lugares para cultivo de organismos marinos existirá la posibilidad de poder optimizar la producción de organismos en un hábitat que está muy bien representado a lo largo de Chile, pero que está subexplotado.

Este planteamiento, además, es coherente con las actividades de captura llevada a cabo principalmente por pescadores y mariscadores en Chile central. Estos profesionales están acostumbrados a buscar las algas entre las rocas y pozas que en el mar abierto.

Del total de especies de algas marinas que se encuentran en estos tipos de hábitat, las especies del género *Gelidium* se caracterizan por estar frecuentemente asociadas a hábitats con intenso movimiento de agua. En consecuencia, resultó atractivo, iniciar actividades de cultivo de estas especies que pudieran resultar no sólo en incrementos significativos de su producción sino que además permitieran evaluar la posibilidad de usar rápidos y canales intermareales para cultivo de algas. Las primeras aproximaciones fueron simples y consistieron básicamente en evaluar la capacidad de supervivencia de especies de *Gelidium* en estos sistemas de cultivo. Posteriormente los experimentos fueron orientados a evaluar la forma más adecuada para cultivar estas especies en los canalones. Para ello se usó una vara de madera que se atravesó sobre un canalón y del cual se suspendieron 4 cuadrantes

de plástico de 40 x 50 cm como lo indica la Figura 1. Los extremos inferiores de estos cuadrantes fueron amarrados a pesos ("muertos"). Cada cuadrante contenía 12 paquetes de plantas y se usó una escalerilla (4 cuadrantes) para determinar la factibilidad de cultivo y la profundidad óptima para el crecimiento de *G. lingulatum*.

Un segundo experimento se inició a continuación con el fin de comparar las velocidades de crecimiento tanto en redes de cultivos mantenidas a nivel constante como con aquellos mantenidos en redes de cultivo a profundidad constante. Para esto en forma horizontal se unieron marcos de PVC para formar 2 redes con 4 marcos cada una (Fig. 2). Los marcos (de 50 x 50 cm) fueron reticulados con lienzo formando 100 puntos de intersección. Dos marcos de cada red fueron usados para poner 50 paquetes de plantas de *G. lingulatum* (25 por reticulado) mientras que los otros dos reticulados fueron usados con paquetes de plantas de *Gelidium rex*. Uno de estos conjuntos de cuadrantes fue montado sólo con 4 tirantes hacia arriba en forma laxa para permitir su flotación. El otro conjunto de cuadrantes se montó atando muertos en sus 4 esquinas de manera que quedaron tirando hacia abajo a los que se agregaron 4 tirantes de nylon tirando hacia arriba. El experimento duró 25 días.

A fin de evaluar si la biomasa inicial y la distancia a la que se sitúan las plantas en el cuadrante de cultivo tenían alguna influencia sobre la velocidad de cultivo se montó un tercer experimento usando *G. lingulatum* como material experimental. Para ello se preparó un conjunto de 4 marcos plásticos de 50 x 50 cm y reticulados con tela de nylon como en los experimentos anteriores. A los puntos de intersección fueron atados grupos de plantas de acuerdo a la distribución mostrada en el cuadro 1.

Cuadro 1. Condiciones experimentales usadas en los experimentos de densidad de plantación.

Table 1. Experimental design to test the effect of plant density.

Frame number	Number of plants	Total plant Weight/quadrant (g)
1	4	40
2	7	79
3	14	154
4	22	273

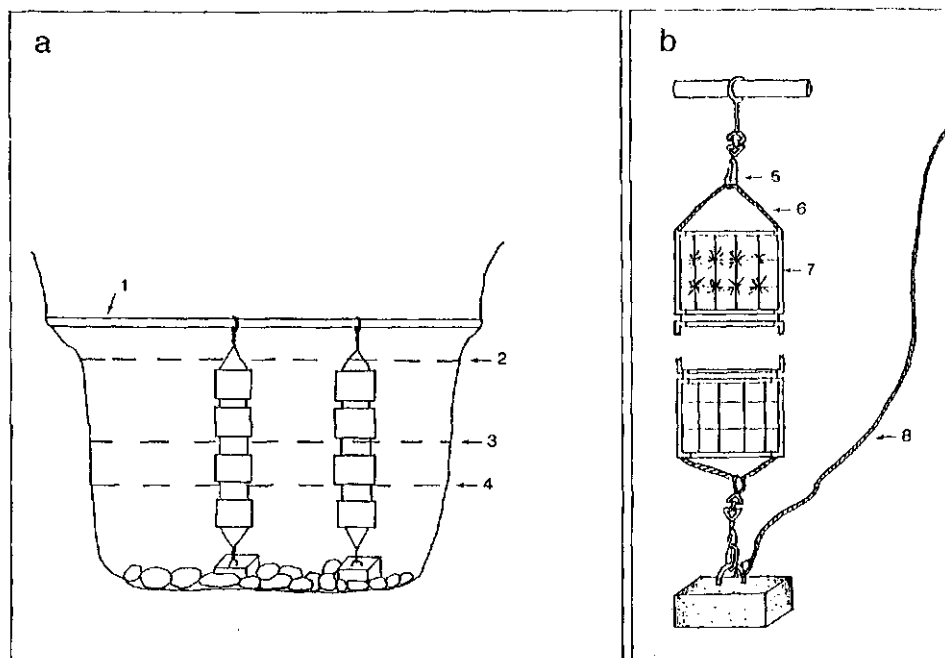


Figura 1. Cultivo de *Gelidium* en canales y rápidos. a) Vista transversal b) Detalle de la instalación de cada escalera. 1. Vara de eucalipto; 2. marea alta; 3. marea baja; 4. nivel 0; 5. mosquetón 6. cabo nylon; 7. marco PVC $\frac{1}{2}$ " 8. cuerda nylon para levantar el muerto.

Figure 1. *Gelidium* culture in gullies. a) transversal section b) installation of an experimental ladder. 1. Eucalyptus bar 2. high tide 3. low tide 4. nivel 0 5. snaphook 6. handle 7. PVC frame 8. nylon rope to lift weight.

Después de 20 días se evaluó la velocidad de crecimiento y la producción neta lograda por los cuadrantes con distintos pesos iniciales de plantas, así como la relación entre la producción y el peso inicial del cuadrante. El conjunto de estos experimentos se realizó entre Octubre de 1983 y Marzo de 1984 y se llevaron a cabo en la localidad de Las Cruces, 20 km al sur del Puerto de San Antonio.

Producción de esporas y cultivo de juveniles

Habiendo sido posible cultivar las plantas de *Gelidium* en canales y rápidos en los roqueríos es necesario resolver los problemas implícitos en la plantación de *Gelidium* en las redes de cultivo. Si se usan trozos de plantas adultas para esta actividad, el proceso resulta poco rentable debido a la necesidad de gran cantidad de trabajo humano y debido al precio internacional de la materia prima. El iniciar estos cultivos a partir de esporas es una alternativa que reduciría la

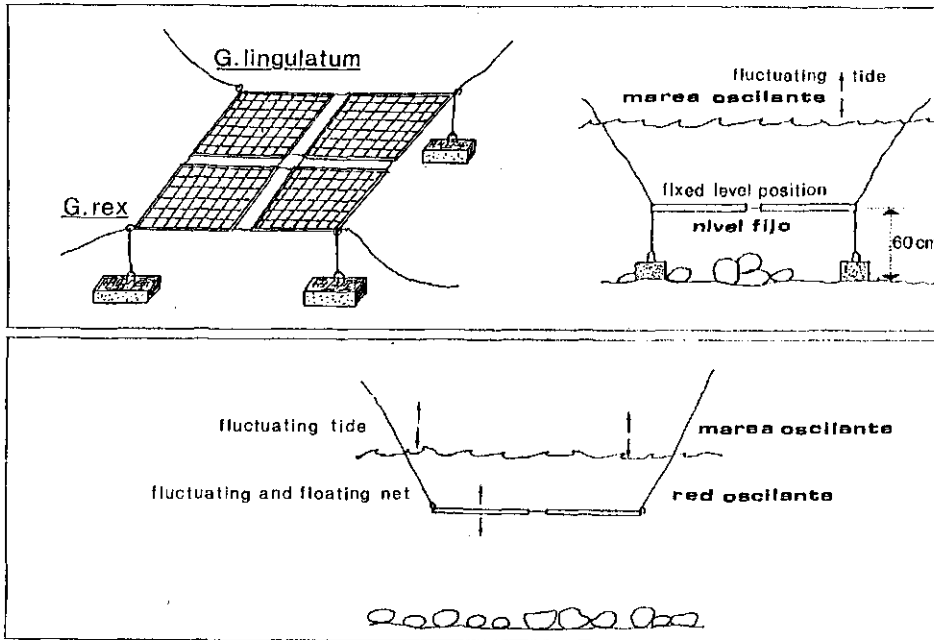


Figura 2. Cultivo de *Gelidium lingulatum* en redes dispuestas en canalones y rápidos. a) Redes a profundidad fija, b) Redes a nivel fija.

Figure 2. *Gelidium* culture on horizontal nets in gullies. The nets were a) floating at a fixed depth or b) placed at a fixed level above the bottom.

cantidad de tiempo y esfuerzo en el proceso de plantación. El objetivo de esta parte del estudio, en consecuencia, se orientó a evaluar los efectos de intensidad luminosa, temperatura y fotoperíodo en el crecimiento de embriones de *G. lingulatum* y de *G. chilense* como un primer paso para definir condiciones óptimas de cultivo para juveniles.

Frondas teraspóricas de ambas especies fueron recogidas en Pelancura entre Julio y Noviembre de 1982. Fueron transportadas al laboratorio en baldes plásticos con agua de mar. Allí las plantas fueron lavadas con agua dulce y escobilladas para reducir contaminación. Las ramas microscópicas fueron aisladas con la ayuda de un estereo-microscopio, inoculadas en discos Petri con 150 cc de agua de mar estéril e incubadas por una noche a 15 °C y baja iluminación, (10 $\mu\text{E}/\text{m}^2/\text{s}$) para estimular la liberación de esporas. Las esporas se instalaron sobre seis cubreobjetos de 22 x 22 mm previamente adheridos al fondo de los discos Petri. Luego de la liberación de esporas, las ramas fértiles y el agua de mar estériles fueron vaciadas de los discos Petri y el medio de cultivo reemplazado por agua de mar enriquecida con NaNO_3 , NaH_2PO_4 , Na_2EDTA , FeCl_3 y tris buffer. Dos discos (réplicas) fueron usados en

cada tratamiento evaluando el efecto combinado de densidad de flujo fotónico (25, 50, 75 $\mu\text{E}/\text{m}^2/\text{s}$) temperatura (10, 15 y 20 °C) y fotoperíodo (8, 12 y 16 horas de luz). Cada experimento duró 30 días y el medio de cultivo se cambió cada 4 días.

Los cubrojetos (uno de cada disco) fueron muestreados luego de 1, 5, 15 y 30 días de incubación. Los embriones de cada cubreobjeto fueron fijados en una solución de 4% de formalina en agua de mar y luego montados en porta objetos usando una solución de Karo syrup al 22% en agua destilada. Once embriones de cada cubreobjeto fueron elegidos al azar y su contorno dibujado usando una cámara lúcida. Luego el área de cada embrión fue calculada usando un planímetro digital (Ushikata-400). El incremento de área del embrión entre los días 1 y 30 fue usado para calcular crecimiento diario aplicando un programa de interés compuesto (Hewlett-Packard 67). El área no es el mejor parámetro para medir crecimiento en un organismo tridimensional. Sin embargo, el tamaño pequeño de los embriones y la necesidad de mantenerlos vivos luego de mediciones repetidas de crecimiento no permitieron medir cambios en biomasa o en volumen. Además, aunque los embriones aumentaron de tamaño, su forma general permaneció constante durante el período experimental.

Los valores de crecimiento relativo fueron luego transformados (transformación angular) y la significación de diferencias entre tratamientos fue evaluada usando análisis de varianza multifactorial y el test de Newman-Keuls (Sokal & Rohlf, 1969).

Resultados y discusión

La superficie rocosa desde donde se extrajo *Lessonia nigrescens* durante el mes de Mayo y se mantuvo libre de ramoneadores fue cubierta rápidamente por *Ulva rigida* y *Gelidium chilense* (Fig. 3). Estas dos especies existían entre los discos de *L. nigrescens* con valores respectivos de cobertura de 10 y 5% y cuyos valores subieron a 60 y 30% respectivamente dos meses después de la extracción de *L. nigrescens*. Su incremento en cobertura, sin embargo, perdura poco. Los primeros juveniles de *L. nigrescens* empezaron a aparecer hacia finales de Julio de 1980. Durante el mes de Agosto cubrieron casi el 50% de la superficie rocosa y sus valores de cobertura siguieron incrementando, alcanzando 100% para Mayo de 1981. Simultáneamente, los valores de cobertura de *Ulva rigida* y *Gelidium chilense* disminuyeron, alcanzando valores cercanos a 10%.

Observaciones en los cuadrantes sin extracción (controles) no indicaron cambios importantes durante los 15 meses de estudio y la cobertura se mantuvo dominada casi en un 100% por *Lessonia nigrescens*. *Ulva rigida* y *Gelidium chilense* también se encontraron aquí entre los discos de *L. nigrescens* con valores inferiores al 10% de cobertura. El incremento en cobertura mostrado por *Ulva rigida* y *G. chilense* durante Junio-Julio no se observó en estas áreas sin extracción.

Cuando la extracción de *Lessonia nigrescens* se realiza en verano (Diciembre-Enero), se produce una reducción drástica de algas calcáreas (*Mesophyllum* sp) y, un notable incremento

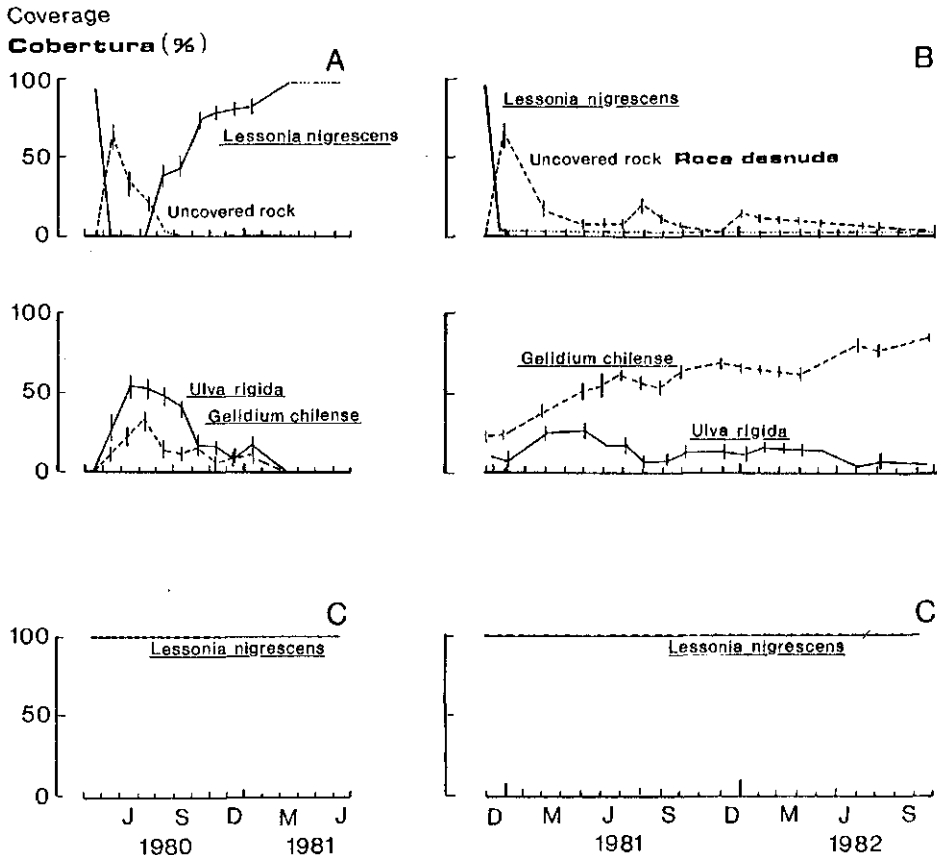


Figura 3. Cambios en la importancia de especies de algas después de la extracción de *Lessonia nigrescens* en ausencia de ramoneadores. A: Extracción en otoño/ invierno; B: extracción en verano; C: control sin extracción.

Figure 3. Successive colonization of the substrates by algal species after removal of *L. nigrescens* and in the absence of grazers. A: removal in late autumn/winter B: removal in summer C: control.

de los valores de cobertura de *Gelidium chilense*, las que aumentan de 15% de cobertura en Enero de 1981 a 90% en Octubre de 1982. En estos casos no se observó reclutamiento de juveniles de *L. nigrescens* durante los 21 meses de estudio experimental. En consecuencia, un monocultivo denso de *Gelidium chilense* persistió en estos cuadrantes hasta Octubre de 1982, fecha en que este estudio se dió por terminado.

Los datos obtenidos en los cuadrantes sin extracción de *Lessonia nigrescens* indicaron un curso de eventos similar a aquellos ya descritos para los controles de invierno, donde *Lessonia nigrescens* mantuvo un valor de cobertura cercano al 100%.

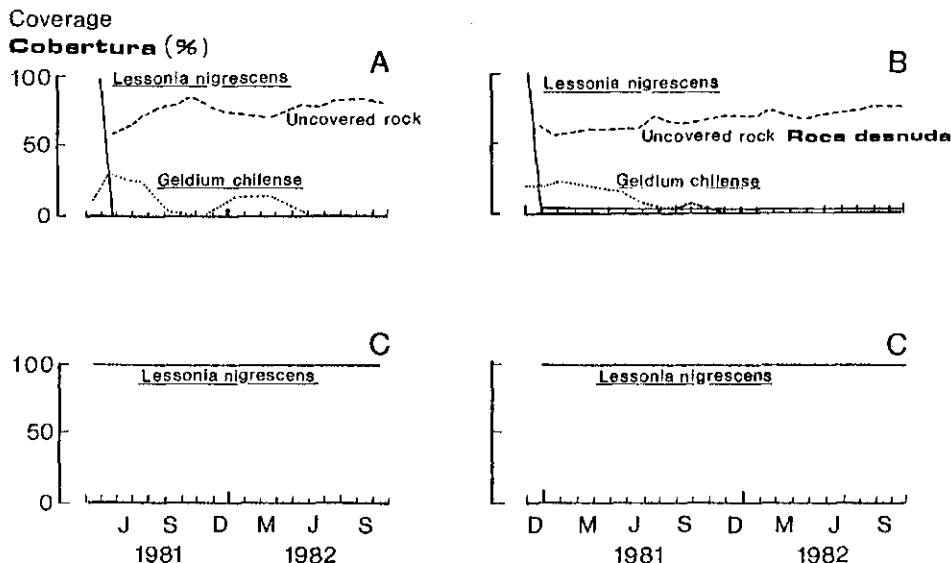


Figura 4. Cambios en la importancia de especies de algas luego de la extracción de *L. nigrescens* en presencia de ramoneadores A: extracción en invierno; B extracción en verano; C: control.

Figure 4. Successive colonization of the substrates by algal species after removal of *L. nigrescens* but in the presence of grazers. A: removal in winter; B: removal in summer; C: control.

Quando la extracción de *Lessonia nigrescens* se realiza en presencia de ramoneadores (*Tetrapygus niger*), se produce una notable reducción en los valores de cobertura de algas y un aumento significativo en los valores de roca desnuda. Este tipo de resultado es similar, ya sea que la extracción de *L. nigrescens* se practique en verano (Fig. 4) o en invierno.

El conjunto de estos resultados, en consecuencia, indica que sería posible expandir las praderas naturales de *Gelidium chilense* por extracción selectiva de algunas especies competidoras y bajo ciertas condiciones dadas. En este caso específico existe la posibilidad de lograr lo si se practica extracción del competidor dominante *Lessonia nigrescens* durante una época como el verano en que no existe producción de esporas y reclutamiento de juveniles de *L. nigrescens* y si se impide la entrada de ramoneadores a estos sitios de extracción.

Cultivo masivo en tanques

Dos de las tres especies de *Gelidium* estudiadas pudieron crecer flotando libremente en las botellas de cultivo y sus velocidades están ilustradas en la Fig. 5. Las velocidades de crecimiento máximas alcanzadas en las botellas de cultivo

Cumulative growth **Crecimiento acumulativo (%)**

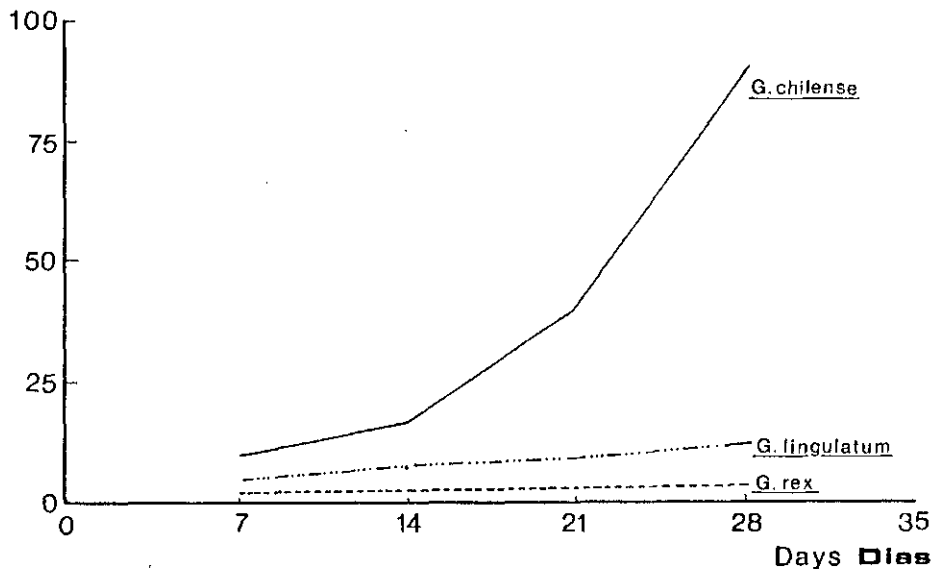


Figura 5. Crecimiento de tres especies de *Gelidium* en condiciones de cultivo flotante. Los datos se corresponden al incremento relativo con relación a la biomasa inicial.

Figure 5. The cumulative growth of three *Gelidium* species in laboratory cultures. Percentages refer to increase of the initial biomass.

fueron de 2.51% para *G. linguatum* y 60% para *Gelidium chilense*. *Gelidium rex* no sobrevivió a las condiciones de cultivo y más del 70% de los individuos de esta especie perdieron sus pigmentos y murieron luego de 15 días de iniciado el experimento. La velocidad de crecimiento mostrado por *G. chilense* indica que en este sistema de cultivo su peso original se puede duplicar en 30 días, mientras que *G. linguatum* sólo lo haría en 120 días.

Como se anticipó en la introducción, la sobrevivencia de estas especies de *Gelidium* flotando libremente en las botellas de cultivo parece estar relacionada con sus capacidades para adoptar una morfología globosa o subglobosa, desprovista de disco adhesivo, con ejes y ramas orientadas radialmente. Tal cambio morfológico se produjo en *G. chilense* en los 28 días de cultivo. En *G. linguatum*, en cambio, tales ramificaciones radiales se formaron sólo desde proliferaciones que se generaron en los discos adhesivos. Si se cultivan estas ramificaciones quizás las velocidades de crecimiento sean mayores. La decoloración y muerte del resto del talo, en cambio, influyó en el cálculo de las velocidades de crecimiento de esta especie, el que resultó ser más bien bajo.

El conjunto de resultados obtenidos en esta parte del estudio indica, en consecuencia, que a lo menos *Gelidium*

chilense y quizás los meristemas de cultivo de *G. lingulatum* serían susceptibles de ser cultivados flotando libremente. Es posible que estudios posteriores que permitan entender mejor los patrones de absorción de nutrientes y de incorporación de CO₂ en estas especies permitan incrementar las velocidades de crecimiento mostradas por estos organismos.

Cultivo de *Gelidium* en canales y rápidos intermareales

Los experimentos iniciales de cultivo *Gelidium lingulatum* en canales y rápidos intermareales indicaron que la especie efectivamente podía crecer en este tipo de cultivos. Las velocidades de crecimiento (Fig. 6) varían en función de la altura de mareas. Las plantas muestran menor tasa de crecimiento diario (1.13%) en los niveles intermareales más altos (1.2 m sobre el nivel cero), mientras que entre 0.2 y + 0.8 m sus velocidades de crecimiento fueron superiores y variaron entre 2.6 y 2.9% diario.

Los experimentos comparando velocidades de crecimiento de nivel constante con profundidad constante no indicaron, al menos en una especie, diferencias significativas. El intenso movimiento de agua destruyó las plantas de *Gelidium lingulatum* en los cuadrantes mantenidos a profundidad fija, lo que imposibilita la comparación con la otra especie. Los resultados logrados se muestran en el cuadro 2 que indica, además, que *G. lingulatum* crece comparativamente más rápido que *G. rex*.

Cuadro 2. Crecimiento diario de las especies de *Gelidium* cultivadas en canales y rápidos intermareales

Table 2. Daily growth rate of *Gelidium* species cultured in intertidal gullies.

Species	Fixed depth systems: depth. (cm)	Fixed level systems: level (cm)
<i>Gelidium rex</i>		
replicate 1	0.93 ± 0.4	0.94 ± 0.5
replicate 2	0.80 ± 0.3	0.92 ± 0.5
Mean	0.86 ± 0.4	0.93 ± 0.5
<i>Gelidium lingulatum</i>		
replicate 1	-	1.6 ± 0.5
replicate 2	-	1.5 ± 0.5
Mean	-	1.55 ± 0.5

Estos experimentos se terminaron hacia finales del verano, por lo que es explicable que las velocidades de crecimiento de *G. lingulatum* sean menores que en el experimento anterior (realizado durante Enero-Febrero). En todo caso, es evidente que ambas especies puedan crecer en este tipo de cultivo, aunque sus valores de velocidad de crecimiento son bajos.

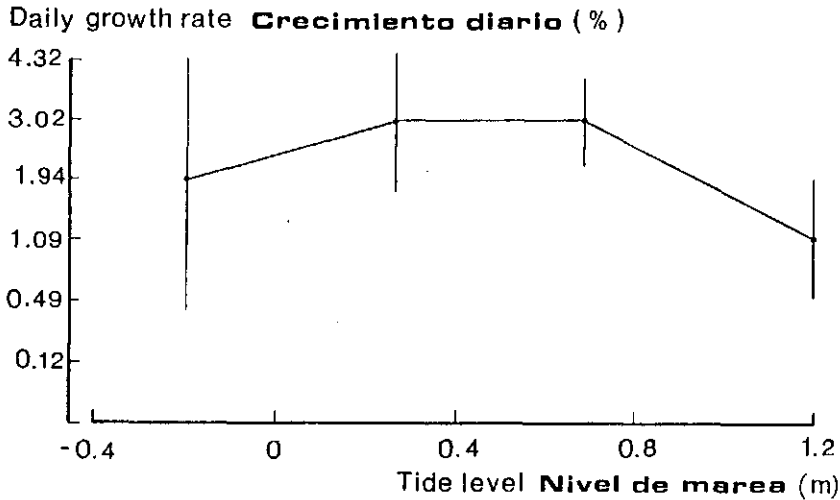


Figura 6. Crecimiento diario de *G. lingulatum* en cultivos en calones.

Figure 6. Daily growth rate of *G. lingulatum* cultured in gullies.

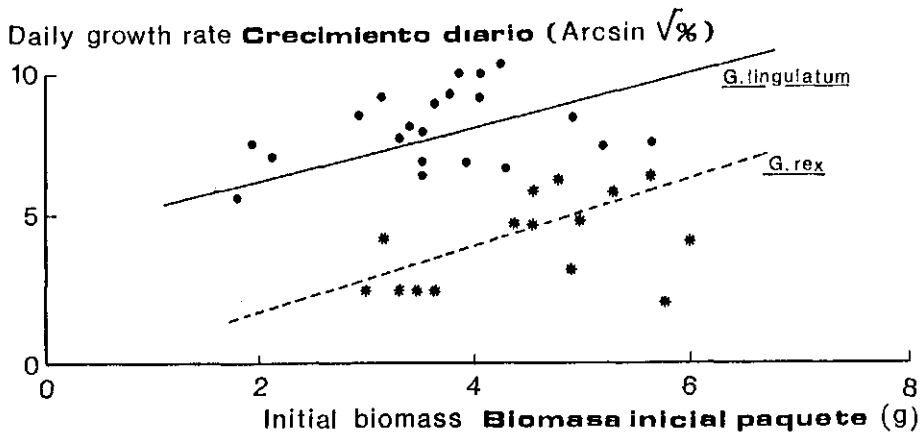


Figura 7. Correlación entre crecimiento de *Gelidium* y biomasa inicial de plantas individuales.

Figure 7. The daily growth rate of *Gelidium* in relation to the initial biomass of the plants.

Como es esperable, tanto las tasas de crecimiento diario como la biomasa producida por estas especies en estos cultivos depende del peso inicial de las plantas (Figs. 7 y 8). Las tasas de crecimiento son superiores en *Gelidium lingulatum* que en *G. rex* a cualquier valor inicial del tamaño de la planta (o paquete de plantas, Fig. 7), mientras que el incremento total en biomasa en función de la biomasa inicial de estas plantas producido en *G. lingulatum* es lineal, mientras que en *G. rex* es exponencial (Fig. 8). Esta diferencia probablemente se debe a las diferencias morfológicas entre ambas especies que implica un mayor número de ramas en las plantas de *G. rex* a medida que éste crece.

El último experimento en esta serie fue orientado a evaluar el efecto que sobre el crecimiento de *G. lingulatum* tenía la biomasa inicial del cuadrante y, por ende la distancia a la que se instalaron las plantas. Los resultados (Fig. 9) muestran que a las densidades usadas no hay diferencias significativas en los porcentajes de crecimiento en función de los pesos iniciales de los cuadrantes. En consecuencia, la producción neta es significativamente mayor mientras mayor sea la biomasa inicial. Es probable que los valores iniciales de densidad usados en estos cuadrantes no hayan alcanzado los niveles de saturación.

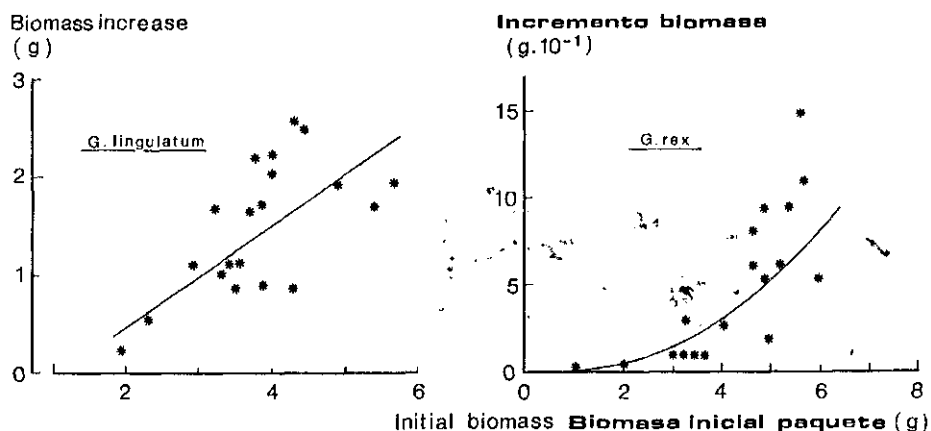


Figura 8. Relación entre el peso inicial del paquete de plantas y su crecimiento total en *G. lingulatum* y *G. rex*.
 Figure 8. The total biomass increase of *G. lingulatum* and *G. rex* in relation to their initial biomass.

Se puede concluir que este conjunto de experimentos sugiere la posibilidad de cultivar las especies de *Gelidium* en rápidos y canales. Esta línea de acción está recién iniciándose y futuros experimentos deberán evaluar la factibilidad de cultivo comercial de estas especies. Se anticipa la existencia de numerosos problemas tecnológicos a resolver principalmente relacionados con la instalación de cuadrantes de cul-

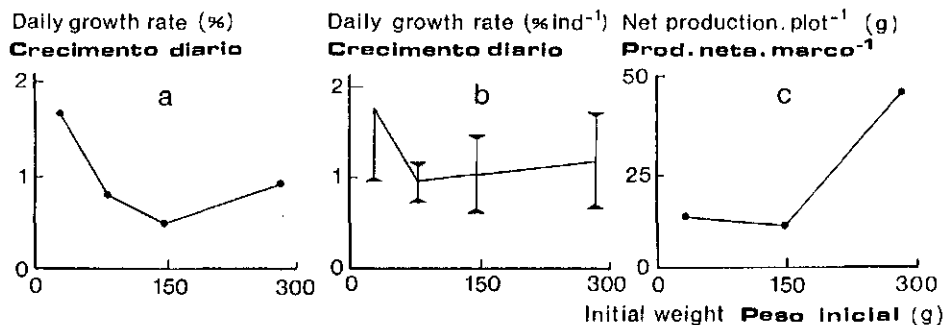


Figura 9. Crecimiento diario y producción neta de *G. lingulatum* como función del peso inicial en los cuadrantes de cultivo. a = crecimiento diario de la biomasa; b = crecimiento diario por planta; c = producción neta.

Figure 9. Daily growth rate and net production of *G. lingulatum* in relation to the initial biomass. The algae were cultured in experimental plots. a = daily growth rate of biomass; b = daily individual growth rate; c = net production.

tivo en el mar. Sin embargo, los resultados aparecen como promisorios.

Producción de esporas y cultivo de juveniles

Los resultados del cultivo de esporas y juveniles a fin de definir condiciones óptimas de cultivo están mostradas en la Fig. 10. Las tetrásporas de ambas especies mostraron valores de germinación del orden de 50-70% bajo todas las condiciones experimentales usadas. En consecuencia, las diferentes condiciones de densidad de flujo fotónico, temperatura y fotoperíodo experimentados no tuvieron efecto significativo sobre la germinación de estas especies en el rango de condiciones experimentales usadas.

El efecto de estos tres factores físicos llegó a ser más evidente a medida que progresó el crecimiento en ambas especies. Los juveniles de *Gelidium chilense* fueron afectados primariamente por la temperatura y el fotoperíodo. Así, el tamaño de los juveniles a temperatura de 15 y 20°C luego de 30 días de incubación fue significativamente mayor que aquellos mostrados a 10°C, independiente del fotoperíodo usado. El crecimiento máximo de *G. chilense* ocurrió con 16 horas de iluminación a todas las temperaturas, excepto a 20°C donde el crecimiento de esta especie fue inhibida, alcanzando crecimiento máximo bajo 12 horas de luz. Las diferencias más notables en crecimiento producido por diferentes niveles de irradiación ocurrieron a 10°C y 8 horas de luz diaria.

El patrón general de respuesta de los juveniles de *G. lingulatum* fue similar al de *G. chilense*, pero mostró algunas diferencias. Esta especie mostró menos crecimiento a 10°C sin diferencias significativas en crecimiento bajo distintos, fotoperíodos o densidades de flujo fotónico usados. A 15°C el

crecimiento máximo se logró con 16 horas diarias de luz, mientras que a 20°C el crecimiento máximo se logró a 12 horas de luz.

Estos resultados permiten definir un conjunto básico de condiciones abióticas para cultivar juveniles de estas dos especies de *Gelidium*. El crecimiento óptimo de *G. chilense* se logra bajo fotoperíodos de 12 horas diarias de luz, 20°C e iluminaciones de 25-75 $\mu\text{E m}^2/\text{s}$. Con *G. lingulatum* el crecimiento máximo se logra tanto a 15°C y 16 horas de luz, como a 20°C y 12 horas de luz.

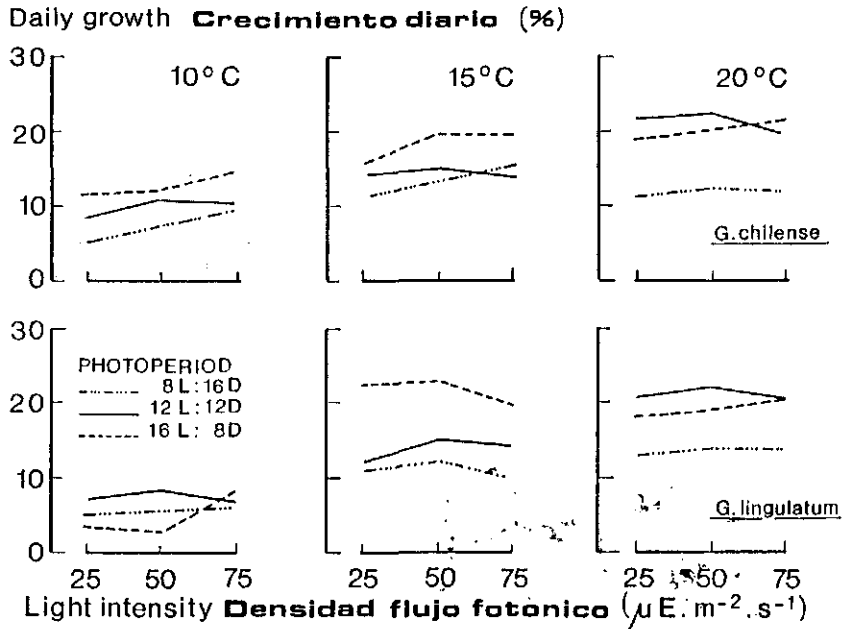


Figura 10. Efecto de densidad de flujo fotónico, fotoperíodo y temperatura sobre el crecimiento de *Gelidium* spp.

Figure 10. The effect of light intensity, photoperiod and temperature on the growth rate of *Gelidium* spp.

Conclusiones

Todos los métodos aquí intentados para incrementar la biomasa de las especies de *Gelidium* en Chile central han resultado ser prometedores. Así, es posible incrementar la extensión de praderas naturales por extracción selectiva de especies competidoras de algas. Es igualmente posible cultivar algunas de estas especies en sistemas flotantes de cultivo, mientras que se cultivo en canales y rápidos intermareales resulta atractivo no sólo por la facilidad de crecimiento de

estas especies, sino porque permiten considerar la posibilidad de utilizar un tipo de habitat pobremente explotado hasta el momento.

Agradecimientos

Se agradece el apoyo financiero de la Fundación Internacional de Ciencias, Proyecto G 112, de la Fundación para la Investigación y Desarrollo (IDRC-Canadá) a través del proyecto 3-P-85-0069, de la Subsecretaría de Pesca y de la Dirección de Investigación de la Pontificia Universidad Católica de Chile, que han permitido el desarrollo de distintos aspectos de este trabajo.

Bibliografía

- Austin, A.P., 1959. Observation on *Furcellaria fastigiata* (L.) Lam. forma *aegagropila* Reincke in Danish waters with a note on other unattached algal forms. *Hydrobiologia*, 14: 255-277.
- Correa, J., Avilla, M. & Santelices, B., 1985. Effects of some environmental factors on growth of sporelings in two species of *Gelidium* (Rhodophyta). *Aquaculture*, 44: 221-227.
- Hartog, C., 1972. Substratum. Multicellular plants. In: O. Kinne (Editor), *Marine Ecology*, Vol. 1. A Comprehensive, integrated treatise on life in oceans and coastal waters. Wiley-Interscience, London. pp. 1277-1290.
- Humm, H.J., Agar resources of the South Atlantic and East Gulf coast. *Science*, 100: 209-212.
- Isaac, W.E., 1956. The ecology of *Gracilaria confervoides* Grev. in South Africa with special reference to its ecology in the Saldanha-Langebaan Lagoon. Second International Seaweed Symposium: 173-185.
- Montalva, S. & Santelices, B., 1981. Interspecific interference among species of *Gelidium* from central Chile. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 53: 77-88.
- Ojeda, F.P. & Santelices, B., 1984. Ecological dominance of *Lessonia nigrescens* (Phaeophyta) in Central Chile. *Mar. Ecol. Prog. Series*, 19: 83-91.
- Obliger, P. & Santelices, B., 1981. Physiological ecology studies on Chilean Gelidiales. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 53: 65-76.
- Santelices, B., 1974. Gelidioid algae, a brief resumé of the pertinent literature. *Marine Agronomy, U.S. Sea Grant Program, Hawaii, Tech. Report*, 1:1-12.
- Santelices, B., 1976. Una nota sobre cultivo masivo de algunas especies de Gelidiales (Rhodophyta). *Rev. Biol. Mar.*, 16: 27-33.
- Santelices, B., 1986. A case study for the wild harvest and culture of the economically important species of *Gelidium* in Chile. *FAO Technical Report* (en prensa).
- Santelices, B. & Abbott, I.A., 1985. *Gelidium rex* sp. nov. (Gelidiales, Rhodophyta) from Central Chile. In: I.A. Abbott and J. Norris (editors), *Taxonomy of economic seaweeds with reference to some Pacific and Caribbean species*. California Sea Grant College Program, La Jolla, California, U.S.A., pp. 33-36.

- Santelices, B. & Lopehandía, J., 1981. Chilean seaweed resources: a quantitative review of potencial and present utilization. Proc. Int. Seaweed Symp., 10:725-730.
- Santelices, B. & Montalva, S., 1983. Taxonomic studies on Gelidiaceae (Rhodophyta) from Central Chile. Phycologia, 22 (2): 185-196.
- Santelices, B. & Stewart, J., 1985. Pacific species of *Gelidium* and other Gelidiales (Rhodophyta), pp. 17-32. In: I.A. Abbott and J. Norris (editors), Taxonomy of economic seaweeds with reference to some Pacific and Caribbean species. California Sea Grant College Program, La Jolla, California, U.S.A., pp. 17-32.
- Santelices, B., Castilla, C.C., Cancino, J. & Schmiede, P., 1980. Comparative ecology of *Lessonia nigrescens* and *Durvillaea antarctica* (Phaeophyta) in Central Chile. Mar. Biol., 59: 119-132.
- Santelices, B., Oliger, P. & Montalva, S., 1981a. Production ecology of Chilean Gelidiales. Int. Seaw. Symp., 10: 351-356.
- Santelices, B., Montalva, S. & Oliger, P., 1981b. Competitive algal community organization in exposed intertidal habitats from central Chile. Mar. Ecol. Prog. Ser., 6: 267-276.
- Sutherland, J., 1974. Multiple stable points in natural communities. American Naturalist, 108: 859-873.

CONTENIDOS ENERGETICOS EN UNA MACROALGA DEL SUR DE CHILE,
DURVILLAEA ANTARCTICA (CHAM.) HARIOT (PHAEOPHYTA : FUCALES)

THE ENERGETIC CONTENT IN A MACRO-ALGAL SPECIES FROM SOUTH
CHILE, *Durvillaea antarctica* (CHAM.) HARIOT (PHAEOPHYTA:
FUCALES)

R. Westermeier

Instituto de Botánica, Facultad de Ciencias, Universidad
Austral de Chile, Casilla 567, Valdivia, Chile

Resumen

El presente trabajo analiza constituyentes calóricos y energéticos (carbohidratos, proteínas y lípidos) en discos, estipes, frondas basales y terminales de plantas nuevas, juveniles y adultas de *Durvillaea antarctica*, especie de destacada importancia alimenticia e industrial en Chile.

Los valores calóricos totales y libres de cenizas, son mayores en los órganos de fijación (disco o rizoides) en épocas de otoño y primavera. Las restantes estructuras tienen sus mayores concentraciones de calorías en verano y otoño. En cuanto a la concentración de carbohidratos, el máximo ocurre en primavera para la totalidad de los órganos, no encontrándose diferencias significativas en cuanto a la edad de cada uno de ellos. Hacia el invierno se presentan las menores concentraciones de estos compuestos. El contenido proteico mostró variaciones cuya tendencia general es la de presentar una mayor concentración hacia el verano. Las mínimas concentraciones fueron obtenidas en distintas épocas del año. Se encontró que las estructuras adultas tienen una mayor concentración que las juveniles y nuevas. Los lípidos presentaron variaciones alternas con dos periodos de alta concentración en el año (otoño y primavera).

En general la concentración de los constituyentes energéticos no tiene un patrón definido ni relaciones entre los órganos de la planta y la edad de los mismos.

Summary

This study analyzes the energetic content and components (carbohydrates, proteins and lipids) in the discs, stipes and basal and terminal foliage of germlings, juveniles and adults of *Durvillaea antarctica* (Cham.) Hariot.

The highest total caloric and ash free caloric values in the disc were found in autumn and spring. The rest of the structures had their highest caloric values in summer and autumn. For all organs the highest carbohydrate concentrations occurred in spring while the smallest concentration was found in winter. The protein content showed a tendency towards a maximum in summer. Adult plants had a higher protein content than younger ones. The lipid content varied considerably but showed two peak periods (autumn and spring).

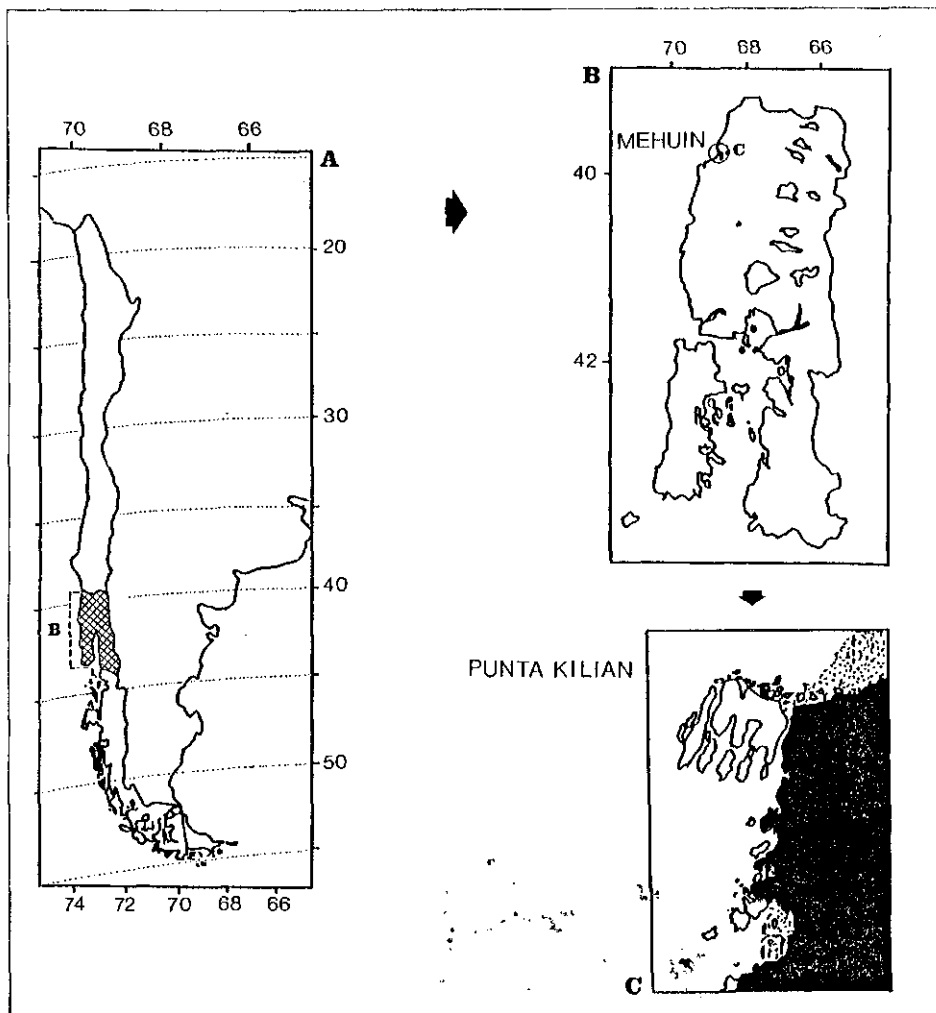


Figura 1. Situación geográfica del área de estudio.
 Figure 1. Geographical Situation of the study area.

In general the data do not reveal a clear pattern or relation between the different organs or plant age groups.

Introducción

Durvillaea antarctica es una de las Phaeophyta más importantes en el intermareal rocoso inferior del sur de Chile, cambiando su patrón de distribución según sea el grado de exposición al oleaje (Westermeier & Rivera, 1986). Es utilizado como alimento por la población costera. En estos últimos tiempos ha adquirido una gran importancia revelada por sus tasas de exportación (Sernap 1985, 1986).

A pesar de ello, los estudios biológicos son poco frecuentes aunque deben destacarse los trabajos llevados a cabo por Buschmann et al., (1984), Santelices et al., (1980), Cancino & Santelices (1981) y Westermeier (1982).

El presente trabajo informa sobre el comportamiento fenológico, calórico y energético de esta Macroalga en el Sur de Chile. Los parámetros analizados se relacionan con las condiciones abióticas y con las tallas y variaciones en los órganos investigados. El propósito es aportar un conocimiento básico que sea útil a futuras políticas de manejo de este recurso en el sur de Chile.

Material y métodos

El trabajo se llevó a cabo en Mehuín (39° 24'S y 73° 13'W), ubicado a 80 kilómetros de la ciudad de Valdivia, en la Décima Región de Chile (Fig. 1).

Plantas completas de diferente edad de *D. antarctica* fueron recogidas mensualmente, lavadas con agua de mar, limpiadas de epífitos y secadas a 60°C hasta peso constante. Una vez seco el material, fue molido y pulverizado para su análisis posterior. La separación de plantas en adultas, juveniles y nuevas se basó en datos morfométricos realizados previamente (Cuadro 1). Se determinó diámetro del disco, diámetro y longitud del estipe, largo y ancho de las frondas y la biomasa por individuo. La fertilidad fue considerada globalmente, no separando las plantas en masculinas y femeninas.

El valor calórico total se determinó sólo para plantas adultas, mediante la combustión de 1 g de muestra en una bomba calorimétrica Parr. El porcentaje de ceniza se determinó por diferencia de peso, cuando se calcinó 1 g de muestra a 500°C durante cuatro horas. Los valores de energía libre de ceniza se determinaron a través de la relación peso seco y porcentaje de cenizas (Westermeier, 1982).

El contenido total de carbohidratos solubles fue determinado por el método fenol sulfúrico (Dubois et al., 1956). Cada muestra se analizó por triplicado y se leyó en un espectrofotómetro Shimadzu modelo UV-180-02 a una longitud de onda de 490 nm.

El contenido total de proteínas se obtuvo por digestión de 0.1 g de muestra con H₂SO₄ seguida por una destilación en un microkjeldahl Büchi 315. A continuación se realizó la titulación correspondiente con HCl 0.01 N. El valor total de Nitrógeno obtenido se multiplicó por la constante 6.25, ob-

teniéndose de esta forma el contenido de proteínas correspondiente.

La concentración de lípidos se midió sólo en plantas adultas y su determinación se hizo gravimétricamente, (Westermeyer, 1982).

Resultados

Fenología

D. antarctica es una planta dioica, fértil entre Mayo-Agosto y Diciembre en el caso de las plantas adultas y juveniles. Las plantas nuevas, al parecer sólo fueron fértiles en Mayo (Cuadro 1).

Cuadro 1. Datos morfométricos de muestras en *Durvillaea antarctica*.

Table 1. Morphometric characteristics of different age groups of *D. antarctica*.

	Adult plants	Juveniles	Germlings
Diameter disc (cm)	12.5 ± 3.4	8.32 ± 3.14	6.24 ± 2.05
Length Stipe (cm)	8.25 ± 3.7	7.49 ± 2.66	6.47 ± 2.51
Diameter Stipe (cm)	2.1 ± 0.3	1.80 ± 0.66	1.25 ± 0.49
Length Foliage (cm)	264.1 ± 60.7	143.3 ± 4.25	74.4 ± 30.4
Width Foliage (cm)	35.3 ± 16.0	20.2 ± 6.24	13.1 ± 4.5
Biomass (g dry matter)	613.29 ± 311.8	171.5 ± 313.1	52.6 ± 25.4
Fertility (months)	Dec./May/Aug.	Dec./June/Aug.	May

Valor calórico

En las plantas adultas los valores mensuales de energía total y libre de cenizas fluctuaron entre 1776 y 3362 cal/g a 2948 y 4785 cal/g peso seco respectivamente. Las estructuras que muestran los mayores valores de energía bruta corresponden al disco basal (rizoides) (2804 cal/g), seguido por las frondas basales (2808 cal/g) y por último por el estipe (2762 cal/g). La diferencia con la energía libre de cenizas es que el estipe presenta el valor intermedio (3806 cal/g) entre el rizoide (4016 cal/g) y las frondas basales (3723 cal/g). Los porcentajes de ceniza por estructura en la planta adulta fluctuaron entre 20 y 33%, siendo el rizoide el órgano con menos contenido, aunque en los meses de verano presentó las máximas concentraciones del total de órganos analizados. Esta variación estacional, que se menciona ocurre también para la energía total y libre de cenizas en todos los órganos analizados (Fig. 2). El disco basal concentra sus máximos en otoño y primavera, mientras que estipe y filoides lo hacen en verano y otoño. En todo éste análisis se comprueba que las diferencias no son marcadas, aún cuando en el caso del porcentaje de cenizas, las frondas basales presentaron máximos en mayo y junio, mientras que las frondas terminales lo hicieron en octubre y diciembre.

Carbohidratos solubles

En los rizoides de las plantas nuevas, juveniles y adultas (Fig. 3) los máximos valores ocurren en diciembre con 10.5, 7.0 y 5.5% respectivamente. Los mínimos se producen en otoño e invierno para plantas adultas y juveniles con 1.0 y 1.5% mientras las tallas correspondientes a plantas nuevas tienen el valor mínimo en septiembre con 1.5%. Para los estipes los porcentajes son notablemente menores, concentrándose los máximos para las plantas nuevas en septiembre con 5%, los juveniles en octubre con 3% y los adultos en diciembre con 4.5%. Esta irregularidad en el ciclo anual se presenta también en los valores mínimos, siendo un ejemplo de ello lo que ocurre con las tallas de plantas nuevas entre un mes a otro, o con los valores mínimos de enero, marzo y junio con concentraciones entre 0.85 y 1.5% (Fig. 4).

En general el comportamiento de las frondas basales y terminales (Fig. 5) presenta un incremento hacia los meses de

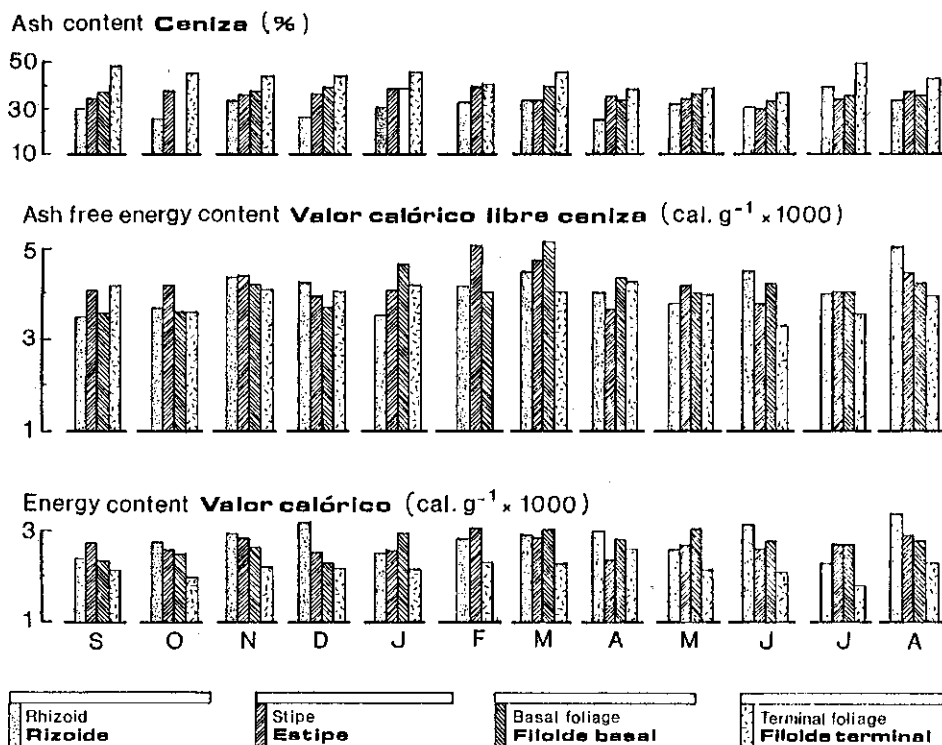


Figura 2. Variación mensual de valores calóricos (Energía bruta y libre de cenizas) y porcentaje de cenizas en plantas adultas de *D. antarctica*.

Figure 2. Monthly variation in the energy content (gross energy and ash-free energy) and ash content in adult specimens of *D. antarctica*.

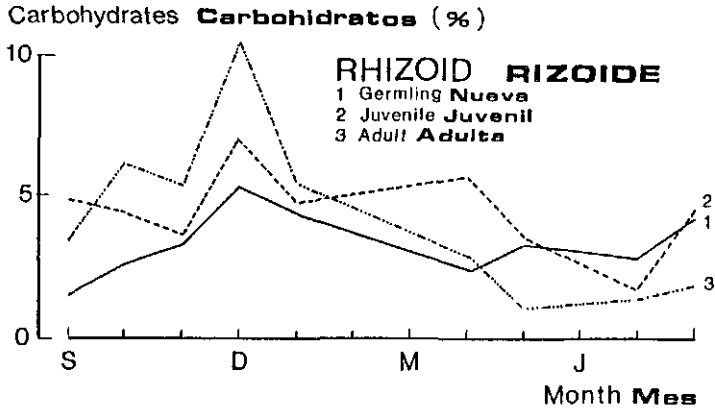


Figura 3. Variación mensual de carbohidratos totales en rizoides en plantas nuevas, juveniles y adultas de *D. antarctica*.
 Figure 3. Monthly variation of the total carbohydrate content in the rhizoids of germlings, juvenile and adult specimens of *D. antarctica*.

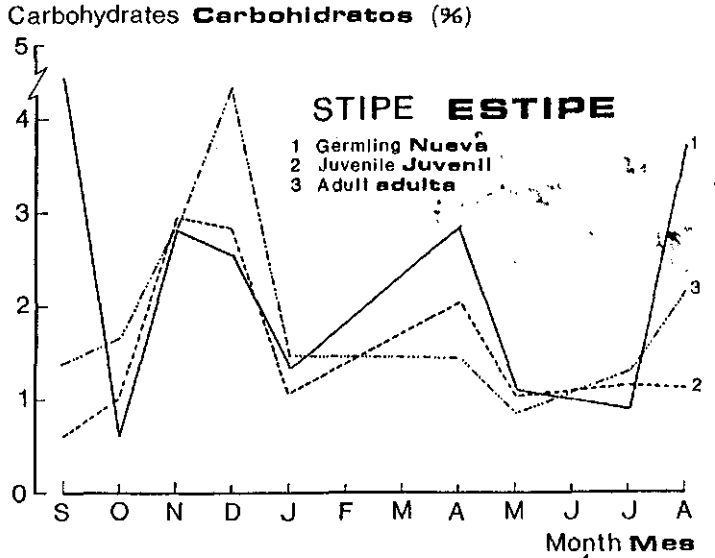


Figura 4. Variación mensual de carbohidratos totales en estipes de plantas nuevas, juveniles y adultas de *D. antarctica*.
 Figure 4. Monthly variation of the total carbohydrate content in the stipe of germlings, juvenile and adult specimens of *D. antarctica*.

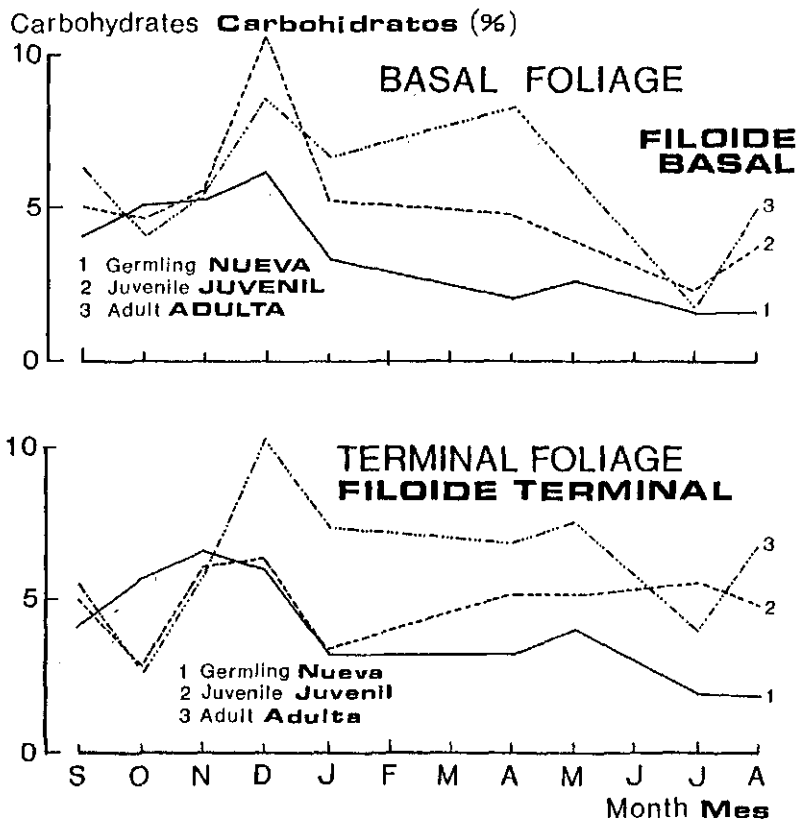


Figura 5. Variación mensual de carbohidratos totales en filoides basales y terminales de plantas nuevas, juveniles y adultas de *D. antarctica*.

Figure 5. Monthly variation of the total carbohydrate content in the basal and terminal foliage of germlings, juvenile and adult specimens of *D. antarctica*.

primavera, llegando a presentar sus porcentajes máximos a fines de esa estación o a comienzos de verano. Las frondas juveniles (10.6%), adultas (8.6%) y nuevas (6%), presentan sus máximos en diciembre. Esta relación cambia en las frondas terminales, ya que, en este mismo mes, la de frondas adultas (10.2%) alcanza valores superiores a la de frondas juveniles (6.2%). Para las concentraciones mínimas, en cambio, el comportamiento de estas frondas es diferente. Para los provenientes de la cercanía del estipe la concentración de carbohidratos decrece en invierno, mientras que en las terminales también es posible encontrar valores mínimos a finales de invierno y comienzos de primavera. El promedio anual oscila entre 8.3 y 12.6% en los diferentes órganos. En promedio los mayores porcentajes se presentaron en los discos de fijación, con porcentajes que oscilan entre 11.9 y 12.6%. Luego lo

hacen las frondas terminales y basales con valores entre 9.5 y 11.4% respectivamente. Por último fue el estipe el que arrojó los menores porcentajes, fluctuando entre 8.3 y 9.2%.

Proteínas

La concentración de proteínas (Fig. 6) presenta irregularidades según el órgano de la planta que se analice. Así para el disco basal de plantas adultas los máximos ocurren en febrero y en septiembre para las plantas juveniles y nuevas. Los contenidos proteicos mínimos también presentaron variaciones. En las estructuras adultas estos mínimos ocurren siempre en septiembre, en los juveniles en mayo, y en las nuevas en agosto. El comportamiento anual del porcentaje de

Proteins Proteínas (%)

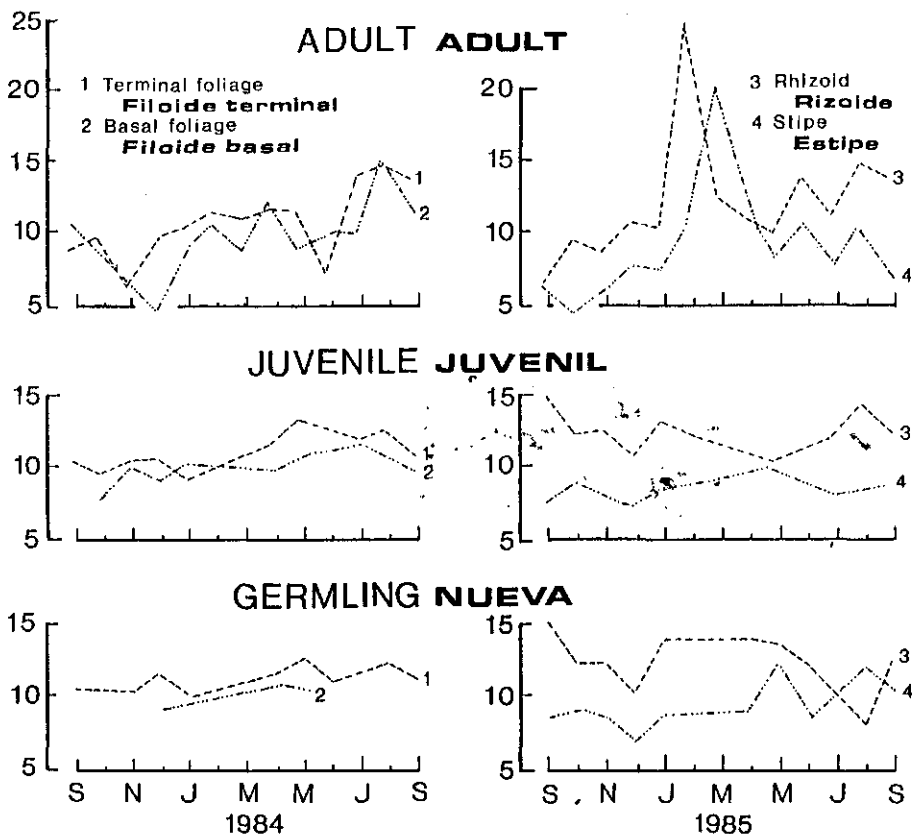


Figura 6. Variación mensual de proteínas en rizoides, estipes y filoides de plantas nuevas, juveniles y adultas de *D. antarctica*.

Figure 6. Monthly variation of the protein content in the rhizoids, stipes and foliages of germlings, juvenile and adult specimens of *D. antarctica*.

protéina de los estipes en las plantas adultas, tiende a ser semejante al de los discos de fijación, aunque desfasado en el tiempo y con porcentajes significativamente menores. En las plantas juveniles y nuevas el comportamiento es antagónico con el del disco de fijación, aún cuando esto sólo ocurre en algunos meses del año. Este antagonismo no existe en otros periodos y las concentraciones máximas son semejantes. Los contenidos anuales de proteína en las frondas basales y terminales presentan comportamientos similares con diferencias poco notables. Para las frondas adultas terminales, hay dos periodos marcados en noviembre y junio. En cambio, en las frondas basales de las plantas adultas este ciclo es irregular, aunque se observa la tendencia anterior de variación en el tiempo. Para las frondas de plantas juveniles y nuevas el ciclo es similar.

Lípidos

En el cuadro 2, la concentración de lípidos oscila entre los 0.020 g/g en septiembre con máximos de 0.085 g/g en febrero. En general, aunque existe estacionalidad, ésta se limita, a aumentos en tres meses sucesivos para disminuir al cuarto mes y continuar el ciclo. Llama la atención, que en estas plantas adultas analizadas, los meses de noviembre, febrero y junio presentan los valores máximos, y los de en septiembre, octubre, diciembre, abril y agosto los mínimos.

Cuadro 2. Variación mensual de contenidos de Lípidos en plantas adultas de *Durvillaea antarctica*.

Table 2. Monthly variation in the lipid content of adult plants of *D. antarctica*.

Months	Lipid content (g/g)
September	0.020
October	0.034
November	0.080
December	0.030
January	0.060
February	0.085
March	0.055
April	0.035
May	0.060
June	0.080
July	0.050
August	0.030

Discusión

En la literatura sobre algas marinas se presentan evidencias contradictorias en relación a si existen variaciones en los valores calóricos y a como se regulan estas diferencias. En el caso de los constituyentes energéticos, se acepta que

existen variaciones de concentraciones según el tiempo, el estado reproductivo, la época de crecimiento, los órganos analizados, etc. En el presente trabajo, al igual que en Westermeyer (1982) y Mc Quaid (1985), se determina la existencia de cambios en los valores calóricos que se relacionan con varios factores, entre los cuales se encuentra la estacionalidad. Si este parámetro (energía total y libre de cenizas) es comparado con radiación y/o temperatura (Fig. 7), la relación es directa, aunque no puede desconocerse que en estas variaciones estacionales son afectadas por acontecimientos endógenos y exógenos.

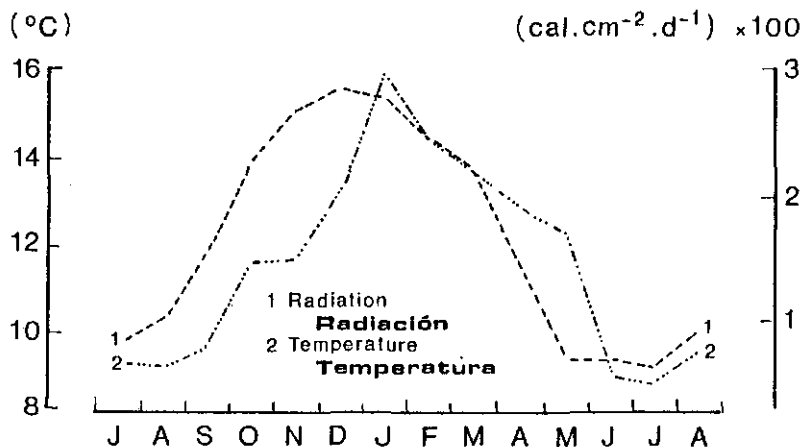


Figura 7. Variación mensual de la radiación solar y de la temperatura en el área de estudio: Mehuin, Chile.

Figure 7. Monthly variation of sun radiation and temperature at the study area: Mehuin, Chile.

Paine & Vadas (1969), postulan que factores estacionales y porción de la planta analizada por ejemplo, no tendrían un efecto significativo sobre los valores calóricos, sin embargo, en este trabajo se encuentran diferencias de 1000 cal/g entre un mes y otro, lo que debiera considerarse como significativo ya que corresponde a más del 20% del contenido calórico determinado. En los diferentes órganos de las plantas adultas, los períodos de máxima y mínima de los valores calóricos no presentan un ciclo claro que se pueda relacionar directamente con la estacionalidad. Así la Energía total o bruta y la Energía libre de cenizas, son mayores en los órganos de fijación de *D. antarctica*, presentando para el resto del Talo un gradiente que disminuye hacia las partes más distantes de la planta. La diferencia entre los rizoides y las frondas terminales es tan sólo de 300 cal/g. La relación entre E. bruta y la E. libre de cenizas es siempre directamente proporcional. No ocurre así cuando algunos de estos valores calóricos se comparan con el porcentaje de cenizas;

aquí las discrepancias con otros autores son marcadas.

La relación entre los carbohidratos de los diferentes órganos analizados tienen un patrón de comportamiento similar, aunque sus concentraciones varían estacionalmente. Black (1948, 1949 y 1950) encontraba éste fenómeno en algas pardas, aún cuando en el caso de *Laminaria* spp. este hecho no está claro. Sin embargo las concentraciones de carbohidratos son altas en los discos de fijación, situación que también se presenta con los valores proteicos. Ello sugiere que el alto valor calórico del disco podría estar estrechamente relacionado con estos compuestos orgánicos. Por otra parte se observa un comportamiento antagónico entre proteínas y carbohidratos, lo que implica que en el periodo de marzo a julio se encuentran plantas con altos valores de proteínas pudiendo ser usadas como alimento en la dieta de la población. Entre septiembre y diciembre, en cambio, son los carbohidratos los acumulados pudiendo sugerirse que estas plantas debieran ser cosechadas (en especial las formas adultas) como materia prima para la producción de alginatos.

Las disminuciones de constituyentes energéticos en los estipes, puede relacionarse con el hecho de que estos órganos estén cumpliendo otra función, como sería la conducción de sustancias entre rizoides y filoides, situación que ha sido descrita en *Macrocystis* (Lobban, 1978; Clendenning 1964). No menos interesante podría ser el efecto mecánico que tiene el oleaje sobre este órgano, provocando un debilitamiento que se traduce en las bajas concentraciones obtenidas.

Los altos valores de proteína en el disco sugieren que está generando continuamente tejido nuevo y que la presencia de animales en el disco (Cancino & Santelices, 1981) puede significar refugio y fuente de alimento de alto contenido energético. Sin lugar a dudas no es un sólo factor, quien tiene la responsabilidad de estos cambios, la dinámica de los constituyentes orgánicos y valores colóridas es consecuencia de la suma de una serie de factores. De acuerdo a los análisis realizados pareciera ser que el valor calórico está determinado por lípidos, proteínas y carbohidratos esencialmente.

Al variar en forma antagónica estos constituyentes energéticos, la explotación de este recurso ha de decidirse de acuerdo con la necesidad de mercado. Esto significa proponer normas de cosecha de éste recurso. Otro aspecto que vale la pena destacar es que en el análisis de las tres tallas se observa que sólo las plantas adultas presentan las mayores concentraciones, aunque las plantas juveniles también pueden presentar estas características en su ciclo anual. Esto sugiere que además de la edad de las plantas debieran tomarse en consideración la relación entre los tamaños, las tasas de crecimiento y la variación de constituyentes energéticos.

La dinámica poblacional de esta especie (Westermeyer et al., 1987) presenta máxima maduración de estructuras reproductivas a fines de otoño e invierno produciéndose una colonización masiva en la época de primavera y aumentos notables de tamaño hacia el verano. Precisamente en esta época y finales de ella, se logran las máximas concentraciones en proteínas y carbohidratos. Sistemas de cosecha experimentadas con podas a nivel del disco, estipe y la lámina, no permiten recuperación en ninguna época del año, lo que sin duda su-

giere que la explotación de este recurso, especialmente con fines industriales, debiera limitarse a las plantas adultas una vez que hayan liberado las estructuras reproductivas proporcionando espacio disponible que puede ser colonizado por dichas estructuras reproductivas (Westermeier et al., 1986).

Agradecimientos

El presente trabajo fue posible gracias al apoyo financiero brindado por la Fundación Internacional de Ciencias (IFS) Suecia, a través del Grant 799/1. La Fundación Volkswagen y la Dirección de Investigación de la Universidad Austral de Chile (Grant. RS-82-37) permitieron a través de su ayuda financiera llevar a cabo partes relevantes de este trabajo. A mis estudiantes del Laboratorio de Botánica Marina un reconocimiento especial por su ayuda en terreno. A Victor Huaiquil y Gina Peruzzo mi agradecimiento por el trabajo arduo en el Laboratorio.

Bibliografía

- Black, W.A.P., 1948. Seasonal variations in chemical composition of some common British Laminariales. *Nature*: 161-174.
- Black, W.A.P., 1949. Seasonal variations in chemical composition of some littoral seaweeds common to Scotland Part II *Fucus serratus*, *Fucus vesiculosus*, *Fucus spiralis* and *Pelvetia canaliculata*. *J. Soc. Cheen Ind.*, 68: 183-189.
- Black, W.A.P., 1950. The seasonal variation in weight and chemical composition of the common British Laminaricea. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.*, 29: 45-72.
- Buschmann, A., Alveal, K. & Romo, H., 1984. Biología de *Durvillaea antarctica* (Phaeophyta, Durvilliales) en Chile Centro Sur, Morfología y Reproducción. *Mem. Asoc. Latinoam. Aquicult.*, 5.
- Cancino, J. & Santelices, B., 1981. The ecological importance of kup-like holdfast as a habitat of invertebrates in Central Chile. II Factors affecting community organization. In: Lewing, T., (Ed.), *International seaweed Symposium*: 241-246.
- Clendenning, K.A., 1964. Photosynthesis and growth in *Macrocystis pyrifera*. *Proceedings of the fourth International Seaweed Symposium*, (4): 55-65.
- Dubois, M., Guilles, K.A., Hamilton, J.K., Rebers, P.A. & Smith F., 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Anal. Chem.*, 28: 350-356.
- Lobban, C., 1978. The growth and death of the *Macrocystis sporophyte*. *Phycologia*, 17 (2): 196-212.
- Mc. Quaid, C.D., 1985. Seasonal variation in the Ash-free Caloric Value of Nine Intertidal Algae. *Bot. Mar.* 28: 545-548.
- Paine, R.T. & Vadas, R.L., 1969. Caloric values of benthic marine algae and their postulated relation to invertebrate food preference. *Mar. Biol.*, 4: 79-86.

- Santelices, B., Castilla, J.C., Cancino, J. & Schmiede, P., 1980. Comparative ecology of *Lessonia nigrescens* and *Durvillaea antarctica* (Phaeophyta) in central Chile. *Mar. Biol.*, 59: 119-132.
- Sernap, 1985. Anuario estadístico (Servicio Nacional de Pesca, Chile). (Yearly statistics of Sernap).
- Sernap, 1986. Anuario estadístico (Servicio Nacional de Pesca, Chile). (Yearly statistics of Sernap).
- Westermeier, R., 1982. Zonierung, Biomasse, Energiegehalt und Schwermetallakkumulation Marinen Algen aus Chile, Helgoland und Spanien. Inaugural Dissertation, 162 pp.
- Westermeier, R. & Rivera, P.J., 1986. Caracterización ficológica del Intermareal rocoso de la 10 Región (Valdivia, Osorno, Llanquihue y Chiloé) y de la 12 Región (Islas Diego Ramírez), Chile. En: R. Westermeier, (Ed.). *Acta II Congr. Algas Mar. Chilenas*, 125-144.
- Westermeier, R., Rivera, P.J. and Gómez, I., 1987. Dinámica poblacional de *Durvillaea antarctica* (Cham.) Hariot, en el Sur de Chile. (En Prensa).

LAS PERSPECTIVAS PARA LA UTILIZACIÓN DE LA FAUNA EPÍFITA (MITILIDOS) COMO FUENTE DE NUTRIENTES EN CULTIVOS DE GRACILARIA VERRUCOSA EN PISCINAS LITORALES

THE PERSPECTIVES OF THE EPIPHYTIC FAUNA (MYTILIDAE) AS A NUTRIENT SOURCE IN POND CULTURES OF *Gracilaria verrucosa*

J.M. Cancino y M.C. Orellana

Departamento de Biología Ambiental y de Poblaciones, Pontificia Universidad Católica de Chile, Casilla 114-D, Santiago, Chile.

Resumen

Experimentos de laboratorio muestran que talos de *Gracilaria verrucosa* cultivados en tanques con mitilidos (*Perumytilus purpuratus* y *Choromytilus chorus*) crecen a una tasa mayor y producen agar con mayor fuerza de gel que talos cultivados en tanques sin mitilidos. Se sugiere que este efecto se debería al amonio excretado por los mitilidos, que es rápidamente absorbido por el alga. Experimentos realizados a $100 \mu\text{E}/\text{m}^2/\text{s}$ y a 12.8°C muestran que *G. verrucosa* absorbe amonio a una tasa máxima de $16.8 \mu\text{moles}/\text{g}/\text{h}$. La tasa de excreción de amonio de *P. purpuratus* varía entre 0.012 y $1.48 \mu\text{moles}/\text{individuo}/\text{h}$ para choritos entre 0.69 y 4.3 cm de largo de concha. *C. Chorus* de tamaño medio (4.41 ± 0.30 cm) excretan $1.16 \pm 0.22 \mu\text{moles}/\text{individuo}/\text{h}$. Sobre la base de estos resultados se sugiere que los mitilidos podrían ser utilizados como fuente de productos nitrogenados en cultivos de *Gracilaria* en piscinas y tanques excavados en tierra. Los mitilidos actúan además como bombas movilizadoras de agua y como filtros removiendo los microorganismos que pudieran competir por nutrientes con *Gracilaria*. Aunque parece atractivo utilizar policultivos con bivalvos de importancia comercial, se sugiere la utilización de *P. purpuratus*, especie que posee una amplia distribución geográfica en Sudamérica y una gran tolerancia a cambios de temperatura y salinidad.

Summary

Gracilaria verrucosa cultured in ponds with mussels (*Perumytilus purpuratus* and *Choromytilus chorus*) grew at a higher rate and produced stronger gels than in ponds with out mussels. It is suggested that this is due to the ammonium excreted by mussels, which is readily absorbed by *G. verrucosa*. According to laboratory experiments, carried out at $100 \mu\text{E}/\text{m}^2/\text{s}$ and 12.8°C , the maximal absorption rate of ammonium by *G. verrucosa* amounted to $16.8 \mu\text{moles}/\text{g}/\text{h}$. The mean ammonium excretion rates of *P. purpuratus* (0.60 - 4.3 cm) and *C. chorus* (4.4 - 0.3 cm) amounted to 0.41 ± 0.35 and $1.16 \pm 0.22 \mu\text{moles}/\text{ind}/\text{h}$ respectively. Based on these results it is suggested that in *Gracilaria* cultures, mussels could be used as a source of nitrogen. Furthermore the mussels also act as

a pump and remove the microalgae which may compete with *Gracilaria* for nutrients. Although it might seem attractive to use in such polycultures mussels which are economically more important than *P. purpuratus*, it is suggested that the latter species should be used because of its high temperature and salinity tolerance and because of its wide distribution in South America.

Introducción

Las especies del genero *Gracilaria* incluyen actualmente las algas de mayor importancia económica de la costa de Chile (Santelices & Lopehandia, 1981, Pizarro, 1986, Santelices & Ugarte, en prensa). Debido a una alta presión de explotación y a la carencia de un programa de manejo de las praderas naturales, en los últimos años se ha observado una drástica disminución en la extracción de *Gracilaria* en las zonas Norte y Central de Chile (Pizarro, 1986, Santelices & Ugarte, en prensa) por lo que a partir de 1979-1980 la explotación se ha concentrado en las praderas de *Gracilaria* de la zona Sur de Chile (Pizarro, 1986, Santelices & Ugarte, en prensa). Paralelamente al deterioro de las praderas naturales, se ha observado un creciente interés del sector privado en establecer plantaciones de *Gracilaria* en el ambiente natural y en 1985 se iniciaron los primeros cultivos masivos de *Gracilaria* en estanques litorales en el Norte de Chile (Santelices & Ugarte, en prensa). Existen numerosos problemas que deben ser solucionados a fin de que estos cultivos en estanques en tierra sean exitosos. Algunos que parecen fundamentales son:

1. el aporte de nutrientes,
2. el movimiento de agua y
3. la remoción de epífitos y microalgas que pudieran competir por nutrientes con las algas en cultivo.

En el presente trabajo se discute la posibilidad de utilizar mitílidos a fin de solucionar estos 3 problemas inherentes al cultivo de *Gracilaria* en estanques en tierra. La idea de policultivos no es nueva (Harlin *et al.*, 1978, Chiang, 1981) pero el presente estudio es el primero con especies de la costa del Pacífico de Sudamérica.

Estudios previos realizados en nuestro laboratorio (Cancino *et al.*, en prensa) han mostrado que los invertebrados que epifitan los talos de *Gracilaria verrucosa* incrementan la fuerza de gel producida por el alga. Este efecto, que es evidente en la pradera natural de la Isla Santa Maria en el Sur de Chile, ha sido reproducido en cultivos de *G. verrucosa* llevados a cabo en el laboratorio y utilizando mitílidos como epífitos (Cancino *et al.*, en prensa). Los resultados previos sugieren que los productos nitrogenados presentes en las excretas de los mitílidos podrían contribuir a la producción de gel mayor fuerza (Cancino *et al.*, en prensa). Esta es un efecto económicamente benéfico que podría utilizarse en cultivos de *Gracilaria* en estanques. En el presente trabajo se da cuenta del efecto de dos especies de mitílidos en las tasa de crecimiento y la calidad del gel producido por talos de *G. verrucosa* cultivada en estanques en tierra. Se estudian también las tasas de excreción de productos nitrogenados de las dos especies de bivalvos y las tasas de absorción de amonio de *G. verrucosa* en condiciones de laboratorio.

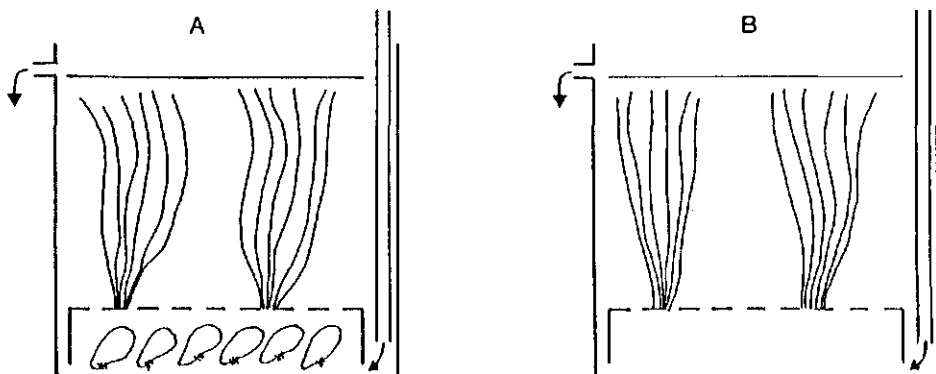


Figura 1. Representación esquemática de los tanques utilizados para cultivo de *Gracilaria verrucosa*.
 Figure 1. Outline of the ponds used to culture *G. verrucosa*.

Cuadro 1. Fecha y condiciones en que se llevó a cabo el cultivo de *Gracilaria verrucosa* en estanques en Las Cruces. El número de réplicas se refiere al número de manojos de algas que se mantuvo por estanques en presencia de *P. purpuratus* (P.p.) y *C. chorus* (C.c.). Como control se mantuvo un número igual de réplicas en tanques sin mitilidos. La intensidad luminosa en el experimento 3b fue reducida experimentalmente a la mitad de aquella observada en el experimento 3a utilizando un biombo de malla plástica blanca.

Table 1. The experimental conditions of the pond culture of *Gracilaria verrucosa* at Las Cruces. The number of replicates refers to the number of algal bundles per pond in the presence of *P. purpuratus* (P.p) and *C. chorus* (C.c.). A similar number of replicates, without mussel presence, served as control. During experiment 3b, the light intensity was reduced experimentally to about 50% of the light intensity observed in experiment 3a, using a screen of white plastic gauze.

Experi- ment	Date of start (1985)	Mollusc species	NH ₄ ⁺ -ex- cretion (µM/h)	Number of repli- cates	Tank volume (l)	Water flow (l/h)	Temp (°C)	Re- marks
1a	18/5	P.p	20.15	4	50	90	11-15	*
1b	18/5	P.p.	18.00	4	50	90	11-15	*
2a	29/9	P.p.	14.42	4	50	15	15-15.5	*
2b	29/9	P.p.	14.37	4	50	15	15-15.5	*
3a	3/11	C.c.	15.47	6	200	12	18	**
3b	3/11	C.c.	15.44	6	200	12	18-20	***

* Cloudy afternoon, ** Direct light during the whole day,
 *** Reduced light intensity

Material y métodos

En todos los experimentos se utilizó *Gracilaria verrucosa* (Hudson) Papenfuss recolectada en la Isla Santa María (36° 59'S, 73° 32'W). El alga fue trasladada al laboratorio en cajas de material aislante y mantenida hasta el inicio de los experimentos en acuarios con circulación de agua de mar.

Efecto de mitilidos en el crecimiento y la fuerza de gel de *G. verrucosa*.

Este efecto fue estudiado en tanques de cultivo en la Estación Costera de Investigaciones Marinas en Las Cruces. Se utilizaron dos especies de mitilidos, *Choromytilus chorus* (Molina) y *Perumytilus purpuratus* (Lamarck), de las cuales sólo *C. chorus* es encontrado adherido a los talos de *G. verrucosa* en la pradera de la Isla Santa María (Cancino *et al.*, en prensa). Los ejemplares de *C. chorus* utilizados en nuestros experimentos fueron traídos junto con las algas o recogidos en diversos lugares de la Bahía de Concepción. *P. purpuratus* es una especie frecuente en el intermareal rocoso de toda la costa de Chile (Marincovich, 1973) y fue utilizada en nuestros experimentos por la facilidad con que se obtiene en la localidad de Las Cruces. Los talos de *G. verrucosa* fueron cultivados en estanques con mitilidos (tratamiento que las algas fueron atadas a estructuras de madera que las mantenían alejadas del fondo (Fig. 1).

Se realizaron cuatro experimentos con *P. purpuratus* y dos con *C. chorus* (Cuadro 1). El amonio excretado por los mitilidos en estos experimentos varió entre 14.37 y 20.15 $\mu\text{M/h}$. Los experimentos fueron realizados, con luz natural cuya intensidad fluctuaba durante el día alcanzando un máximo de 300 $\mu\text{E/m}^2/\text{s}$ a mediodía. Con el fin de averiguar el efecto de la tasa de crecimiento del alga en la fuerza de gel, en uno de los experimentos con *C. chorus* (Cuadro 1, 3b) se redujo experimentalmente la intensidad luminosa a la mitad de la incidente.

Los talos de *G. verrucosa* fueron ordenados en manojos cuyo peso húmedo al comienzo del experimento varió en promedio entre 58.9 y 64.6 g. Cada experimento duró entre 4 y 7 semanas, controlándose semanalmente el peso húmedo de las algas. Este peso fue determinado una vez secada el alga con papel absorbente. Para compensar las diferencias de intensidad luminosa que pudieran existir entre tanques, cada semana se procedió a cambiar los manojos de talos con tratamiento a los tanques controles y viceversa.

Al terminar los experimentos se trató el alga para extracción de gel siguiendo el procedimiento de la Cuadro 2. Dado que el método requiere 25 g secos de alga para una extracción, se debió combinar todos los manojos o réplicas de cada experimento obteniéndose solo un valor de rendimiento y de fuerza de gel por experimento. El rendimiento se expresó como el porcentaje en peso seco que el agar representa del peso de la muestra de alga seca utilizada. La fuerza de gel se midió en una solución 1.5% de agar preparada en 100 ml de agua destilada, la que se dejó gelificar por 12 h en un vaso de precipitado a temperatura ambiente (15 a 20°C). Para la deter-

minación se utilizó un "Gel tester" fabricado por Marine Colloids.

El grado de significancia de las diferencias observadas en las tasa de crecimiento de *G. verrucosa* entre tratamientos y controles de experimentos llevados a cabo simultáneamente, fueron comparadas utilizando la Prueba de Mann-Whitney (Siegel, 1956). Las probabilidades obtenidas con esta prueba, fueron combinadas para una comparación del resultado global (Sokal & Rohlf, 1969). Los rendimientos de agar y la fuerza de gel fueron comparadas a través de las pruebas de signos (Siegel, 1956) y de Student (Sokal & Rohlf, 1969).

Cuadro 2. Procedimiento seguido par la obtención de agar de *Gracilaria verrucosa*.

Table 2. The procedure which was followed to extract agar from *G. verrucosa*.

1. Obtención de una muestra de alga de 250-300 g húmedos.
2. Lavar con abundante agua corriente para remover la sal.
3. Secar en una estufa a 50°C, por 24 h.
4. Tratamiento alcalino. Colocar 25 g de alga seca en 600 ml de solución de NaOH 2.5% a 90°C por 90 min.
5. Lavar con abundante agua corriente.
6. Tratamiento ácido. Poner las algas en 600 ml de solución de H₂SO₄ 0.1 N a temperatura ambiente por 15 min.
7. Lavar con abundante agua corriente.
8. Colocar las algas en agua destilada en una proporción de 1:25. Hervir por 90 min. Agregar agua destilada constantemente para mantener el volumen.
9. Moler en una juguera durante 20 s.
10. Filtrar en caliente utilizando 60 g de tierra de diatomeas (Sigma Chemical Co., D-5509).
11. Congelar a -10°C por 12-18 h.
12. Descongelar a temperatura ambiente (15-20°C) durante 2 a 4 h.
13. Secar en una estufa a 50°C por 20 a 24 h.
14. Agar.

-
1. Take a sample of 250-300 g (wet weight) of algae.
 2. Rinse with water to eliminate salt.
 3. Dry at 50°C during 24 hours.
 4. Immerse 25 g algae (dry weight) in 600 ml of a 2.5% NaOH solution at 90°C during 90 minutes.
 5. Rinse thoroughly in current water.
 6. Immerse the algae in 600 ml of a 0.1N H₂SO₄ solution at room temperature for 15 minutes.
 7. Rinse.
 8. Boil the algae in distilled water (proportion 1:25) for 90 minutes. During boiling add regularly distilled water to maintain the original volume.
 9. Mix in a liquid mixer during 20 seconds.
 10. Filter before cooling through 60 g of diatom earth (Sigma Chemical Co., D-5509).
 11. Conserve during 12-18 hours at -10°C.
 12. Thaw at room temperature (15-20°C) during 2-4 hours.
 13. Dry during 24 hours at 30°C to obtain the agar
-

Cinética de absorción de amonio de *G. verrucosa*.

Aproximadamente 3 g de alga fueron cuidadosamente limpiados y puestos en 300 ml de agua de mar filtrada a 0.45 μm . Esta agua había sido enriquecida previamente con todos los nutrientes del medio de cultivo f/2 (Guillard, 1975) menos nitrógeno, el que fue agregado como NH_4Cl en diferentes concentraciones (0.8 a 56 μM). Se comprobó, que el agua que se iba a enriquecer era deficiente en nitrógeno midiendo previamente amonio, nitritos y nitratos. Las determinaciones se realizaron siguiendo los métodos de Solorzano (1969) para amonio y de Strickland & Parsons (1979) para nitratos y nitritos.

Los experimentos se llevaron a cabo en un sistema refrigerante (12.8-13.2°C), con una intensidad luminosa de 100 $\mu\text{E}/\text{m}^2/\text{s}$. El agua de mar fue mezclada por burbujeo de aire a través de una pipeta Pasteur. Todos los experimentos se hicieron en triplicado. Los talos antes de ser colocados en las concentraciones experimentales, fueron pre-incubados por 5 min para eliminar el efecto de difusión en el espacio libre aparente (Lobban et al., 1985).

La absorción de amonio, se midió determinando la concentración de amonio inicial y final después de 15 min de incubación. Los parámetros cinéticos, $V_{\text{máx}}$ y K_s se determinaron utilizando la transformación de Hanes-Woolf (S/V vs S). Finalmente, utilizando el método propuesto por Wilkinson (1961), se recalcularon los valores de ambos parámetros y se obtuvo sus respectivos errores estándar.

Tasas de excreción de amonio de los mitílidos.

El aporte de amonio de *P. purpuratus* de *C. Chorus* fue medido en individuos aislados. Grupos de mitílidos de ambas especies fueron aclimatados a sumersión continua en el laboratorio, con agua de mar recirculante a $12 \pm 1^\circ\text{C}$. Los datos de excreción de amonio obtenidos para *P. purpuratus* alimentados en el laboratorio fueron comparadas con las de mitílidos con alimento natural. Para tal efecto se recolectó *P. purpuratus* en pozas intermareales en la localidad de Las Cruces durante septiembre-octubre de 1985. La tasa individual de excreción de amonio fue determinada colocando cada mitílido en 100 ml de agua de mar filtrada a 0.45 μm por 1 h para *C. Chorus* y por 2 h para *P. purpuratus*. Como en la sección anterior, el amonio fue medido utilizando el método de Solorzano (1969).

Resultados

Efecto de mitílidos en el crecimiento y fuerza de gel de *G. verrucosa*.

Los talos cultivados con mitílidos, mostraron una tasa de crecimiento significativamente mayor que aquellos cultivados sin mitílidos (Fig. 2, Cuadro 3, $p < 0.001$; Probabilidades combinadas para test de Mann-Whitney). Como era de esperar, este efecto es más notorio cuando la tasa de renovación de agua en el tanque de cultivo se minimiza (por ejemplo, comparar experimentos 1a-1b con y sin mitílidos fueron significativamente distintas aún cuando se redujo experimentalmente la tasa de

Cuadro 3. Peso inicial y tasa de crecimiento de talos *G. verrucosa* cultivados en tanques. N se refiere al número de manojos de algas usado en cada experimento, un N igual fue usado como control. Las tasas de crecimiento están dadas para el primer mes de cultivo. P presenta la probabilidad dada por la prueba de Mann-Whitney para diferencias observadas en las tasas de crecimiento de controles y tratamiento.

Table 3. The initial weight and growth rate of *G. verrucosa* cultured in ponds. The growth rates refer to the first month of culture. The probability level *p* refers to the significance level of the Mann-Whitney U-test which was used to test eventual treatment effects.

Exp.	Initial weight (g)		Growth rate (g/month/g of algae)		Prob. Level P
	Control	Treatment	Control	Treatment	
1a	64.6 ± 1.7	62.4 ± 1.4	0.21 ± 0.08	0.32 ± 0.05	0.029
1b	62.7 ± 1.3	59.9 ± 1.8	0.20 ± 0.09	0.21 ± 0.06	0.443
2a	60.3 ± 0.1	60.2 ± 0.1	0.13 ± 0.03	0.24 ± 0.04	0.014
2b	60.3 ± 0.0	60.3 ± 0.1	0.17 ± 0.04	0.24 ± 0.08	0.100
3a	60.4 ± 0.3	60.7 ± 0.1	1.11 ± 0.08	1.33 ± 0.19	0.021
3b	60.4 ± 0.1	60.5 ± 0.2	0.55 ± 0.09	0.76 ± 0.14	0.008

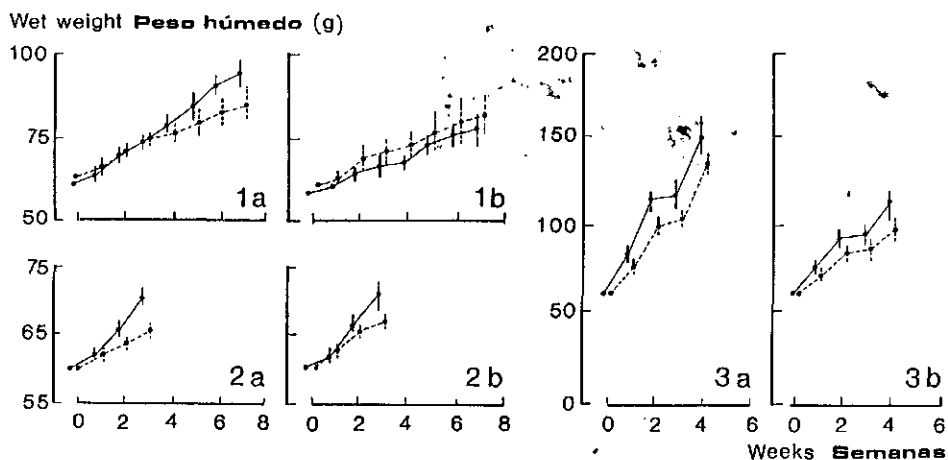


Figura 2. Peso promedio acumulado de talos de *Gracilaria verrucosa* cultivados en tanques en tierra. Las líneas punteadas corresponden a los controles y las líneas enteras a los tratamientos.

Figure 2. The average growth of *G. verrucosa* thalli, cultured in ponds. Dotted line refers to controls, full line to treatments.

Crecimiento del alga mediante sombreo (Fig. 2, Cuadro 3, experimento 3b).

El rendimiento de agar obtenido para *G. verrucosa* cultivada con mitílidos no fue significativamente distinto del rendimiento obtenido en tanques control. En ambas condiciones de cultivo, el rendimiento varió aproximadamente entre 10 y 20% (Cuadro 4). La fuerza de gel del agar producido por los talos de *G. verrucosa* cultivados con mitílidos fue casi el doble de la fuerza de gel promedio obtenida en los controles (368.33 ± 169.97 y 185.33 ± 95.24 g/cm² respectivamente, Cuadro 4). Aunque existió gran variabilidad en la fuerza de gel entre experimentos, las diferencias observadas entre controles y tratamientos son estadísticamente significativas ($p < 0.05$). Para experimentos llevados a cabo simultáneamente se obtuvo una menor fuerza de gel en agar producido por talos que se hicieron crecer experimentalmente a una tasa menor (Cuadro 4, experimento 3b v/s 3a).

Cuadro 4. Rendimiento y fuerza de gel promedio del agar producido por talos de *G. verrucosa* cultivados en tanques en tierra.

Table 4. Yield of agar extraction and gel power of the agar extracted from thalli of *G. verrucosa* cultured in earthen ponds.

Exp.	Control		Treatment	
	Yield (%)	Gel power (g/cm ² ±sd)	Yield (%)	Gel power (g/cm ² ±sd)
1a	18.84	362±11.7	17.84	650±11.0
1b	16.04	126±10.2	19.72	292±11.0
2a	12.00	124±10.2	13.30	344±37.0
2b	16.40	178±11.7	13.80	176±21.0
3a	11.04	214±20.7	13.80	478±21.7
3b	16.16	108±13.1	9.84	270±17.8

Tasa de excreción de amonio de mitílidos.

La tasa de excreción de ambas especies de mitílidos estudiadas fue altamente variable. Para *P. purpuratus* la excreción de amonio varió entre 0.012 y 1.48 µmoles/individuo/h ($\bar{y} = 0.414, s = 0.345$) (Fig. 3). Para *P. purpuratus* de 0.02 a 0.59 g de peso de las partes blandas (0.69 a 4.3 cm de longitud de la concha), se obtuvo un ajuste significativo ($p < 0.05$) de la tasa de excreción (y) en función del peso (x), descrita por la ecuación

$$y = 0.775 x^{0.586} \text{ (ver Fig. 3).}$$

No se observaron diferencias significativas entre las tasas de excreción de animales aclimatados en el laboratorio y recién recolectados en el intermareal. La tasa de excreción de amonio de *C. chorus* fue determinada para individuos de pequeño tamaño (3.9 a 4.6 cm de longitud). Esta varió entre 0.95 y 1.48 µmoles/individuo/h (promedio = 1.157, $s = 0.215$).

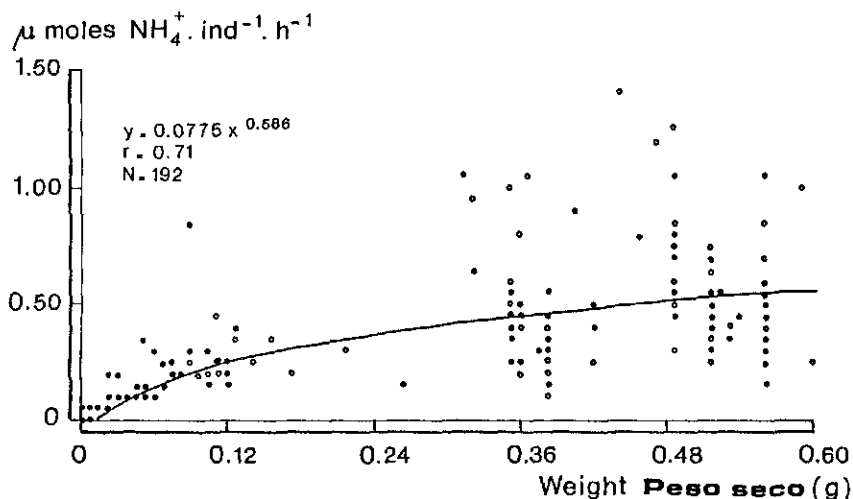


Figura 3. Tasa de excreción de amonio de *P. purpuratus* en función del peso seco de las partes blandas. Los círculos abiertos corresponden a mitilidos cuya tasa de excreción se midió inmediatamente después de recogidos en terreno. Los círculos negros corresponden a animales aclimatados y alimentados en el laboratorio.

Figure 3. Excretion rate of ammonia by *P. purpuratus* in relation to the dry weight of its meat. Open dots refer to animals which were not acclimatized before the excretion measurements. Closed dots refer to animals which, after capture, were kept and fed in the laboratory before the excretion measurements were carried out.

Cinética de absorción de amonio.

La tasa de absorción de *G. verrucosa* depende de la concentración de amonio en el agua al inicio del experimento. La tasa de absorción aumenta en función del aumento de la concentración de amonio, alcanzando una asíntota (Fig. 4). La curva de absorción responde la cinética de Michaelis-Menten con un valor de $V_{\text{máx}}$ de 16.79 (E.S.=1.73) $\mu\text{moles/g/h}$ y un K_s de 6.60 μM (E.S. = 1.99) (Fig. 4).

Discusión

Los resultados del presente trabajo muestran que talos de *Gracilaria verrucosa* cultivados en tanques con mitilidos producen agar de mayor fuerza que talos control mantenidos sin mitilidos. Este resultado concuerda con estudios previos llevados a cabo en nuestro laboratorio (Cancino et al., en prensa) en los cuales se ha demostrado que los animales también aumentan la fuerza de gel de *G. verrucosa* en una pradera natural. Desde el punto de vista económico este es sin duda un

efecto benéfico de los mitílidos que podría utilizarse en policultivos de *Gracilaria*. Es probable que los policultivos clásicos, que utilizan peces (Harlin et al., 1978, Chiang, 1981) produzcan un efecto similar en la fuerza de gel de *Gracilaria*, pero no conocemos estudios al respecto.

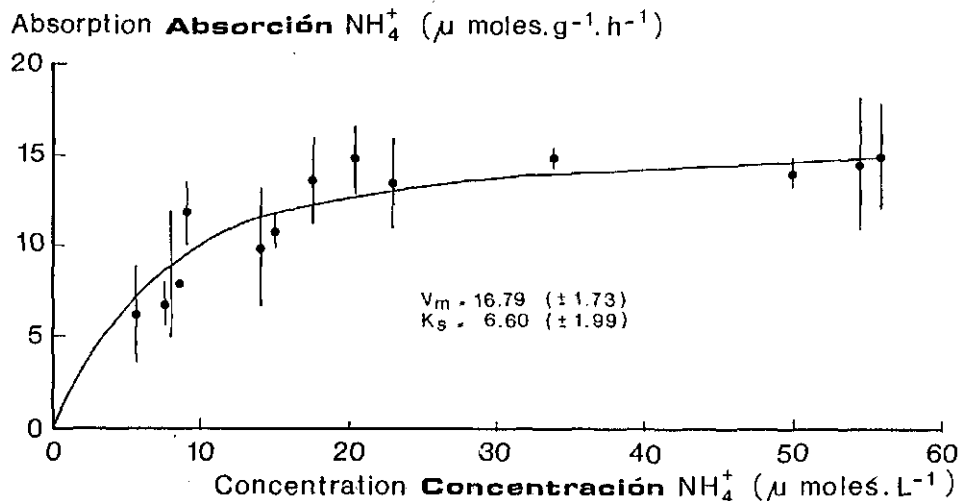


Figura 4. Velocidad de absorción de amonio de *G. verrucosa* en relación a la concentración de amonio externa.
 Figure 4. Absorption rate of ammonia by *G. verrucosa* in relation to the environmental ammonia concentration.

El principal producto nitrogenado excretado por los mitílidos es amonio. Las tasas de excreción de amonio de *P. purpuratus* y de *C. chorus* medidos en el presente estudio están dentro del rango medido para otros bivalvos (Winter, 1977). Nuestros resultados muestran que el amonio es rápidamente absorbido por *G. verrucosa*, lo que probablemente sustentó el crecimiento del alga en tanques de cultivo con una pequeña tasa de renovación de agua. Esto permite explicar las diferencias observadas en las tasas de crecimiento entre tanques con y sin mitílidos (Fig. 2, Cuadro 3). Se sabe que las algas deben transformar los compuestos nitrogenados tales como nitritos y nitratos a amonio a fin de incorporar los a las síntesis de moléculas orgánicas (Parsons et al., 1977). Es por lo tanto factible que el amonio sea incorporado por el alga en forma más rápida y con menor costo que los otros productos nitrogenados.

Por otra parte, en la literatura se ha sugerido (Graigie et al., 1984) que *Gracilaria* cultivadas en un medio rico en nutrientes nitrogenados, poseen una mayor cantidad de nitrógeno interno y producen gel de mayor fuerza que talos cultivados en un medio deficiente en nitrógeno. Creemos que esto permitiría explicar porque los talos cultivados con mitílidos produjeron gel de mayor fuerza que talos cultivados sin mití-

lidos. Sin embargo, nuestros resultados permiten sugerir que esta no es una relación simple ya que los talos mantenidos por sombreado con una tasa baja, no produjeron agar con una fuerza de gel mayor que talos que crecieron a una tasa mayor. Se requiere mayor experimentación a fin de precisar la relación exacta entre tasa de crecimiento, estado nutricional del alga y fuerza de gel. Además, aunque nuestros datos de absorción de amonio para *G. verrucosa* son comparables a las dadas en la literatura para otras algas del genero (Haines & Wheeler, 1978, Wallentinus, 1984), se requiere mayor información del efecto de la temperatura y la intensidad luminosa en la tasa de absorción de *G. verrucosa*.

Los mitílidos además de proporcionar amonio, actúan como bombas movilizadoras de agua y como filtros al retener las partículas en suspensión que les sirven como alimento. Esta son dos actividades de los mitílidos que podrían tener efectos positivos en el crecimiento del alga en cultivo, ya que por un lado ayudarían a mantener un flujo de agua en torno al alga facilitando la absorción de nutrientes (Lobban, et al., 1985) y por otro remueven las microalgas que pudieran competir por nutrientes con *Gracilaria*. Estudios llevados a cabo en nuestro laboratorio (Cancino et al., 1985 y datos no publicados) han mostrado que *P. purpuratus* es capaz de bombear de 1 a 6 l/ind/h, consumiendo partículas en todo el rango de tamaño que le ha sido ofrecido (4 a 20 μm de diámetro). En este rango de tamaño están incluidas las esporas de las algas marinas más comunes, las que son removidas por la filtración de *P. purpuratus* (Cancino et al., 1985). Esto podría evitar en cierto grado el epifitismo por algas que suele ser problemático en cultivos de *Gracilaria* (Chiang, 1981).

En conclusión, parece atractivo utilizar mitílidos en tanques de cultivo de *Gracilaria* porque estos (1) aportan nutrientes que son rápidamente absorbidos por el alga influenciando positivamente en el crecimiento y en la fuerza de gel, (2) movilizan el agua en el tanque de cultivo, lo que facilita la absorción de nutrientes por el alga y (3) actúan como filtros removiendo las microalgas que pudieran competir por nutrientes con el alga en cultivo.

Finalmente, queremos dejar claramente establecido que cualquier persona o institución que deseen llevar a cabo la idea del policultivo sugerida en el presente trabajo, tiene aún que solucionar numerosos problemas. No hemos querido dar una receta sino presentar nuestros resultados en un contexto que hace atractiva la idea de policultivo. Sugerimos que *P. purpuratus* podría ser una especie adecuada de mitílido para ser utilizada en tales policultivos por su amplia distribución en Sudamérica (la que abarca desde Ecuador al Estrecho de Magallanes en el Pacífico y hasta Santa Cruz, Argentina, en el Atlántico. Marincovich, 1973) y por su gran tolerancia a cambios de temperatura y salinidad. Sin embargo, el policultivo se haría más atractivo si se utilizare filtrados de importancia comercial que toleren las condiciones de cultivo en los estanques en tierra.

Agradecimientos

Quisieramos agradecer a las siguientes personas que nos han ayudado en las diversas etapas de la realización de este estudio: R. Becerra, G. Benavides, A. Buschmann, J.C. Castilla, M. George-Nascimento, M. Muñoz y B. Santelices. Este estudio fue financiado por la international Foundation for Science (Grant IFS a 758-1) y por la Pontificia Universidad Católica de Chile (Proyecto DIUC 75/85).

Bibliografía

- Cancino, J.M., Hoffman, A.J., Yates, L., Reyes, S. & Orellana, M.C., 1985. Esporas de macroalgas como alimento para *Perymytilus purpuratus* (Mollusca: Bivalvia). Arch. Biol. Med. Exp., 18 (2): R 122.
- Cancino, J.M., Muñoz, M. & Orellana, M.C., Effects of the epifauna on algal growth and quality of the agar produced by *Gracilaria verrucosa* (Hudson) Papenfuss. Proc. Int. Seaweed Symp. 12. (en prensa).
- Chiang, Y-M., 1981. Cultivation of *Gracilaria* (Rhodophyta, Gigartinales) in Taiwan. Proc. Int. Seaweed Symp., 10: 569-574.
- Craigie, J.S., Wen, Z.C. & van der Meer, J.P., 1984. Interspecific, intraspecific and nutritionally determined variations in the composition of agars from *Gracilaria* spp. Bot. Mar., 26: 55-61.
- Guillard, R.R.L., 1975. Culture of phytoplankton for feeding marine invertebrates. En: W.L. Smith and M.H. Chanley (editors) Culture of marine invertebrate animals, Plenum Publishing Corporation N.Y., pp. 29-59.
- Haines, K.C. & Wheeler, P.A., 1978. Ammonium and nitrate uptake by the marine macrohyte *Hypnea musciformis* (Rhodophyta) and *Macrocystis pyrifera* (Phaeophyta). J. Phycol., 14: 319-324.
- Harlin, M.M., Thorne-Miller, B. & Thursby, G.B. 1978. Ammonium uptake by *Gracilaria* sp. (Floridophyceae) and *Ulva lactuca* (Chlorophyceae) in closed systems fish culture. Proc. Int. Seaweed Symp. 9: 285-292.
- Lobban, C.S., Harrison P.J. & Duncan, M.J., 1985. The physiological ecology of seaweeds. Cambridge University Press. N.Y., pp. 75-131.
- Marincovich, L. Jr., 1973. Intertidal mollusks of Iquique, Chile. Sci. Bull. Nat. Hist. Mus. Los Angeles Cnty., 16: 1-49.
- Parsons, T.R., Takahashi, M., & Hardgrave, B., 1977. Biological oceanographic processes. Pergamon Press. Oxford. N.Y., 332 pp.
- Pizarro, A., 1986. Conocimiento actual y avances recientes sobre el manejo y cultivo de *Gracilaria* en Chile. Monografías Biológicas, 4: 63-96.
- Santelices, B. & Lopehandia, J., 1981. Chilean seaweed resources: A quantitative review of potential and present utilization. Proc. Int. Seaweed Symp., 10: 725-730
- Santelices, B. & Ugarte, R. Production of Chilean *Gracilaria*: Problems and perspectives. Proc. Int. Seaweed Symp., 12. (en prensa).

- Siegel, S., 1956. Nonparametric statistics for the behavioral sciences. International Student Edition. McGraw-Hill, Kogakusha, Ltd. 312 pp.
- Sokal, R. & Rohlf, F., 1969. Biometry. W.H. Freeman and Company, 832 pp.
- Solorzano, L., 1969. Determination of ammonia in natural waters by the phenolchlorite method. *Limnol. Oceanogr.*, 14: 799-801.
- Strickland, J.D. & Parsons, T.R., 1972. A practical handbook of seawater analysis. *Bull. Fis. Res. Bd. Can.*, 167: 71-77.
- Wallentinus, I., 1984. Comparisons of nutrient uptake rates for Baltic macroalgae with different thallus morphologies. *Mar. Biol.*, 80: 215-225.
- Wilkinson, G.N., 1961. Statistical estimations in enzyme kinetics. *Biochem. J.*, 80: 324-332.
- Winter, J., 1977. Suspension - feeding in lamellibranchiate bivalves, with particular reference to aquaculture. *Medio Ambiente*, 3: 48-69.

CRECIMIENTO Y FRACCIONAMIENTO CELULAR DE LA MICROALGA *DUNALIELLA TERTIOLECTA* BUTCHER

THE GROWTH AND CELLULAR FRACTIONING OF THE MICRO-ALGAL SPECIES *Dunaliella tertiolecta* BUTCHER

P. Koch¹ y B. Gomez²

¹Departamento de Acuicultura y Alimentos, Instituto Profesional de Osorno, Casilla 933, Osorno, Chile.

²Laboratorio de Microbiología, P. Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile.

Resumen

Durante el crecimiento en fase exponencial temprana, la microalga *Dunaliella tertiolecta* Butcher, presenta tiempos de duplicación (TD) de 10 h; durante la fase tardía el TD es cercano a 45 h y el alga posee alrededor de 25 pg clorofila total/célula. Óptima lisis celular se obtuvo incubando el alga en Tritón X-100 1% (v/v) por 5-20 min a 20-37°C, o usando una prensa French a 7.0 MPa. La purificación de cloroplastos, la extracción del material genético de dichos organelos y el uso potencial del alga como fuente de proteínas son discutidos.

Summary

In laboratory cultures, the duplication times (DT) of *Dunaliella tertiolecta* Butcher varied from 10 to 45 h for the early and late exponential growth phase respectively. At the latter phase, the chlorophyll content amounted to 25 pg/cell. Optimal cell lysis is obtained by incubating the algae in 1% (v/v) Tritón X-100 for 5-20 min at 20-37°C, or in French press at 7.0 MPa. The isolation of chloroplasts, the extraction of the plastid genome and the potential use of this algae as a protein source are discussed.

Introducción

El género *Dunaliella* Teodoresco (Volvocales) incluye especies de algas unicelulares biflageladas, de 4-15x10-25 µm, halotolerantes, presentes en una variedad de hábitats (marinos, salobres y dulceacuícolas) Estas algas poseen un gran cloroplasto que ocupa cerca de la mitad del volumen celular. Las células no poseen la pared celular típica, presente en la mayoría de las algas y plantas y están cubiertas por una membrana delgada y elástica, por lo que se les considera protoplastos naturales (Ben-Amotz & Avron, 1981). *Dunaliella* agrupa especies que constituyen buenos modelos para el estudio de la conversión de la energía solar en productos químicos de interés comercial, tales como β-caroteno, glicerol y material de alto contenido proteico de uso en la alimentación de peces, moluscos, equinodermos y otros. Algunas especies

son capaces de acumular grandes cantidades de β -caroteno, y se ha sugerido un papel protector de este pigmento contra daños fotoquímicos a altas intensidades de luz (Ben-Amotz & Avron, 1983b).

El alga es capaz de adaptarse y crecer en un amplio rango de salinidades (NaCl 0.1-5.0 M), por lo que es un modelo experimental de elección en estudios fisiológicos y bioquímicos, dirigidos a entender el mecanismo de osmoregulación en eucariontes. A altas concentraciones de sal, el glicerol es el soluto responsable de la presión osmótica intracelular. Su concentración es linealmente proporcional a la concentración salina externa, obteniéndose valores máximos cercanos a glicerol 7 M en células creciendo en presencia de NaCl 5 M (Ben-Amotz & Avron, 1983a).

En el presente estudio, se ha iniciado la caracterización de la información genética en el cloroplasto de *Dunaliella*, como primera etapa para entender cómo el alga regula la expresión del genoma celular, durante su crecimiento a altas concentraciones de sal y cómo controla la síntesis de ciertos metabolitos como glicerol, β -caroteno y proteínas. En esta contribución se presentan resultados preliminares relacionados con el crecimiento de *Dunaliella* y obtención de una fracción subcelular enriquecida en cloroplastos de este organismo.

Material y métodos

Dunaliella tertiolecta Butcher (University of Göttingen, RFA) se hizo crecer en 200-1000 ml de un medio inorgánico suplementado con vitaminas B₁ y B₁₂ (Walne, 1966), y preparado en agua de mar filtrada. Los cultivos se iluminaron con tubos fluorescentes de luz blanca (40W) a una intensidad de luz promedio de 45 μ E m²/s, a temperatura ambiente (19-23°C) y con períodos de 12 h luz, 12 h oscuridad. Se usó aire esterilizado por filtración (Millipore, 0.45 μ m) como fuente de carbono y mecanismo de agitación. El número de células se determinó en un hemocitómetro (cámara de Neubauer), usando alícuotas representativas del cultivo (2-5 ml) y 20 μ l de lugol, para innovilizar las células. La densidad del cultivo a 660 nm y el pH se determinaron diariamente. Durante el crecimiento, alícuotas del cultivo (5 ml) se centrifugaron a 3000 rpm por 5-10 min y el precipitado de células se resuspendió en 2-5 ml de acetona 80% (v/v) y se incubó en la oscuridad durante 5-10 min. El extracto se clarificó por centrifugación (2500 rpm, 5 min) y se usó para determinar espectrofotométricamente la clorofila total (Bruinsma, 1961). El cultivo en fase estacionaria de crecimiento se centrifugó a 2000 rpm durante 5 min. Dos métodos alternativos se usaron para obtener una fracción cruda de cloroplastos. En uno, las células resuspendidas en tampón A, se lisaron mecánicamente a través de una prensa French a 3.5, 5.0 o 7.0 mega Pascal (MPa). Alternativamente, la suspensión celular se incubó a diferentes temperaturas por diversos tiempos con Tritón X-100. Células intactas y fragmentos celulares se eliminaron por centrifugación a 1000 rpm durante 5-10 min. El sobrenadante obtenido se centrifugó a 3000 rpm durante 5 min, para

obtener un precipitado crudo de cloroplastos (Gómez-Silva et al., 1985). Este precipitado se resuspendió suavemente en 0.5-1.0 ml de tampón A y se observó en un microscopio fotónico, con el fin de determinar la presencia de células contaminantes, que se eliminaron a través de una ó más centrifugaciones a 1000 rpm durante 5 min. La presencia de cloroplastos y su aparente integridad se analizaró cualitativamente por observaciones a través de un microscopio de fluorescencia (GIF 535-550, DM 580).

Resultados y discusión

Dunaliella, como organismo fotoautotrófico, puede ser mantenido creciendo activamente en el laboratorio en una variedad de medios inorgánicos con CO₂ o bicarbonato como fuente de carbono. En este estudio se utilizó el medio descrito por Walne (1966), y aire como fuente de carbono, para propagar *D. tertiolecta* y obtener un crecimiento óptimo. La figura 1 muestra una curva típica de crecimiento del alga. El cultivo presenta una fase de crecimiento exponencial durante los primeros tres días con un tiempo de duplicación promedio de 10 h. Esta es seguida de un período de crecimiento más lento, con un tiempo de duplicación cercano a 45 h. A partir del séptimo día, el cultivo inicia la fase estacionaria de crecimiento, la cual se mantiene al menos durante 30 días, sin pérdidas importantes en la viabilidad y motilidad de la mayoría de las células. Durante la fase de crecimiento rápido, se produce una evidente alcalinidad del cultivo, alcanzando éste un pH cercano a 9.0 durante la fase estacionaria (Fig. 1). Aparentemente, ésto se correlaciona con el metabolismo de las células en crecimiento, ya que durante el transcurso de la fase estacionaria el pH del cultivo tiende hacia valores más bajos (Fig. 1). La absorbancia del cultivo a 660 nm se incluye también en la figura 1, como un indicador del crecimiento del cultivo. La absorbancia es lineal a través del período de tiempo estudiado y puede señalar en cierto grado el contenido celular de pigmentos. Esencialmente del tipo clorofilas, ya que la concentración de clorofila total en el cultivo en fase estacionaria aumenta linealmente alcanzando valores de 2.5, 8.9 y 8.2 mg de clorofila total por litro de cultivo, al séptimo, décimo octavo y vegésimo segundo días respectivamente. Además, al inicio de la fase estacionaria (séptimo día), las células de *D. tertiolecta* poseen alrededor de 25 pg de clorofila total por célula. Este contenido aumentó a un máximo de 105 pg clorofila total/ célula a los 18 días de crecimiento y disminuye a 63 pg de clorofila total/ célula a los 22 días.

Se ha descrito recientemente un procedimiento que utiliza plicaciones y gradiente de densidad para la obtención de cloroplastos de *D. marina* (Kombrink & Wober, 1980). Ya que *Dunaliella* no posee pared celular (Ben-Amotz & Avron, 1983a), es posible diseñar métodos alternativos de lisis y fraccionamiento celular. El cuadro 1 muestra dos procedimientos en estudios usados en la obtención de una fracción enriquecida en cloroplastos. El Tritón X-100 es un detergente de elección que solubiliza selectivamente la membrana celular (Filip et al., 1973). Se ha utilizado una variedad de condiciones ex-

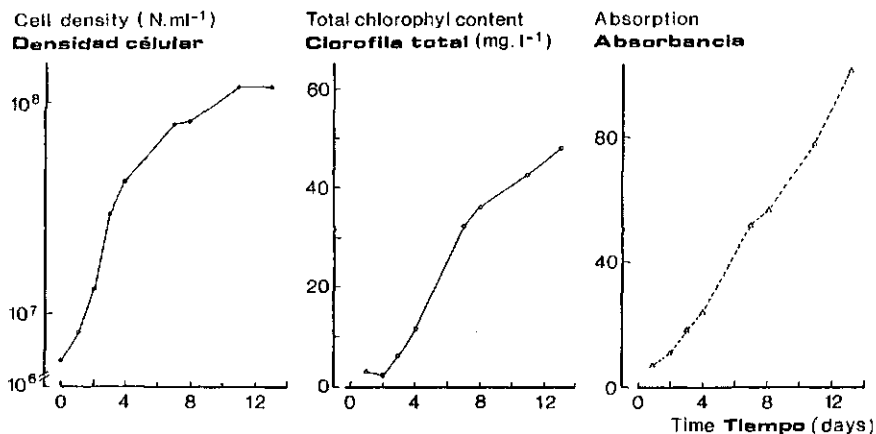


Figura 1. La curva de crecimiento, el pH y la absorbancia en el cultivo de *D. tertiolecta* Butcher.
 Figure 1. The growth of *D. tertiolecta* Butcher.

perimentales para determinar aquellas en las cuales el detergente lisa las células de *Dunaliella* y que permiten la recuperación por centrifugación diferencial de los cloroplastos liberados. Así, la suspensión celular incubada con Tritón X-100 al 1% (v/v) durante 10-20 min a 20-37°C, presenta un bajo número de células intactas remanentes (Cuadro 1) y una liberación masiva de material intracelular. Otras condiciones estudiadas requieren de largos períodos de incubación para obtener resultados similares (cuadro 1), lo que implica largos períodos de contacto entre el detergente y los organelos intracelulares, aumentando el probable daño estructural de estos.

Para evitar las lesiones a los organelos liberados por la acción de detergentes y policiones, la ruptura celular por medios mecánicos (prensa French) es una alternativa factible. El cuadro 1 muestra que la ruptura celular a una presión de 7.0 MPa o 3.5 MPa (dos veces) es óptima, liberando una alta proporción de organelos. La recuperación de estos por centrifugación diferencial y su análisis posterior por microscopía indican la presencia de organelos esféricos, verdes, intactos de varios tamaños, delimitados por una membrana y altamente fluorescentes (rojo intenso). Esto indica la existencia de clorofila en su interior.

La futura utilización de estos cloroplastos aislados como fuente de material genético, requiere de una etapa previa de purificación, usando gradientes de densidad (sacarosa, sorbitol, Percoll), con el fin de eliminar el remanente de mitocondrias asociadas al precipitado crudo de cloroplastos y tratamientos con nucleasas para digerir ácidos nucleicos extracoloroplásticos. El DNA del cloroplasto de *D. tertiolecta*

Cuadro 1. Ruptura Celular de *D. tertiolecta* por Acción Mecánica o Química.

Table 1. Cellular rupture of *D. tertiolecta* by mechanical or chemical action.

Conditions			Observations ¹		
			Intact cells	Aggregations ²	Intracell. structures ³
I Press French (MPa):					
500			+++	+	+
2 x 500			+	++	+++
750			++	++	++
1000			+	++	+++
II Tritón X-100:					
% (v/v)	Temp (°C)	Time (min)			
0.2	18-20	30	+++	-	-
0.5	18-20	30	-	++	+++
1.0	0.0	60	+++	++	-
1.0	18-20	5-10	-	+	+++
1.0	25	20	+	++	+++
1.0	37	15	+	++	+++
1.5	0.0	25	+/-	+++	+++
2.0	0.0	25	++	++	+++
¹ +++: numerous; ++: intermediate; +: rare; -: absent ² aggregations of liberated intracellular material ³ particulate fluorescent intracellular material (for details, see text).					

se purificará usando técnicas electroforéticas (geles de agarosa) y gradientes de densidad (sacarosa, cloruro de cesio). Posteriormente éste, se analizará por microscopía electrónica de transmisión y se confeccionará un mapa de restricción, con el fin de iniciar el estudio de la expresión y regulación de la información genética involucrada en la síntesis de metabolitos (β -caroteno, glicerol) y proteínas durante el crecimiento del organismo bajo diversas condiciones ambientales controladas y naturales.

La información derivada de los estudios genéticos de este organismo fotoautotrófico tendrá una relevancia directa y se podrá complementar con los estudios que hemos iniciado sobre las variables ambientales (fuente de carbono, iluminación, temperatura, etc.). Estos inciden sobre el crecimiento y producción del alga como fuente potencial de proteínas y vitaminas, para su uso en la alimentación de larvas de moluscos y otros organismos marinos de interés comercial en acuicultura.

Bibliografía

- Ben-Amotz, A. & Avron, M., 1981. Glycerol and β -carotene metabolism in the halotolerant alga *Dunaliella*: A model system for biesolar energy conversion. Trends Biochem. Sci., 6: 297-299.
- Ben-Amotz, A. & Avron, M., 1983a. Accumulation of metabolites by halotolerant algae and its industrial potential. Annu. Rev. Microbiol., 37: 35-119.
- Ben-Amotz, A., & Avron, M., 1983b. On the factors which determine massive β -carotene accumulation in the halotolerant alga *Dunaliella bardawil*. Plant Physiol., 72: 593-597.
- Bruinsma, J., 1961. Comments on the spectrophotometric determination of chlorophyll. Biochim. Biophys. Acta, 52: 576-578.
- Filip, C., Fletcher, G., Wulff, J.L. & Earhart, C.F., 1973. Solubilization of the cytoplasmic membrane of *E. Coli* by ionic detergent sodim-lauryl sarcosinate. J. Bacteriol., 115: 717-722.
- Gomez-Silva, B., Timko, M.P. & Schiff, J.A., 1985. Chlorophyll bio-synthesis from glutamate on 5-Aminolevulinate in intact *Euglena* Chloroplasts. Planta, 165: 12-22.
- Grant, D.M., Gillham, N.W. & Boyton, J.E., 1980. Inheritance of chloroplast DNA in *Chlamydomonas reinhardtii*. Proc. Natl. Acad. Sci. USA, 77:6067-6071.
- Kombrink, G., & Wöber, G., 1980. Preparation of intact chloroplast by chemically induced lysis of the green alga *Dunaliella salina*. Plant Physiol., 81: 92-96.
- Walne, P.R., 1966. Experiments in the large-scale culture of the larvae of *Ostrea edulis* L. Fishery Investigations. Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, London. Ser. II, 25: 1-53.

ENSAYOS SOBRE EL CULTIVO DEL ALGA ROJA *HYPNEA MUSCIFORMIS*
(RHODOPHYTA, GIGARTINALES) EN SÃO PAULO, BRASIL

CULTURE TRIALS OF *Hypnea musciformis* (RHODOPHYTA, GIGARTINALES) IN SÃO PAULO, BRASIL

E.C. de Oliveira y F.A.S. Berchez

Instituto de Biociências y Cebimar, Universidad de São Paulo,
C. Postal 11461, São Paulo, Sp., Brasil

Resumen

Hypnea musciformis es un recurso importante para la producción de Carragenos κ . Su cultivo siguiendo los métodos tradicionalmente usados para *Gracilaria* y *Eucheuma*, no ha tenido éxito debido a la fragilidad de su talo. Hemos intentado su cultivo como un método alternativo usando piezas de diferentes algas que son huéspedes de *H. musciformis*.

Los huéspedes con los epífitos fueron insertados en filamentos de sogá. A estas sogas se les practicaron cortes y se deshilaron, colgándolas de bambúes que fueron usados como flotadores. Se obtuvieron niveles de 196 g/m/mes equivalente a un 56% de crecimiento diario. Las producciones más altas se obtuvieron usando *Sargassum stenophyllum* como huésped y situado a unos 25 cm por debajo de la superficie del agua. Las producciones más bajas se obtuvieron en verano. La optimización de la técnica y la selección de las cepas incrementará, con toda seguridad, la producción y permitirá la explotación comercial. La mano de obra barata es un condicionante importante para la rentabilidad económica.

Summary

Hypnea musciformis is a valuable resource for the production of κ carrageenan. Due to its fragile thalli, the traditional culture methods used for *Gracilaria* and *Eucheuma* cannot be applied successfully for this species. Therefore, an alternative culture method was tried out, using pieces of different host algae to which the epiphytic *H. musciformis* was attached.

The hosts with the epiphytes were inserted on ropes, which were cutted in pieces, attached to bamboo sticks and suspended in the water. Yields of 196 g/m/month, equalling a daily growth rate of 56%, were obtained. The largest yields were obtained if the algae were cultured 25 cm below the water surface using *Sargassum stenophyllum* as host plant. Lowest yields were obtained during summer. Optimization of the culture technique and strain selection will certainly increase the productivity and should allow commercial exploitation. However, cheap labour will remain a prerequisite for economic feasibility.

Introducción

Entre los representantes del Orden Gigartinales se destaca el género *Hypnea* Lamouroux como fuente conocida de carragenanos (Levring et al., 1969).

De las especies que se encuentran en Brasil, *H. musciformis* (Wulfen) Lamouroux es la más conocida debido a su amplia distribución en la costa brasileña y a su relativa abundancia con que se halla en algunas regiones (Oliveira, 1977). La especie ha sido explotada esporádicamente en las costas del noreste de Brasil (Oliveira, 1981).

Aunque existen algunas controversias sobre el ficocoloide que produce (Levring et al., 1969), investigaciones más recientes indican que se trata de una mezcla de κ y λ carragenanos (Greer et al., 1984).

Aun que los stocks naturales de esta especie relativamente abundantes, en ciertas épocas del año, la producción de materia prima es imprevisible, lo que dificulta su aprovechamiento industrial. Además, Dawes (1974) y Schenkman (1980) destacan, basándose en experimentos de laboratorio, la alta tolerancia que la especie presenta a variaciones de factores ambientales, lo que sería propicio para su cultivo.

Esto ha incentivado estudios que tratan de establecer una metodología económicamente viable para su cultivo, ya sea en tanques (Haines, 1975; Lapointe et al., 1976; Langton et al., 1977; Guist et al., 1982), o en el mar (Schenkman, 1980; Lima et al., 1981). Estos trabajos, sin embargo, no obtuvieron éxitos significativos que permitiesen cultivos económicamente rentables.

Entre los problemas encontrados por los autores que utilizaron la técnica de cultivo en tanques, figura el propio tipo de crecimiento de la especie, que tiende a enmarañarse en ovillos que hacen difícil la circulación de las plantulas en los tanques. Por otro lado, la metodología de inserción de plantas en sogas suspendidas en el mar, que ha sido utilizada con éxito para especies de *Gracilaria* (Ran-Zhi et al., 1984) y de *Eucheama* (Trono, 1974) tropieza con la fragilidad del talo de esta especie, que se rompe fácilmente. Los intentos de cultivo en armazones con redes tienen problemas de organismos incrustantes ("fouling") con la consecuente reducción de luz y de la circulación del agua (Lima et al., 1981).

En este trabajo describimos algunos experimentos que realizamos en busca de procesos alternativos para el cultivo de *H. musciformis* en Brasil, basados en el hábito epifítico de esta especie.

Material y métodos

Todos los experimentos fueron realizados en el Centro de Biología Marina de la Universidad de São Paulo, en el Municipio de São Sebastião (SP).

Plantas de *Hypnea musciformis* epífitas sobre diferentes huespedes (*Sargassum stenophyllum* (Mert.) Grun., *Sargassum* sp., *Pterocladia capillacea* (Grev.) Bornet & Thuret, *Laurencia scoparia* J. Agardh, y *Gigartina teedii* (R.) Lamouroux) fueron recogidas en la Playa de las Cigarras, Municipio de São Sebastião.

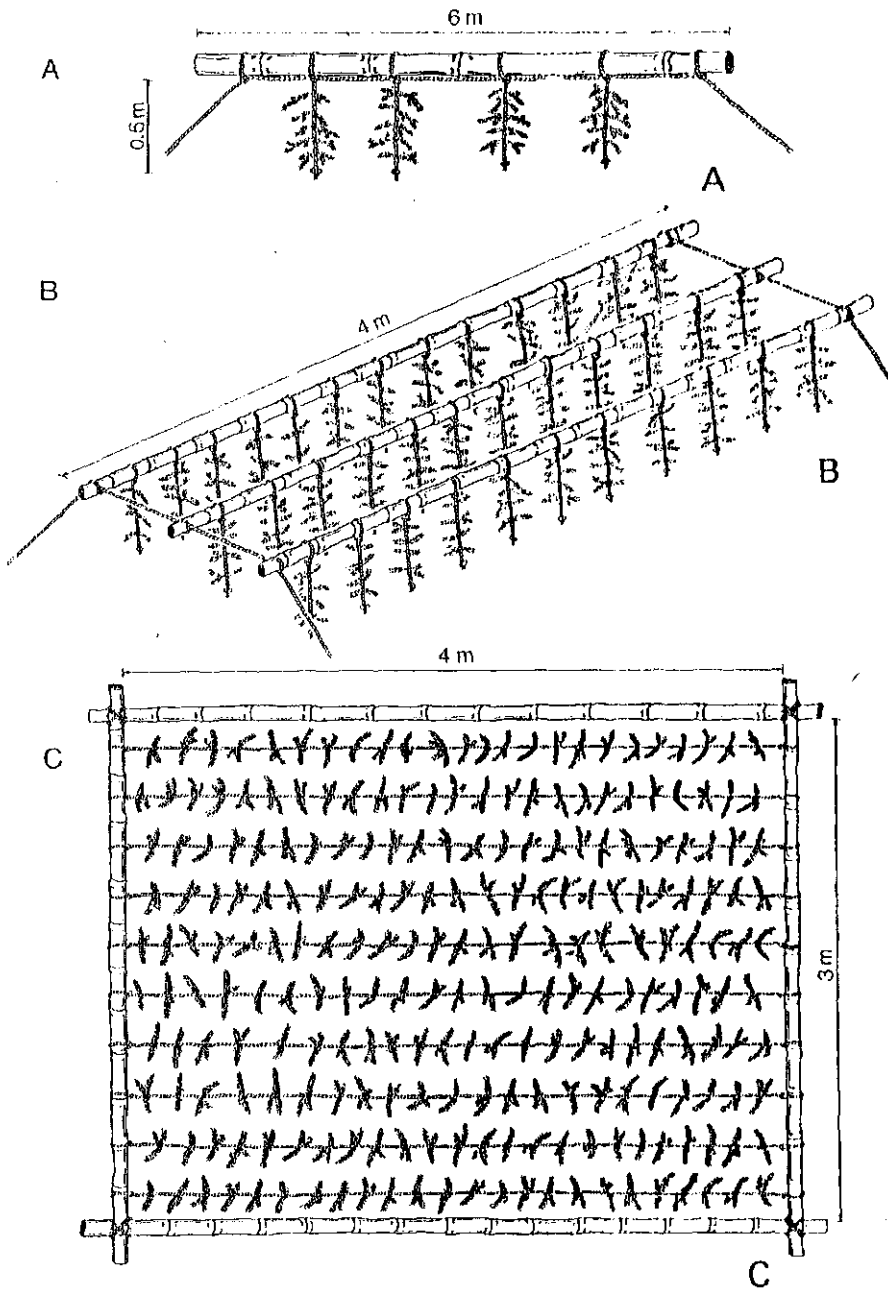


Figura 1. Características de los 3 tipos de estructura flotante de bambú usados en los cultivos. A. lineal; B. paralelo; C. cuadrado.

Figure 1. The three types of floating bamboo structures which were used in the present study. A: linear; B: parallel; C: squared.

Después de la selección y limpieza en el laboratorio, fueron preparadas plantulas homogéneas de los huespedes epifitados por *H. musciformis*. Se determinó el peso fresco de una parte de las plantulas, estableciéndose la proporción de pesos iniciales.

Los huespedes se insertaron en cuerdas de polietileno (diámetro 5 mm), destilachando un poco los haces de las cuerdas. Estas fueron luego colocadas en el mar atadas a flotadores de bambú, en un lugar de 1,5 a 3,5 m de profundidad, dependiendo del nivel de la marea. Se probaron tres tipos de estructura flotante, todas confeccionadas con bambúes amarrados por cuerdas de nylon, sin tratamiento anti-incrustante (Figura 1)

Parte de las cuerdas con plantulas fueron mantenidas en la superficie del agua, en posición horizontal, y el resto colgadas de los bambúes, permaneciendo en posición vertical con el auxilio de pesos atados a los extremos.

Las plantulas de *H. musciformis* eran retiradas periódicamente de las sogas para determinar su peso fresco. El inóculo inicial era mantenido, y su crecimiento posterior evaluado. En los experimentos ya finalizados se determinó también el peso fresco de las plantulas de *Sargassum* spp.

Se determinó, con fines de conversión, la relación peso seco/peso fresco de *H. musciformis* en dos épocas del año (septiembre y marzo), la cual se mostró constante igual a 1:7.7.

Algunos experimentos se realizaron colocándo plántulas de *H. musciformis* en bolsas de red de nylon, con 10 a 15 mm de apertura de malla. Estas bolsas se ataron a las cuerdas de manera idéntica a las demás plántulas.

Resultados

Cultivo sobre diferentes substratos

Experimentos de crecimiento de *H. musciformis* sobre diversos tipos de algas o sobre bolsas de nylon mostraron crecimientos mayores sobre *P. capillacea* (Figura 2). El mayor rendimiento observado sin embargo, no fue sobre esta alga, sino sobre *S. stenophyllum*. En bolsas de nylon el crecimiento inicial fue bajo, pero no se notó crecimiento intenso de incrustantes sobre estos. El alga que presentó mayor resistencia en el mar fue *S. stenophyllum* (Figura 2), habiendo permanecido todas las plántulas colocadas. De las demás, gran parte se perdió, debido a la fragilidad del talo.

Cultivo en diferentes profundidades

Las mudas de *H. musciformis* epifitas sobre *S. stenophyllum* mostraron una tasa de crecimiento mayor en los primeros 50 cm (Figura 3), disminuyendo en función de la profundidad. En estos primeros 50 cm se observó que el crecimiento fué mayor en los 25 cm iniciales de la soga.

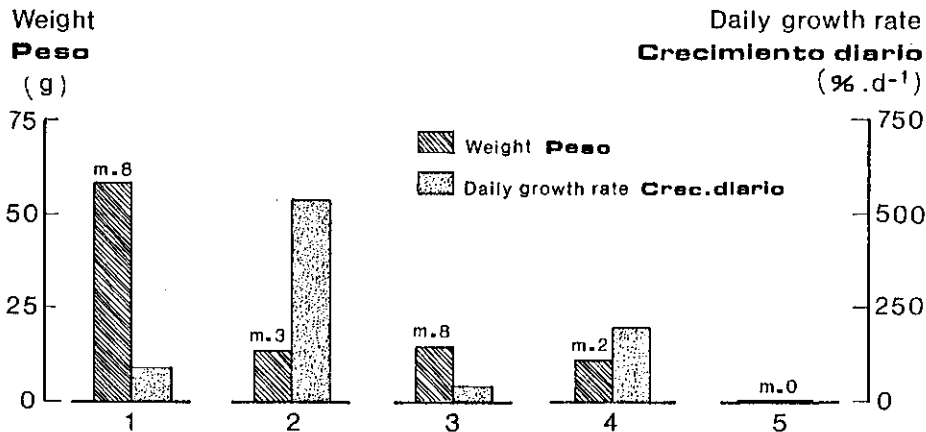


Figura 2. Peso y tasas de crecimiento de *H. musciformis* epifita sobre diferentes especies de algas o bolsas de nylon tras 17 días de cultivo en el mar. m = número de plántulas por cuerda después de este periodo; 1 = sobre *S. stenophyllum* (peso inicial = 3.37 g); 2 = sobre *P. capillacea* (p.i. = 0.16 g); 3 = en bolsas de nylon (p.i. = 2.0 g); 4 = sobre *L. scoparia* (p.i. = 0.33 g); 5 = sobre *G. teedii* (p.i. = 0.15 g).

Figure 2. Weight and growth rates of the epiphyte *H. musciformis* growing on different algal species or nylon sacks. The data were measured after 17 days culture in the sea. m = number of plants per rope. The numbers refer to the different substrates: 1 = *S. stenophyllum* (initial weight: 3.37 g); 2 = *P. capillacea* (initial weight: 0.16 g); 3 = nylon sacks (initial weight: 2.0 g); 4 = *L. scoparia* (initial weight: 0.33 g) and 5 = *G. teedii* (initial weight: 0.15 g).

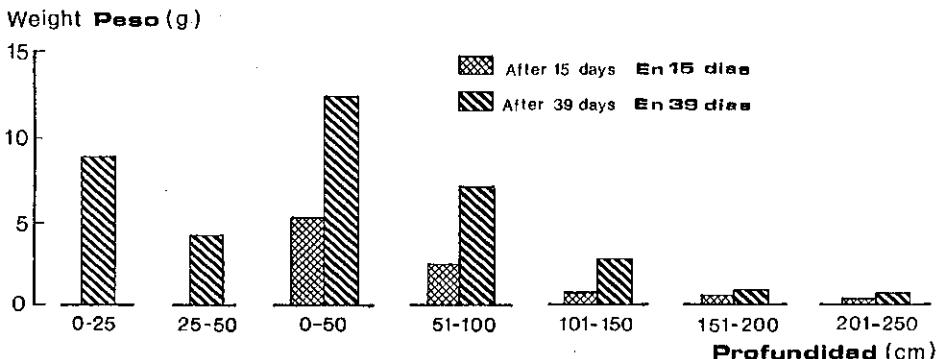


Figura 3. Crecimiento de *H. musciformis* epifita sobre *S. stenophyllum* en función de la profundidad. Peso inicial = 0.4 g. Observación: 0-50 (39 días) = suma de 0-25 y 25-50 cm.

Figure 3. The growth of *H. musciformis* growing on *S. stenophyllum* in relation to the depth. Initial weight = 0.4 g. The observation after 39 days for the depth zone 0-50 is composed by summing the data from the 0-25 cm and 25-50 cm zones.

Influencia del inóculo inicial de *H. musciformis* sobre *S. stenophyllum*

Se observó (Figura 4) una tasa de crecimiento mayor en las plántulas cuyos inóculos iniciales fueron pequeños. A pesar de ello, en éstas los rendimientos fueron menores. La comparación del rendimiento en una única cosecha después de 39 días y de la suma de los rendimientos de dos cosechas (una después de 21 días y otra después de 39 días), mostró que la primera forma de realizar la cosecha es la más adecuada en las condiciones considerada (Figura 5).

Consecuencias de la concentración de las plántulas en la parte baja de la cuerda

En experimentos sucesivos se observó que, en el curso del cultivo, las plantas iban "rodando" entre las redes y que, después de aproximadamente 30 días de cultivo, se concentraban en los 10 cm más inferiores de la sogá (de 50 cm de largo), formando una maraña con alta densidad del alga. Los efectos de este problema fueron evaluados (Figura 6) notándose en estos casos una reducción de las tasas de crecimiento.

Crecimiento en cuerdas horizontales

Varias pruebas preliminares, realizadas en el período de agosto a noviembre de 1986, mostraron un rendimiento promedio de 42 g (peso fresco) por metro de cuerda en un mes de cultivo.

Eficacia y durabilidad de las estructuras flotantes

De los tres tipos de flotadores en que se hicieron los cultivos (Figura 1), el flotador lineal fue el que presentó mejores condiciones de cultivo. Este tipo, sin embargo, permite la colocación de un número reducido de plántulas (200) si se compará con el "cuadrado" o el paraleló (cerca de 500).

En estos dos últimos, durante los períodos de mar agitado, las cuerdas se entrelazaban, provocando la pérdida de gran parte de las plántulas. Los bambúes utilizados en la construcción de las estructuras flotantes resistieron aproximadamente 6 meses después, sobre todo, porque el ataque de animales perforadores los vuelve quebradizos.

Variación estacional

Los datos obtenidos hasta el momento muestran un crecimiento equivalente en los meses de otoño, invierno y primavera. En el verano esta tasa se reduce mucho. En todos los cultivos se observó deposición de limo sobre el talo del alga, más acentuada en los meses de verano probablemente debido a la menor agitación del agua en este período. Las variaciones del sentido de la corriente en el canal de São Sebastião también alteran la deposición de limo, que es traído en mayor cantidad por la corriente del norte. La corriente del sur, aparte de ser más limpia, también provoca mayor agitación del mar. Además, en los meses de verano se dió un desarrollo ex-

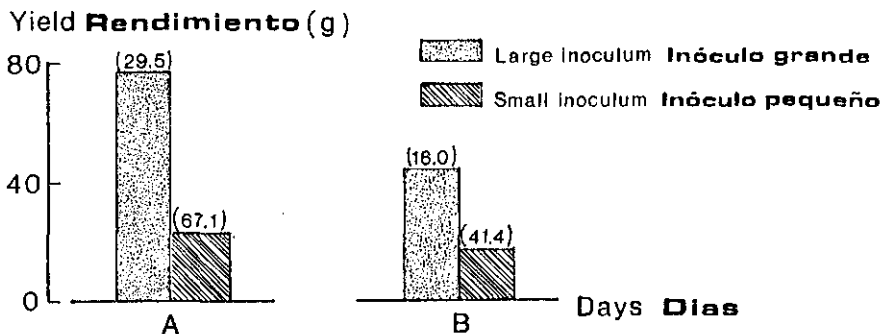


Figura 4. Influencia del tamaño del inóculo inicial de *H. musciformis* sobre *S. stenophyllum*, sobre la tasa de crecimiento y rendimiento. C = tasas de crecimiento relativas a cada período, expresadas como porcentaje del peso inicial.

Figure 4. The influence of the initial size of *H. musciformis* staked on *S. stenophyllum* on its growth rate and final yield. C = relative growth rate, calculated for each period and expressed as a % of the initial weight.

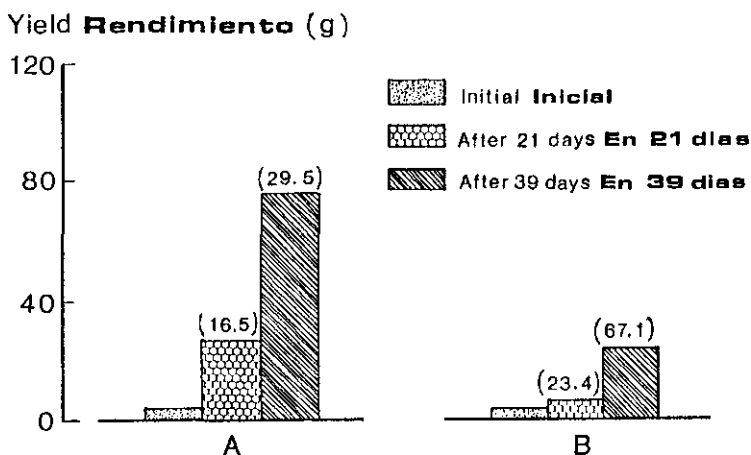


Figura 5. Comparación del rendimiento y el crecimiento de *H. musciformis* creciendo epifíticamente sobre *S. stenophyllum*. A = rendimiento en una única cosecha después de 39 días del inicio, B = rendimiento de la suma de dos cosechas, a los 21 y 39 días del inicio; respectivamente; C = tasas de crecimiento relativas a cada período, en porcentaje del peso inicial.

Figure 5. The influence of a different harvesting regime on the total yield and growth rate of *H. musciformis*, growing on *S. stenophyllum*. A = a single harvest after 39 days; B = two harvests, one after 21 and one after 39 days; C = the relative growth rate in each period, expressed as a % of the initial weight.

cepcional de una alga ectocarpoide epífita, *Acinetospora crinita* (Carmichael ex Harvey, in Hooker) Kormann. Este desarrollo excepcional posiblemente fue debido a la aparición de una masa de agua fría que afloró en la región durante este período (Yoneshigue & Oliveira, 1986). Esta alga cubría las plántulas y probablemente dificultaba su crecimiento.

En todas las épocas del año se observó el crecimiento sobre la estructura flotante o sobre las cuerdas de cultivo de zoántidos coloniales violáceos, briozoos y del alga *Acanthophora specífera* sobre el talo de *Sargassum* spp. El desarrollo de estos epífitos aparentemente fue más acentuado en los meses de verano.

Discusión

No encontramos en la literatura informaciones sobre el uso de huéspedes como soporte para el crecimiento de algas epifíticas de valor económico.

La fijación de las plántulas del huésped entre las cuerdas elimina el factor negativo que representa la fragilidad del talo de *H. musciformis*, que impide que este se pueda colocar directamente en las cuerdas. Además, el alga huésped sirve como substrato natural para su crecimiento y fijación, permitiendo su mayor desarrollo.

Entre los huéspedes utilizados, *S. stenophyllum* fue el que presentó mejores resultados, proporcionando un mayor rendimiento y manteniendo el mayor número de mudas después de 15 días de experimentación. En términos de maricultura, la tasa de crecimiento es menos importante que el rendimiento, entendido como tal la producción de biomasa por área y por tiempo. La posibilidad de tener un inóculo inicial mayor sobre *S. stenophyllum*, dada la robustez de esta planta, permite un mayor rendimiento en relación a *P. capillacea*, pese a que *H. musciformis* presenta tasa de crecimiento mayor en este último caso. Además, se observó una reducción en el número de plántulas, posiblemente por la menor resistencia del talo de *P. capillacea*. Nuevos datos, obtenidos y que no han podido ser incorporados a los resultados expuestos, muestran una disminución acentuada de las tasas de crecimiento en las cuerdas con plántulas de *P. capillacea*, a los 35 días de cultivo. Otro factor que probablemente influye en el mayor rendimiento cuando se utiliza *S. stenophyllum* como huésped es que las algas de esta especie tuvieron bajos porcentajes de otros epífitos al comenzar el experimento. En el caso específico en que se compara el crecimiento sobre dos especies de *Sargassum*, la diferencia de crecimiento puede deberse al intenso epifitismo por briozoos en *Sargassum* sp., lo que posiblemente dificulta la fijación de *H. musciformis* sobre este, o a la presencia de linajes diferentes de *H. musciformis* sobre cada especie de *Sargassum*.

Tanto los resultados como las observaciones realizadas en el campo indican que el mayor crecimiento se obtiene cerca de la superficie, y disminuye con la profundidad. Esto probablemente se deba a que *H. musciformis* requiere altas intensidades luminosas para su desarrollo (Schenkman, 1980).

Con respecto a los demás factores considerados, se observó mejores rendimientos cuando el inóculo sobre *S. stenophyllum*

fue mayor y las cosechas mensuales.

El menor rendimiento en los meses de verano ya es conocido (Rao, 1970; Lapointe et al., 1976; Schenkman, 1980; Guist et al., 1982), habiéndose citado el bajo rendimiento de esta alga en cultivos a temperaturas superiores a 30 °C (Lapointe et al., 1976). En nuestro caso puede ser el resultado de varios factores, como temperatura, epifitismo, depredación o menor agitación del agua (esta ayudaría a eliminar parte de las partículas sedimentadas sobre el alga). Por otra parte, la existencia de un resurgimiento en aguas inferiores a 20 °C (Yoneshigue & Oliveira, 1986) indica que la temperatura no es el único factor relacionado con el menor crecimiento en ese período. En las condiciones citadas, el crecimiento en el verano fue mínimo, indicando su inviabilidad en términos comerciales.



Figura 6. Influencia de la concentración de las plantas en la región inferior de la cuerda vertical, sobre el crecimiento de *H. musciformis*. A = cuerdas normales, B = cuerdas con plantulas concentradas en la parte inferior.

Figure 6. The effect of plant density in the lower parts of the vertical ropes on the growth of *H. musciformis*. A = normal plant density; B = ropes with a higher plant density in the lower parts.

A través de los experimentos realizados el rendimiento inicial de 55 g fue incrementado a valores próximos a 196 g por metro de cuerda cultivada y por mes, con tasas de crecimiento promedio de 56.8% al día. Esas tasas fueron mucho mayores que las obtenidas por Schenkman (1980) (aproximadamente 6% al día) utilizando bolsas de nylon o recipientes plásticos perforados.

También fueron mayores que las referidas para otros cultivos, como *Euchema*, de 4 a 6% al día (Dawes et al., 1974), o de *Gracilaria* en tanques, de 14.1% al día (Eldelstein et al., 1976).

Tomando en consideración los resultados de este trabajo, la técnica de cultivo de *H. musciformis* epífita sobre *Sargassum*

spp. es viable comercialmente, al menos en los meses de otoño, primavera e invierno. La confección de flotadores de bambúes es muy barata en la región (solo las cuerdas de nylon utilizadas en su estructura suponen algun gasto), y su durabilidad es relativamente alta, permaneciendo 6 meses en el mar sin ningún tratamiento previo. La mayor inversión es la de la mano de obra, para el montaje y la colocación del flotador en el mar, la preparación de cuerdas con plántulas y la cosecha.

El método aquí expuesto obviamente sólo es viable para algas de hábito epifítico y con crecimiento acentuadamente más rápido que el de la especie huésped.

En esta etapa inicial, los primeros resultados que obtuvimos fueron optimizados sucesivamente, en pequeñas etapas. Creemos que el rendimiento obtenido puede incrementarse. Constituyen puntos críticos para esta meta el desarrollo de una estructura flotante más eficiente, que permita un mayor aprovechamiento del área de cultivo, el uso de nutrientes, la obtención artificial de mudas a partir de esporas en ambiente controlado, y la selección de linajes con mayor rendimiento.

Agradecimientos

Esta trabajo fue ejecutado con recursos facilitados por la International Foundation for Science (Proj. AS/502). El uso de *Sargassum* como substrato para *H. musciformis* fue una sugerencia de N. Quege. Claudia M. Jacobi ha hecho la traducción al español.

Bibliografía

- Dawes, C.J., 1974. *Marine algae of the West Coast of Florida*. University of Miami Press, Coñal Gables, FL., 201 pp.
- Dawes, C.J., Mathieson, A. & Cheney, D.C., 1974. Ecological Studies of Florida *Eucheuma* (Rhodophyta, Gigartinales). I. Seasonal Growth and reproduction. *Bull. Mar. Sci.*, 24: 235-273.
- Eldelstein, T., Bird, C.J. & Mclachlan, J., 1976. Studies on *Gracilaria* 2: Growth under greenhouse conditions. *Can. J. Bot.*, 54: 2275-2290.
- Greer, C.W., Shomer, I., Goldstein, M.E. & Yaphe, W., 1984. Analysis of carrageenan from *Hypnea musciformis* by using κ and λ carrageenases and C-N.M.R. spectroscopy. *Carbohydrate Research*, Amsterdam, 129: 186-196.
- Guist Jr. G.G., Dawes, C.J. & Castle, J.R., 1982. Mariculture of the red seaweed, *Hypnea musciformis*. *Aquaculture*, 28: 375-384.
- Haines, K.C., 1975. Growth of the carrageenan-producing tropical red seaweed *Hypnea musciformis* in surface water, 870 m deep water, effluent from a clam mariculture system, and in deep water enriched with artificial fertilizers or domestic sewage. In: G. Persoone & E. Jaspers (Editors), 10th European symposium on Marine Biology, Ostend, Universa Press, Wetteren, Belgium, p. 207-220.
- Langton, R.W., Haines, K.C. & Lyon, R.E., 1977. Ammonia-nitrogen production by the bivalve mollusc *Tapes japonica* and its recovery by the red seaweed *Hypnea musciformis* in a

- tropical mariculture system. Helgol. Wiss. Meeresunters, 30: 217-229.
- Lapointe, B.E., Williams, L.D, Goldman, J.C. & Ryther, J.H., 1976. The mass outdoor culture of macroscopic marine algae. Aquaculture, 8: 9-21.
- Levring, C.T., Hope, H.A. & Schmid, O.J., 1969. Marine algae. A survey of research and utilization. Hamburg, Cram, de Cruyter and Co. 421 p.
- Lima, A.M. de, Câmara neto, C., Oliveira E.G. & Araujo, R.A. 1981. Cultivo experimental de *Hypnea musciformis* e *Gracilaria* sp. em áreas protegidas por antigas linhas de costa (Recifes) no litoral do Rio Grande do Norte. SUDENE, Estudos de pesca, 9: 95-107.
- Oliveira, F. E.C., 1977. Algas marinhas bentônicas do Brasil. S. Paulo. Instituto de Biociências. Tese 407 p. Universidade de São Paulo.
- Oliveira, F. E.C., 1981. Marine phycology and exploitation of seaweeds in South America. In: International Seaweed Symposium, 10° Goteborg, 1981. Walter de Gruyter, Berlin, p. 97-112.
- Rao, K.R., 1970. Studies on growth cycle and phycocolloid content in *Hypnea musciformis* (Wulf) Lamour. Bot. Mar., 8: 163-165.
- Ren-zhi, L., Ren-yi, C. & Zhao-cai, M., 1984. A preliminary study of raft cultivation of *Gracilaria verrucosa* and *Gracilaria sjoestedii*. In: International Seaweed Symposium, 11° Tsingtao, 1983. Dr. W. Junk Publishers, Dordrecht, The Netherlands, p. 252-254.
- Schenkman, R.P.F., 1980. Biomassa, Crescimento, Reprodução e ficocolóide de *Hypnea musciformis* (Rhodophyta) no litoral do Estado de São Paulo, Brasil. S. Paulo, Instituto de Biociências. Tese, Universidade de São Paulo, 73 pp.
- Trono, G.C., 1974. *Eucheuma* farming in the Philippines. Nat. Sci. Res. Cent., Diliman, Quezon City, 13 pp.
- Yoneshigue, Y. & Oliveira, E.C., 1986. Ocorrência do "limo mingau" em São Paulo. Boletim ficológico, Niteroi, 6 (1): 5-6.

INFORME SOBRE EL CULTIVO DE AGAROFITAS Y CARRAGINÓFITAS EN RIO GRANDE DO NORTE, BRASIL

THE CULTURE OF AGAROPHYTES AND CARRAGINOPHYTES IN RIO GRANDE DO NORTE, BRASIL

C. Cámara Néto

Departamento de Oceanografía y Limnología, Universidad Federal del Rio Grande do Norte, Brasil

Resumen

Para el éxito del cultivo de algas marinas, la selección de un ambiente apropiado es de vital importancia. El objetivo principal de nuestro proyecto fué ejecutar con éxito la siembra de *Hypnea musciformis* y de *Gracilaria* spp. en substrato artificial. Estas especies se cultivaron mejor en condiciones naturales, en aguas costeras y estuarinas. La evaluación de los resultados obtenidos ha llevado a una mejor comprensión de las técnicas de cultivo más adecuadas, con el fin de emplearlas para mejorar la producción. Entre los numerosos aspectos tratados, la discusión se centró principalmente sobre los resultados experimentales, la productividad y los aspectos económicos.

Summary

For a successful culture of seaweed, the selection of an appropriate environment is of vital importance. The main objective of the present study was to achieve successful culture of *Hypnea musciformis* and *Gracilaria* spp. on artificial substrates. These species were better cultured under natural conditions, e.g. coastal and estuarine waters. A comparison of the experimental results led to more appropriate culture techniques.

In this paper, the experimental results, the productivity and the economical aspects are discussed.

Introducción

La posibilidad de explotar las reservas naturales de algas agarófitas y carraginófitas en el Nordeste del Brasil fue considerada por la primera vez por Cámara Néto en 1966 (Ferreira & Pinheiro, 1966). La cosecha de este vegetal marino fue llevada a cabo por varias empresas exportadoras y tres industrias de agar-agar localizadas en el Nordeste y Sudeste del Brasil, dos de las cuales sobreviven actualmente, con grandes dificultades en la obtención de materia prima, y a veces trabajando solamente al 40% de su capacidad (Watanabe, Com. pers.).

La inadecuación de la legislación reguladora de la actividad y el sistema de explotación utilizado, fueron los responsables de la depleción de las reservas, que poco antes de

los 10 años de actividad ya presentaban señales evidentes de sobre explotación.

La mala utilización de este recurso hizo que nunca consiguiese ser una parte importante en la economía nacional, o regional. Según la Cartera de Comercio y Exportación del Banco do Brasil (CACEX), toda la exportación brasileña de algas durante los años de 1971 a 1980 fue de 6284 Tm (Cámara Neto, 1982). En el período de 1975/1980 hubo una facturación de 1483.6×10^3 US\$, para una producción total de 2439.6 Tm (Raju & Thomas, 1971). A su vez la importación anual de ficocoloides de origen marino, alcanzó en el Brasil, 4×10^6 US\$ anuales.

Como consecuencia de estos hechos se definió un programa de investigación para adecuar la tecnología pre-existente (India, Filipinas y Taiwan) sin sofisticación y coherente con las condiciones socio-económicas y culturales del Nordeste del Brasil. La programación de cultivo de algas desarrollada por la Universidad Federal del Rio Grande do Norte - Departamento de Oceanografía y Limnología, está dividida en tres etapas: (a) Definición de la tecnología; (b) Definición del sistema comunitario de cultivo; (c) Definición del sistema empresarial de cultivo.

Definición de Tecnología

En esta fase fueron desarrollados los proyectos "Polissacáride", "Casqueira" y "Guaraíras", simultaneamente, en el año de 1978; el Proyecto "Algas" en 1979, y el proyecto "Experimental Culture of *Hypnea musciformis* and *Gracilaria* spp." en 1971/1972. Esta etapa fue caracterizada por la utilización y adecuación de los sistemas de cultivos desarrollados en India "twisted rope", Filipinas "tie tie", Taiwan "cultivo en viveros" y por la definición de la profundidad ideal para el desarrollo exponencial de las algas.

Los trabajos fueron desarrollados conjuntamente con cultivos de ostras, camarones y peces:

- 1) en estanques de 0,1 ha, en el estuario del Potengi (Natal-RN) y estanques de 2 ha, en el estuario de Cunhaú (Salina Casqueira, Canquaretama, RN)
- 2) en condiciones lagunares, en la Laguna de Guaraíras (Tibau do Sul-RN)
- 3) en la región protegida por arrecifes de arenito cimentado, en la playa de Buzius (Nísia Floresta-RN)
- 4) en estanques (raceways) de cemento (27 m^2), con renovación constante de agua del mar, en las instalaciones del Departamento de Oceanografía y Limnología de la UFRN.

Definición del Sistema Comunitario de cultivo

En esta fase se definió el modelo operacional de una granja marina para el cultivo de algas agarófitas (*Gracilaria* spp.) y carraginófitas (*Solieria teneria*). El Proyecto "Polissacáride II" fue llevado a cabo con recursos de la Superintendência do Desenvolvimento da Pesca (Brasil), en 1982. Con este proyecto, se quiso proporcionar una actividad alternativa para las comunidades de pescadores del litoral nordestino, sometidas a un proceso de desintegración, a causa de la

especulación inmobiliaria y otros problemas paralelos. Por tal motivo, utilizamos el apoyo logístico de antropólogos, especializados en antropología de la pesca.

Definición del Sistema Empresarial de Cultivo

Esta sistema está siendo definido desde 1985, en la Granja Marina de propiedad de la MARINA - Maricultura e Industrializado de Algas Ltda.

Material y métodos

Módulo

La unidad básica de cultivo adoptada es el módulo fijo o flotante que consiste en:(a) Substrato de fijación artificial; (b) Soporte del substrato de fijación (módulo fijo) o (c) Sistema de anclaje (módulo flotante).

Substrato artificial de fijación

Fueron utilizados los siguientes substratos: Cuerda de sisal de 10 mm ϕ , Cabo de nylon de 6 mm ϕ , Cuerda de polietileno de 3 mm ϕ , Saco de malla para fruta, Red de pesca con malla de 10 mm.

Soporte del substrato de fijación

El soporte del substrato de fijación se compone de estacas situadas una al lado de la otra con una equidistancia lateral de 2 metros y frontal de 5 metros, formando un rectángulo de 50 m x 2 m (100 m²). Estas estacas se entrelazan, lateralmente por varas de 2 m, en las cuales es fijado el substrato artificial.

Sistema de anclaje

Constituido por bloques de cemento de 0.40 m x 0.30 m x 0.15 m y con una alza de hierro galvanizado en el centro de cada bloque. Estos están dispuestos paralelamente a una equidistancia lateral de 2 m y frontal de 10 m. Este sistema es utilizado en condiciones litorales. En estanques, el anclaje se hace utilizando líneas de tubos de P.V.C. de 1/2" ϕ y 0.30 m de largo, perforados por la parte superior y fijados al piso del vivero, en disposición paralela. La equidistancia lateral es de 2 m y frontal de 5 m. En ambos sistemas de anclaje, se amarran los módulos flotantes, que están constituidos por 11 tubos de P.V.C. de 1 1/2" ϕ , entrelazados entre sí por los substratos de fijación y haciendo un rectángulo de 50 m x 2 m (100 m²). Este sistema también es usado para el anclaje del módulo "Jangada" (Fig. 1), utilizado para aclimatación de las algas a las condiciones estuarinas, y como recolector de plántulas.



Figura 1. Aspecto del anódulo Jangada.
Figure 1. The Jangada culture system.

Cultivo

El cultivo de las algas varió de acuerdo con el tipo de substrato utilizado.

Cuerda de sisal y cabo de nylon

Fué utilizado el sistema "tie tie" adoptado en las Filipinas, en las haciendas de cultivo de *Eucheuma* spp. y, experimentalmente, por Raju Thomas (1971) en el cultivo de *Gracilaria edulis* en la India. Consiste en amarrar los fragmentos de algas con rafia de plástico y, después, amarrarlas con cuerdas o cabos a una equidistancia regular de 10 cm. Después de la fijación, cada substrato, con 5 m de extensión, se fija en las varas transversales del soporte a distancias regulares de 10 cm.

Cuerda de polietileno

El sistema "twisted rope" fue originalmente usado en la India por Raju & Thomas (1971) consistiendo en la inserción de tallos de algas (*Gracilaria edulis*) en cuerdas de fibra de coco, que fue substituida por nosotros por cuerda de polietileno de 3 mm \varnothing . Las algas son insertadas a intervalos de 10 cm y este substrato, después el cultivo es fijado en las

varas transversales de los soportes de fijación de los substratos fijos o en los tubos de P.V.C. del módulo flotante a una distancia de 10 cm entre si.

Cultivo en sacos de malla plástica usados para embalar frutas y vasos plásticos con capacidad de 50 ml

Este sistema fue desarrollado por Cámara Néto & Araújo (1982) consistiendo en la utilización de sacos de malla plástica en los cuales son colocados vasos de plástico de 50 ml de capacidad. Estos proporcionan espacio para el desarrollo de las algas (*Hypnea musciformis*). Después, los sacos son atados por las extremidades hasta formar cuerdas de 5 metros, que son fijadas a los soportes de manera idéntica a la mencionada en líneas anteriores.

Plantio en red de pesca Grillon con mallas de 10 mm

- a) Substrato fijado al soporte del substrato de fijación, de manera semejante al sistema de cultivo de Nori (*Porfira spp.*) utilizado en Japón;
- b) Substrato fijado en estructuras rectangulares de madera de 25 m x 2 m, sujetas al soporte del substrato de fijación;
- c) Substrato fijado en las partes superiores e inferiores de cajas de madera rectangularse de 1,0 m x 1,2 m x 0,2 m. Solamente la *Hypnea musciformis* fue plantada en el substrato de red de pesca grillon con malla de 10 mm.

Selección de las especies cultivadas

Para la selección de las algas a ser cultivadas fueron requeridos dos aspectos: 1) Especies ya cultivadas experimentalmente y 2) Especies cultivadas industrialmente. En los años 70, se describieron las condiciones ideales del cultivo de *Gracilaria verrucosa* para su explotación industrial en Taiwan. Actualmente en Formosa y en el Vietnam se desarrolla el cultivo comercial de esta especie, con una producción importante. Estos hechos ratifican que el género *Gracilaria* reúne ambas condiciones.

Aunque no tengamos conocimiento del cultivo comercial de *Hypnea musciformis*, el trabajo de Roels et al. (1975) nos animará a desarrollar experimentos con esta especie.

Productividad

La productividad se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$B_t = B_0 (1 + i)^t.$$

siendo: B_t = biomassa en el día t
 B_0 = biomassa inicial (t_0)
 i = tasa de incremento diario
 t = tiempo en días.

Características físico-químicas

Los índices de temperatura, salinidad, materia orgánica, transparencia, oxígeno disuelto y pH fueron determinados de acuerdo con los métodos de Strickland & Parson (1968), es-

pecíficamente en el estuario del Potengi y en la Playa de Buzius.

Resultados y Discusión

Se consideraron a los proyectos "Polissacáride II" y el proyecto "Marina" como los más representativos del cultivo de algas en el Estado del Rio Grande do Norte. El primero, por desarrollarse en una área útil de 4000 m², con módulos de dimensiones operacionales, y el segundo por tratarse de una empresa dedicada al cultivo de algas.

Proyecto polissacáride II

Datos técnicos

Local: Playa de Buzius, Nísia Floresta, RN

Características Físico-Químicas: Existe muy poca variación mensual de los valores de la salinidad (36-37 ‰), oxígeno (4-5 ml/l), pH (8-8.5) y temperatura (27-28 °C). La materia orgánica fluctuó entre alrededor de 5 ppm (Junio) hasta cerca de 7 ppm (Diciembre), en cambio la transparencia del agua varió entre los 28 cm (Junio) y los 130 cm (Diciembre) Área de cultivo: 5000 m² localizados a 300 m del litoral (Playa de Buzius) en una región protegida por antiguas líneas de costa. Área útil de cultivo: 4000 m²

Naturaleza del fondo: Arena de cuarto

Especie Cultivada: *Gracilaria verrucosa*

Substrato Artificial: Cuerda de polietileno de 3 mm Ø

Característica del Módulo de Cultivo: Módulo fijo con 100 m² de área

Biomasa/m²: Inicial, 0.200 kg; Después de 90 días, 3.250 kg

PED/Día: 3%

Productividad estimada: 13 Tm/ha/año.

Principales problemas: Inestabilidad del fondo y Predación por organismos fitófagos.

Aspectos socio-económicos

El sistema de cultivo de algas desarrollado en la playa de Buzius-RN, fue destinado a un tipo de comunidad que se ocupa de la pesca. La Región Nordeste del Brasil presenta una productividad pesquera relativamente baja. La plataforma continental es estrecha de fondo irregular, permitiendo arrastre solamente en el 20% del área.

En las comunidades pesqueras nordestinas viven más de 76% de los llamados pequeños pescadores y pescadores artesanos. Actualmente, debido a la crisis de los carburantes y a los estímulos de producción propiciados por el gobierno, se observa una predominancia de la agro-industria azucarera que sumanda a la especulación inmobiliaria, y auyenta al pescador de la faena de la pesca. La solución podría estar en el cultivo comunitario, basado en la posibilidad de invertir mas en mano de obra por unidad de área, puesto que esta actividad está dirigida por los propios participantes de la empresa.

, El caracter artesanal de la susodicha actividad, representa una demanda/ha, en la fase de implantación de:

1. <i>Inversión de Implantación</i>	
a. repoblación	
2000 kg de algas frescas x US\$ 0.07 =	US\$ 149.00
b. Demanda total de mano de obra	
5520 hombres/hora	US\$ 1329.50
c. Madera para soporte del sustrato	
1800 estacas de 10 cm Ø	US\$ 300.00
900 bastones de 4 cm Ø	US\$ 80.00
d. Cuerda de Polietileno de 3 mm Ø	
800 kg	US\$ 3200.00

Subtotal	US\$ 5049.50
2. <i>Costo de Operación</i>	
Administración y mantenimiento realizada por copropietarios.	
4 salarios x 12 x US\$ 57.80 =	US\$ 2774.40

Total de costos:	US\$ 7823.90

El costo de un barco de pesca, con motor, de nueve metros, es en el Nordeste del Brasil 1×10^4 US\$. La instalación y manutención de una granja de cultivo de algas, en regimen de sistema comunitario en el primer año corresponde a 78.23% del valor del barco. Además, si consideramos una producción de 13 Tm/ha/año, a un precio de mercado internacional de US\$ 700.-/Tm. para *Gracilaria* spp. habrá un retorno líquido en el primero año de US\$ 1276.10 o 16.31% del valor de la inversión.

Considerando la vida útil de cada uno de los componentes, podemos llegar a la siguiente estimación del costo final del kilo de algas incluido el costo de operación:

ITEMS	COSTO TOTAL	VIDA UTIL	COSTO ANUAL
Plántulas US\$	140.00	3 años	46.66
Mano de obra	1329.58	4 años	332.37
Madera para soporte de sustrato	380.00	4 años	95.00
Cuerda de Polietileno	3200.00	10 años	320.00
SUBTOTAL			794.03

Administración y manutención			2774.40

TOTAL			3568.43

Tomando el valor del costo anual, estimado en US\$ 3568.43 dividiendose por 13 Tm se tiene US\$ 0.27/kg de alga producida, para un valor de mercado internacional de 0.70 US\$.

La rentabilidad elevada de esta empresa esta ocasionada por su caracter comunitario. Por otro lado, se sabe que un costo de producción, equivalente a 38.57% del producto final soporta bien los ajustes necesarios, que normalmente tienen lugar en la transición desde la fase experimental hacia la fase operacional.

Proyecto Marina

Datos técnicos

Local: Isla del "Cajueiro" (Distrito de Igapó, Natal-RN).

Características Físico-Químicas: Existe una mayor variación mensual de los parámetros físico-químicos en este estuario que la de los obtenidos en la playa de Bazius. Así por ejemplo la salinidad media osciló entre el 25 ‰ (Julio) y 31 ‰ (Enero), registrándose salinidades extremas de 14 ‰ y de 35 ‰ en algunos días del año. El oxígeno fluctuó entre 3.3 ml/l (Abril) y 5.0 ml/l (Julio). El pH cambió entre 7.2 y 8.6. Las temperaturas medias variaron entre 26.5 °C y 29 °C, registrándose los valores mínimos en Agosto y los máximos en Febrero y Junio. La materia orgánica fluctuó entre 2.5 ppm (Octubre) a 4.4 ppm (Enero) y finalmente la transparencia del agua varió desde 11 cm en Septiembre a 57 cm en Diciembre

Área de Cultivo: Vivero de cultivo de camarón con 5 ha localizado en la orilla izquierda del estuario del Potengi - Área útil plantada: 1 ha

Naturaleza del fondo: lamítico

Especie cultivada: *Gracilaria verrucosa*

Substrato artificial: Cuerda de Polietileno de 3 mm Ø.

Característica del módulo de cultivo: Módulo flotante con 100 m² de área

Biomasa/m²: Inicial: 0.320 kg; Después de 90 días: 9.5 kg

PED/Día: 4%.

Productividad estimada: 38 Tm/ha/año.

Principales problemas: Animales perifitófagos y espongiarios.

Aspectos económicos

El Proyecto Marina se basa en el aprovechamiento de áreas ya construidas para el cultivo de peneidos, que por alguna razón no han sido utilizados. El proyecto original, que debía ser implantado en la Isla del Cajueiro ("Projeto Executivo Comunitário de Cultivo do Camarão Marinho no Rio Grande do Norte"), constaba de 40 estanques de 5 ha cada uno. Después de la construcción de los 10 primeros se desestimó el proyecto, y las instalaciones existentes se pusieron a disposición de la MARINA. De esta forma y por la primera vez en Brasil, la Superintendência do Desenvolvimento da Pesca registró una empresa de maricultura de Algas (La MARINA - Maricultura e Industrializado de Algas Ltda.).

Considerando una productividad bastante conservadora de 13.7 Tm/ha/año, y una comercialización a los precios mínimos del mercado internacional (US\$ 0.70/kg), la rentabilidad del cultivo de algas sería 9.1×10^3 US\$/ha/año, que correspondería a una facturación 28.53% superior a la del cultivo del camarón realizado en idénticas circunstancias.

Además, la productividad de 13 Tm/ha/año es la más baja alcanzada en las experiencias realizadas en Rio Grande do Norte y el precio de las algas, de acuerdo a su calidad y las contingencias del mercado puede sobre pasar 1.- US\$/kg. Por otro lado, el "Projeto Comunitário", genera 120 empleos familiares directos, y 18 empleos de personal administrativo y la gestión del Proyecto. Ello suma un total de 138 empleos por 200 ha, o una densidad de empleo de 0.69 hombres/ha. La mari-



Figura 2. Detalle de los algas germinales en el vivero.
Figure 2. Algal germlings from the nursery.

cultura de algas, antes de alcanzar su punto de nivelación económico, a partir de una productividad de 13 Tm/ha/año, proporciona un mínimo de 3 empleos directos/ha/año, que es más de cuatro veces el número de empleos mencionados en el "Projeto Executivo Comunitário de Cultivo de Camaráo Marinho no Rio Grande do Norte".

Situación actual

El cultivo de agarófitas y carraginófitas en Rio Grande do Norte

Los experimentos realizados llevan a considerar dos opciones para el cultivo de algas agarófitas (*Gracilaria* spp.) y/o carraginófitas (*Solieria teneria*). La primera, a ser desarrollada en condiciones litorales en régimen comunitario o a través de núcleo familiar y en áreas limitadas como ocurre en las Filipinas. Después de la conclusión del Proyecto "Polisacáride II", quedó definido el modelo de granjas litorales de cultivo de agarófitas y/o carraginófitas, considerándose una producción mínima de 13 Tm/ha/año. Este modelo, naturalmente, deberá sufrir ajustes al pasar la fase operacional, puesto que solo fue realizado en condiciones experimentales.

La segunda opción es la versión empresarial. Este cultivo

fue pensado para ser implantado en viveros estuarinos, destinados al cultivo de camarones. Actualmente, se está desarrollando en Granja MARINA, por primera vez en Brasil, un proyecto de implantación de cultivo de *Gracilaria verrucosa*, en una área útil de 1 ha. Este proyecto después de la aclimatación de las algas provenientes de la región litoral en profundidades de hasta 10 metros, se encuentra en la fase de formación de algas que, después de la aclimatación, inicien la germinación sistocárpica, ya en tercera generación (Fig. 2).

Se espera que la Granja MARINA una vez resueltos los problemas propios de la transición de la fase experimental, a la fase industrial, inicie su producción a corto plazo.

Conclusiones

- El sistema "twisted rope" descrito por Raju y Thomas, modificado por Cámara Néto, se mostró bastante satisfactorio para el cultivo de *Gracilaria verrucosa* y *Solieria tenera*.
- La metodología para el cultivo de *Hypnea musciformis*, a pesar de funcionar, razonablemente, en los proyectos "Polissacáride I" y "Casqueira" todavía no está definitivamente lograda.
- Como ocurre en Taiwan y en Vietnam, de las varias especies de *Gracilaria*, la que mejor se adaptó a las condiciones de cultivo en viveros estuarinos fue la *Gracilaria verrucosa*, por su gran capacidad de adaptación a las variaciones físico químicas estuarinas.
- Aunque en Brasil exista una importación anual de productos derivados de algas marinas de 4 millones US\$, la explotación de estas jamás ha conseguido ser una empresa competitiva. La producción de algas en el Brasil desde el inicio de esta actividad hasta nuestros días, no alcanza al 50% de las 12×10^3 Tm producidas anualmente, en las 300 ha cultivadas, en Taiwan.
- Probablemente esta es la explicación de que actualmente solo exista una empresa privada en todo el Brasil dedicada al cultivo de algas.

Bibliografía

- Cámara Néto, C., 1982. Cultivo de algas agarófitas. Una Perspectiva económica para o Litoral do Nordeste, Série Ciência e Tecnologia I, Programa de Estimulo o Trabalho Intelectual, UFRN, PRAEU, 1. Algas - Nordeste. I Título CDU 582.26 (812/814), 23 pp..
- Cámara Néto, C. & Araújo, R.A., 1978. Informe Preliminar sobre a Implantação de uma Fazenda Piloto de Cultivo de Algas Agarófitas. Projeto Polissacáride. I Simpósium Brasileiro de Aquicultura, Recife, Pe. pp. 361-372.
- Ferreira, M.M. & Pinheiro, F.C., 1966. Algas Marinhas de Interesse Industrial para o Nordeste Brasileiro. Bol. Est. Bio. Mar, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza 20, 1968.
- Raju, P.V. & Thomas, P.C., 1971. Experimental Field Cultivation of *Gracilaria edulis* (GMEL) Silva. Botanic Marine, 11: 71-75.

- Roels, O.A., Haines, K.C. & Sunderlin, J.B., 1976. The Potential Yield of Artificial Upwelling mariculture. In: G. Persoone & E. Jaspers, Proceedings of the 10th European Symposium on Marine Biology, Universa Press, Wetteren, Belgium, Vol. 1: 381-390.
- Strickland, J.D.H. & Parsons, T.R., 1968. A Practical Handbook of Seawater Analysis. Bull. Fish. Res. Bd. Can. 167 pp.

Conclusiones/*Concluding remarks*

PROBLEMAS Y DESAFIOS PARA HACER INVESTIGACION CIENTÍFICA EN ECOLOGICA MARINA EN CHILE*

PROBLEMS AND CHALLENGES OF DOING SCIENTIFIC RESEARCH ON MARINE ECOLOGY IN CHILE

B. Santelices

Departamento de Biología Ambiental y de Poblaciones, Facultad de Ciencias Biológicas, Pontificia Universidad Católica de Chile, Casilla 114-D, Santiago, Chile.

Resumen

En Chile, varias generaciones de científicos han sido entrenados en Chile o en el extranjero en la ciencia de Ecología Marina. A pesar de estos esfuerzos, frecuentemente la producción científica del entrenado ha sido muy reducido. En el presente trabajo, se analizan el problema desde el punto de vista de la experiencia personal del investigador y de los problemas que se debe afrontar para desarrollar una línea de investigación en Ecología Marina en Chile. Los componentes de dicho proceso: las características de la institución científica donde el investigador llega a trabajar, el iniciar de una línea de investigación y el primer manuscrito serán discutidos.

Summary

Several generations of Chilean scientists have been trained within or outside the country in the field of Marine Ecology. In spite of these efforts, often the scientific production of the trainees remained rather low. In the present paper, this problem is approached from the personal viewpoint of the scientist himself, thereby analyzing the difficulties encountered if in Chile a new research line has to be set up. The major components involved, such as characteristics of the scientific institute where the trainee is going to work, the set up of a research line and the first publication, will be discussed.

Introducción

El sector de Ciencias del Mar existe en Chile desde hace 45 años (Sánchez & Castilla, 1982). A lo largo de estos años, varias generaciones de científicos han sido entrenados en Chile o en el extranjero debiendo, una vez finalizado su entrenamiento, hacerse cargo de responsabilidades académicas en

* Este trabajo ha sido invitado. El está basado sobre la publicación: Problemas para hacer investigación ecológica en Chile. Una visión personal. Revista Chilena de Historia Natural, 1987 (en prensa).

diversas instituciones nacionales. Los resultados han sido diversos pero con frecuencia ha habido rendimiento reducido especialmente con respecto a producción científica. Las causas son numerosas, y algunas de ellas han sido incluidas en revisiones de las características del desarrollo científico en países en desarrollo (Moravcsik, 1972; Roche, 1976a, 1976b, 1976c; Smith & Ross, 1976; Zamitti, 1976), en evaluaciones de la realidad científica en Chile (Krauskopf & Pessot, 1980; Croxatto, 1982) o en análisis del estado de las ciencias del mar en Chile (Melo *et al.*, 1977; Sánchez & Castilla, 1982). Infrecuentemente, sin embargo, se ha abordado el problema desde el punto de vista de la experiencia personal del investigador y de los problemas que ha debido afrontar para desarrollar una nueva línea de investigación en el país.

El análisis que sigue es una recapitulación de experiencias personales ocurridas a lo largo de diez años de trabajo de investigación en Chile y que se inician con el retorno al país luego de un período de entrenamiento de post-grado. Los problemas enfrentados y las soluciones logradas se han conceptualizado y jerarquizado para un análisis más sistemático y se han ordenado siguiendo un desarrollo histórico, desde el momento que un becario llega a trabajar a una institución académica hasta que su investigación ha logrado cierto nivel de desarrollo. En dicho proceso es posible distinguir los tres componentes principales siguientes :

1. La Institución receptora
2. El síndrome de asentamiento
3. El primer manuscrito.

Cada una de estas condicionantes son analizadas a continuación. Este análisis reconoce a las limitaciones económicas como de primera importancia y condicionantes de todo el proceso, pero intenta ir más allá que esta realidad, apuntando a definiciones conceptuales que pueden interactuar, ya sea agravando o neutralizando las limitaciones económicas.

La Institución Receptora

Las características operativas y de filosofía de acción de la Institución a la que llegue el investigador luego de su entrenamiento de post-grado son de máxima importancia. A menudo se supone que nivel de remuneraciones y presupuesto de investigación son en países en desarrollo las condicionantes más importantes. Sin embargo, otras tres características son, al menos, tan importantes como las anteriores. Brevemente me referiré a ellas:

Tradición de investigación

Bajo este concepto pretendo caracterizar el reconocimiento por parte de las autoridades y miembros de una Institución que la investigación científica no sólo es buena o deseable para el desarrollo institucional, sino que ella es de **ABSOLUTA NECESIDAD**.

Este reconocimiento de su absoluta necesidad condiciona, sin duda, el destino y la forma de utilización de numerosos recursos materiales y humanos, incluso bajo condiciones de restricción presupuestaria. Existen en este momento en Sud

América numerosas instituciones donde se están organizado o se han organizado Facultades teóricamente dedicadas prioritariamente a la investigación científica, o donde existen Direcciones de Investigación especialmente orientadas a apoyar el trabajo de investigación. Sin embargo, a menudo esta necesidad de investigación no ha influido otros quehaceres y decisiones. Así por ejemplo, es común reconocer en nuestras Universidades que los científicos se vean enfrentados a los problemas detallados en el cuadro 1, todos ellos derivados de la ausencia de una adecuada tradición de investigación.

Esta realidad institucional es tan determinante del futuro quehacer científico que quizás sería necesario diagnosticar si realmente existe esta tradición científica en una mayoría de las instituciones de la cuales esperamos buenos resultados en investigación. Si esta tradición no existe sería interesante sugerir las estrategias más adecuadas para su desarrollo. Tal desarrollo implica un cambio conceptual, que toma varias generaciones de maestros dedicados a hacer progresar el cambio conceptual, muchas veces a expensas de sus propias líneas de investigación. Ello significa, a menudo, un largo trabajo, no sólo de obtención de recursos y formación de estudiantes. Requiere de extenso trabajo de planificación, de modificación de estructuras y, no menos importante, de un continuado esfuerzo de educación de las autoridades académicas y de la comunidad universitaria sobre la importancia, las proyecciones y la necesidad de investigación en la actividad académica.

Inestabilidad institucional

Este punto ha cobrado especial importancia en Chile en los últimos 15 años, porque en varias instituciones han ocurrido cambios frecuentes de autoridades superiores, con la consecuente pérdida en el proceso educativo sobre políticas de desarrollo científico de estas autoridades. A menudo estos cambios han generado inestabilidad en las políticas internas y en las prioridades de desarrollo de la institución, con la consiguiente pérdida de esfuerzos y de recursos. Esto siempre ha significado retraso en el desarrollo científico y a veces pérdidas de grupos completos de investigadores, de maestros con acentuada tradición en investigación o de jóvenes colaboradores con gran potencial.

Flexibilidad institucional

A menudo la estructura universitaria existente es el resultado de un proceso histórico. En consecuencia, cuando esta organización universitaria es mantenida en forma rígida, ella se transforma en una limitación seria para el desarrollo institucional. Es importante reconocer que las unidades básicas de trabajo reconocidas como los laboratorios, son agrupaciones oportunistas de individuos con intereses comunes de investigación y cuya agrupación permite hacer mejor utilización de los limitados recursos materiales y humanos con que se cuenta. Así, el número de investigadores en un laboratorio y sus formas de relación pueden cambiar en la medida que cam-

Cuadro 1. Problemas frecuentes en Instituciones Universitarias que dificultan el avance científico

Table 1. Common difficulties for the scientific progress in University Institutes.

-
- 1 A nivel directivo: (*The Management*)
 - Ausencia de comprensión por parte de las autoridades de lo que es la Ciencia y la Investigación Científica.
 - Ausencia de planificación de actividades en investigación.
 - Cargos universitarios a menudo ocupados por individuos con limitada o ninguna capacidad para hacer investigación científica.
 - 2 A nivel de políticas universitarias: (*The University Policy*)
 - Carga docente y administrativa tan alta que no deja tiempo para actividades de investigación.
 - Docencia orientada principalmente al pregrado.
 - Infraestructura inadecuada (equipos, bibliografía, personal de apoyo).
 - 3 A nivel de políticas de investigación: (*The Research Policy*)
 - Presupuestos de investigación repartidos en muchos microproyectos, con más énfasis en la estadística universitaria que en un avance real de las ciencias.
 - Presupuestos de investigación con importancia simbólica más bien que real.
 - Ignorancia sobre la importancia del intercambio científico, visitas al extranjero o asistencia a Congresos.
 - Ignorancia sobre la importancia de masas críticas de investigadores necesarias para intercambiar ideas, perfeccionar métodos y discutir resultados.
-

bien sus intereses de investigación o en la medida que el avance científico deje obsoletas líneas de investigación pasadas y estimule el desarrollo de nuevos horizontes.

2 El síndrome de asentamiento

El becario que vuelve al país eventualmente se instalará en alguna institución y se insertará en un ambiente con mayor o menor grado de tradición científica. Generalmente él retornará empapado con ideas y proyectos de desarrollo científico y tenderá a transplantar a su lugar de trabajo la realidad institucional donde se graduó. A menudo esto genera falsas expectativas que fácilmente pueden frustrar al científico joven en su intento de desarrollo. Debido al desconocimiento de lo que implica el desarrollo de una tradición científica institucional, las primeras confrontaciones con la realidad son frustrantes y con frecuencia resultan en mortalidad académica, definida aquí como emigración del investigador hacia otro centro universitario (a menudo en el exterior) o como abandono de los intentos de hacer trabajo de investigación.

Un número de individuos eventualmente sobrevivirá a este choque inicial e intentará iniciar la publicación de los trabajos derivados de su período de entrenamiento, así como iniciar sus trabajos de investigación. Debido al estado actual del desarrollo de ciencias del mar en Chile, es altamente probable que en la práctica ésto se traduzca en la iniciación de una nueva línea de investigación en el país. Este individuo deberá así enfrentar una diversidad de problemas como los detallados en el cuadro 2.

Cuadro 2. Problemas frecuentes encontrados al iniciar en Chile una nueva línea de investigación.

Table 2. Problems encountered to set up a new research line in Chile.

-
- 1 Los recursos económicos requeridos para la adquisición de nuevos equipos, nueva bibliografía, nuevas instalaciones, etc. son fuertemente limitantes (*limited budgets*).
 - 2 Los recursos humanos (colaboradores, estudiantes) también son limitantes. Generalmente (*shortage of personnel*).
 - El número de investigadores por área es demasiado pequeño y se traduce en falta de MASA CRITICA (*lack of critical mass*).
 - Los ayudantes y potenciales colaboradores no tienen entrenamiento previo adecuado para transformarse en ayuda inmediata en la investigación (*inadequate training*).
 - 3 La nueva investigación dependerá del conocimiento biológico de los organismos en cuestión, la que a menudo está a nivel de Taxonomía alfa. Será necesario, en consecuencia, desviarse del interés principal de investigación (*limited information available on research organisms*).
 - 4 Todas las otras limitantes relacionadas con el grado de desarrollo institucional.
-

Obviamente, las perspectivas de solución a todos estos problemas no son fáciles. Sin embargo, hay algunas experiencias que permiten, a lo menos, reducir las limitantes aquí enunciadas.

Algunas Universidades en Chile y algunas Instituciones Internacionales, han generado programas especiales de apoyo a la investigación de becarios jóvenes que vuelven a sus países de origen a iniciar nuevas actividades de investigación. Este es el caso de, por ejemplo, "The International Foundation for Science", con sede en Suecia, o de los concursos especiales de proyectos de investigación en la Pontificia Universidad Católica de Chile. Estos son en general proyectos de investigación de no más de 10 mil dólares anuales, que sin embargo permiten al nuevo becario instalarse e iniciar actividades en el país, además de iniciar la formación de estudiantes, que a la postre será la única forma de disminuir las limitaciones de recursos humanos existentes.

La obligada desviación inicial del interés principal de in-

vestigación es un fenómeno relativamente común entre investigadores jóvenes del país y que tiene serias repercusiones posteriores. Como se dijo, este se origina en que el conocimiento acumulado de los organismos marinos se encuentra a nivel de taxonomía alfa y que para una mayoría de ellos carecemos del conocimiento de aspectos importantes de su biología. El nuevo investigador deberá, en consecuencia, consumir tiempo, esfuerzo y recursos para averiguar aspectos biológicos de sus organismos de estudio. A menudo esto no es entendido por las agencias que financian proyectos y que descalifican un proyecto por su componente taxonómico-descriptivo, ignorando la realidad nacional. A menudo tampoco esto es entendido por los responsables de diseñar programas de entrenamiento, los que no perciben la necesidad de que estos programas de perfeccionamiento sean amplios y profundos debido a la diversidad de problemas tecnológicos, científicos y de administración que los investigadores deberán resolver durante las etapas pioneras del desarrollo de sus áreas de investigación luego de su vuelta al país. Finalmente, a veces esto tampoco es entendido por el propio investigador, el que debería plantearse varias actividades de investigación en forma paralela a su problema principal y no intentar reemplazar sus intereses de creación científica por trabajos menores en taxonomía o en descripciones.

3 El primer manuscrito

Con el tiempo, y a pesar de todas las limitaciones anteriores, es posible que el joven científico pueda producir un primer manuscrito basado en investigaciones realizadas en el país. El investigador seguramente intentará publicarlo en alguna revista de circulación internacional y preferentemente extranjera. Esta elección de la revista, parcialmente está influida por sus propias aspiraciones y parcialmente determinada por las políticas de desarrollo científico establecidas en el país, las que en un intento por elevar la calidad de la investigación han quizás hipertrofiado el énfasis en la necesidad de publicar en "revistas internacionales con Comité Editorial".

En algún número de casos el trabajo será aceptado siguiendo el proceso normal de revisión de manuscritos. En un número alto de casos, sin embargo, sucede que los trabajos reciban los comentarios de que "el trabajo tiene sólo importancia local" o "este tipo de estudios ha sido ya documentado ampliamente".

Sea o no sea aceptado el trabajo, tal investigador adquiere la sensación de que su producto final carece de importancia y que está trabajando sólo en la periferia de lo que es el curso principal del avance científico en su campo. Esta sensación se acentúa en los casos en que el investigador debe desviarse de su inicial interés principal de investigación a fin de cubrir aspectos básicos de la biología de los organismos en cuestión.

Este complejo de contribución periférica o "complejo periférico" (Zamitti, 1976) tiene importantes consecuencias. Numerosos investigadores rehusarán volver a producir un manuscrito. En otros casos, estimulará a que los investigadores

se desconecten de los patrones y estándares internacionales y se restrinjan a publicar sólo en revistas locales, en las que sus hallazgos tienen mayor pertinencia. En otros casos, estimulará a elegir temas de investigación que sean aceptables en revistas internacionales, pero que no necesariamente ayuden a solucionar problemas de sus propias regiones.

Sería quizás recomendable revisar las políticas académicas tradicionales de evaluación y adjudicación de recursos de investigación que se basan fuertemente sobre el ítem "publicación", a veces con olvido total de otros aspectos de desarrollo y con total desconocimiento del complejo periférico y de las situaciones arriba descritas.

Una alternativa lógica a esta situación es, por supuesto, la creación de medios locales de publicación cuyos comités editoriales, además de mantener niveles de calidad acorde con patrones internacionales, reflejen en mejor forma los intereses y problemas de la región. Algo de esto está sucediendo en el país, donde existe un cierto número de revistas cuya financiación se ha estabilizado en los últimos años y cuyos comités editoriales han incorporado una diversidad de expertos de disciplinas e instituciones distantes.

La experiencia muestra que una vez que el investigador ha superado esta multitud de problemas y ha publicado sus primeros manuscritos producidos en Chile, él puede mantener esta actitud mas o menos indefinidamente. Es probable que nuevos problemas aparezcan, pero ellos son en general modificaciones de los descritos anteriormente. En la medida que el investigador se mantiene produciendo, generalmente va adquiriendo notoriedad nacional y a veces también cierta notoriedad internacional, aumentando el número de sus estudiantes y, generalmente, teniendo que defenderse de presiones que lo fuerzan a responsabilizarse de funciones administrativas o de dirección académica. Finalmente un número de investigadores deberá asumir estas funciones de planificación y administración, y aunque ello resulta a corto plazo en una disminución de actividad científica, a largo plazo permite en nuestras Universidades que las autoridades con capacidad de decisión tengan un mejor entendimiento del papel de la investigación en la Universidad.

Bibliografía

- Croxatto, H.R., 1982. Las Ciencias Biológicas en Chile. En: Academia de Ciencias, Instituto de Chile y Corporación de Promoción Universitaria (eds.). Ediciones CPU, Santiago, Chile. Una Visión de la Comunidad Científica Nacional, pp. 84-107.
- Krauskopf, M. & Pessot, R., 1980. Estudio preliminar sobre publicaciones y productividad científica en Chile. Archivos de Biología y Medicina Experimentales, 13:195-208.
- Moravcsik, M.J., 1972. Aspects of science development. OECA, Paris, 189-240.
- Melo, T., Carrasco, E., & Castilla, J.C., 1977. Estado actual de la educación y capacitación en Ciencias del Mar. Revista de la Comisión Permanente del Pacífico Sur, 6:9-41.
- Roche, M., 1976a. Editorial. Interscience, 1:5.

- Roche, M., 1976b. La Dependencia. *Interscience*, 1:199.
- Roche, M., 1976c. Early History of Science, in Spanish America. *Science*, 194:806-810
- Sanchez, P. & Castilla, J.C., 1982. Las Ciencias del Mar en Chile. En: Academia de Ciencias, Instituto de Chile y Corporación de Promoción Universitaria (eds.). Una Visión de la Comunidad Científica Nacional, Ediciones CPU, Santiago, Chile, pp. 1-69.
- Smith, J.L. & Ross, D.A., 1976. Technological transfer in marine science. *Interscience*, 1:38-42.
- Zamitti, C., 1976. O grande equivoco do almejado prestigio científico. *Dados e ideias*. Abril-Maio, 1976:5.

CONCLUSIONES DEL TALLER DE TRABAJO DE LA IFS SOBRE LA ACUI- CULTURA EN AMERICA LATINA

CONCLUSIONS OF THE IFS SEMINAR ON AQUACULTURE IN LATIN AMERICA

M. Carillo¹⁾ y J. Verreth²⁾

¹⁾Instituto de Acuicultura de Torre de la Sal, Ribera de Cabanes, Castellon, España

²⁾Department of Fish Culture and Fisheries, Agricultural University, P.O. Box 338, 6700 AH Wageningen, The Netherlands

Introducción

Uno de los aspectos más positivos del taller de trabajo de Acuicultura en Latinoamérica fue dar a conocer las investigaciones llevadas a cabo por los becarios de la IFS en presencia de todos ellos y de varios asesores de la Fundación. Aunque selectivo (el taller era básicamente limitado a las investigaciones de los becarios de la IFS), los estudios presentados dan una buena idea del estado actual, el nivel, los problemas y las perspectivas de la investigación acuícola en América Latina. Se discutieron y orientaron las investigaciones de todos los becarios latinoamericanos llegándose a la conclusión que no solamente es importante valorar estos trabajos y los problemas relacionados, sino que también es necesario formular recomendaciones sobre las prioridades en investigación acuícola, en intercambio de información, etc.

Problemas en la investigación acuícola

En América Latina no ha existido una política científica estable a nivel regional. Esto ha conducido a que no se hayan establecido prioridades con respecto al tipo de investigación (especies a cultivar, lugares de interés, etc.) y las áreas de conocimiento que hay que apoyar para que a largo o mediano plazo se optimicen las actividades de investigación y desarrollo en materia de Acuicultura. Las mesas redondas que se organizaron a lo largo del taller de trabajo de acuicultura fueron muy orientadoras al respecto. Las distintas exposiciones de los becarios latinoamericanos, pusieron de manifiesto el enorme potencial que tiene este continente en las especies idóneas para la acuicultura. En los 45 trabajos publicados en este volumen, no menos que 40 diferentes especies fueron sujeto de estudio. Uno de los inconvenientes que se encuentran en el cultivo de determinadas especies es que no existen trabajos previos; se desconocen sus requerimientos nutritivos, sus ciclos sexuales, sus tácticas y estrategias reproductoras etc., lo que impide ejercer un control efectivo sobre la reproducción, crecimiento y desarrollo de las susodichas especies. En este sentido, cualquier investigación que brinde información sobre estos aspectos contribuirá enormemente al desarrollo acuícola en el continente.

Sin embargo, la dispersión de la investigación acuícola en América Latina que se comprueba en este volumen, podría bien impedir un progreso significativo en el desarrollo acuícola de estas especies. La falta de una masa crítica de investigadores y el consiguiente aislamiento en ciertas áreas de la investigación acuícola en América Latina es uno de los más graves problemas que afronta el científico latino.

Se vió que en algunos casos se repetían los mismos tipos de experiencias y sin embargo, los investigadores no estaban enterados de ello. Es obvio que un menor intercambio de información podría mejorar esta situación. Esta reunión sirvió precisamente para poner los becarios en contacto y discutir sus experiencias con perspectiva futura. También se llegó a la conclusión de que los defectos de planificación que se detectaron en algunos trabajos podrían mejorarse con información más actualizada.

Prioridades en la investigación acuícola

La elección del sitio idóneo donde desarrollar un cultivo con una o varias especies determinadas, ha sido muchas veces determinante para su éxito o su fracaso. En las discusiones realizadas en el taller de trabajo sobre acuicultura, se puso de manifiesto que en muchos casos todavía está por estudiarse la variación diaria y estacional de muchos parámetros físico-químicos, ecológicos y nutricionales del ambiente, que están condicionando la presencia o ausencia de los fenómenos reproductivos y de crecimiento en las especies idóneas para los cultivos. Se recomendó que cualquier investigación que se realice en materia de acuicultura tenga en cuenta los factores climáticos propios de la región e incluya, a ser posible, estudios de tipo ecofisiológico. En líneas generales, se llegó a la conclusión que la investigación acuícola ganaría en nivel científico y brindaría más al desarrollo de la acuicultura latinoamericana cuando se utilice una planificación más estructurada de la línea de investigación y una buena definición de las prioridades de investigación. De las mesas redondas y de las múltiples discusiones a lo largo del taller se ha tratado de formular las siguientes prioridades de estudio:

Cultivo de peces

Reproducción

1. Descripción y análisis del proceso:
 - ciclo reproductivo en el ambiente natural
 - la ecofisiología (control ambiental) de la reproducción
 - la fisiología (control endocrino) de la reproducción
2. Manipulación del proceso:
 - control y manipulación del crecimiento gonadal
 - manipulación de la maduración, ovulación y oviposición (reproducción inducida)
3. Manipulación del producto: genética.

Nutrición y crecimiento

1. El potencial del crecimiento bajo varias condiciones ambientales, pesos corporales y tasas de alimentación

2. Requerimientos nutritivos (proteínas, energía, lípidos)
 - utilizando dietas semi-purificadas
 - utilizando dietas compuestas con productos locales y desechos agropecuarios
3. La nutrición larvaria.

Sistemas de producción

1. Densidad: relación entre densidad, crecimiento y rendimiento bajo varias condiciones de manejo
2. Manejo de estanques; uso de fertilizantes inorgánicos y orgánicos (ganado)
3. Policultivo: (por ejemplo peces/crustáceos): interacción entre especies etc.
4. Cultivo en lagunas, lagos o represas.

Cultivo de Bivalvos (coordinator: A. Perez Camacho).

Evaluación de poblaciones naturales y su manejo

Cultivo

1. Técnicas de captación de semilla
2. Producción de semilla en el laboratorio

Creación y/o repoblación de bancos naturales

Estudios biológicos

1. Ostreidos
 - patología
 - reproducción e indentificación de estadios larvales
2. Mytilidos
 - reproducción e indentificación de estadios larvales
3. Pectinodos
 - reproducción e indentificación de estadios larvales
4. Otros.

Impacto ecológico del cultivo

Especies de interés

Las prioridades de investigación por especies se podría resumir en la lista siguiente: (1 = captación; 2 = evaluación y manejo; 3 = técnicas de cultivo; A = Mexico y Centro-América; B = Brazil; C = Argentina; D = Chile).

	A	B	C	D
<i>Argopecto circularis</i>	3			
<i>Protothaca asperrima</i>	3			
<i>Ostrea irridensis</i>	3			
<i>Crassostrea rhizophorae</i>	3	1,3		
<i>Strombus gigas</i>	3			
<i>Pecten vogdesi</i>	1,3			
<i>Lyropecten subnodosus</i>	1,3			
<i>Chione sp.</i>	2			
<i>Pinna sp.</i>	2			
<i>Mytilus californianus</i>	3			
<i>Mytela charruana</i>		1,3		
<i>M. guyanensis</i>		1,3		
<i>Perna perna</i>		1,3		
<i>Aulocomya ater</i>			1,3,2,	1,3
<i>Mytilus edulis platensis</i>			1	

<i>Ostrea puelchana</i>	1,3
<i>Chlamys tehuelcha</i>	2
<i>Chlamys liskei</i>	2
<i>Glycimeris longior</i>	2
<i>Amiantis purpurata</i>	2
<i>Protothaca sp.</i>	2
<i>Choromytilus chorus</i>	1,3
<i>Ostrea chilensis</i>	1,3
<i>Mesodesma donacium</i>	2
<i>Concholepas concholepas</i>	2
<i>Chlamys purpurata</i>	1,3
<i>Almejas</i>	1,2,3

Intercambio de información

Con el fin de que los becarios alcancen una definición más clara de los objetivos científicos a seguir, es fundamental promover un mayor intercambio de personal entre las distintas instituciones donde se encuentran, facilitarles la asistencia a seminarios especializados y sobre todo de que dispongan de información actualizada sobre su trabajo. Este punto se ha visto que es el más crítico de todos y que merece una atención especial. En general los becarios no tienen un acceso fácil a las fuentes bibliográficas y esto se debe en parte a la falta de recursos, al aislamiento secular y ausencia de tradición científica que padecen muchas instituciones. Si se lograra remediar la falta de disponibilidad de libros y revistas especializadas en acuicultura, fomentar el contacto entre especialistas y aprovechar mejor los recursos disponibles, se podrían redefinir los objetivos que tienen planteados actualmente los becarios, de manera que se ganaría en objetividad y realismo. Una de las recomendaciones del taller de trabajo fue la necesidad de que en Latinoamérica se disponga de un centro de documentación en Acuicultura que sea funcional y resuelva la falta de información bibliográfica que adolecen los becarios.

Los estudios presentados aquí deberían interconectarse con los realizados en otros continentes por los becarios de la IFS, especialmente con los del continente Asiático cuya realidad sociogeográfica es más extrapolable a la realidad latinoamericana que la de otras regiones.

De los contactos establecidos entre los asesores y becarios a lo largo de las sesiones de trabajo del taller de Acuicultura se constató un gran interés en la necesidad de disponer de información sobre las distintas técnicas que se emplean en acuicultura (dosis, canulación, clarificado de huevos, técnicas histológicas, bioquímicas, hormonales, formulación de piensos, materiales de construcción de tanques, jaulas, bateas, sistemas de regulación ambiental etc.), direcciones de casas suministradoras de diversos productos pertinentes a estos temas, nombres y direcciones de revistas especializadas, centros de Documentación y formación de personal etc. Con el fin de contribuir con esta urgente necesidad de información, se han elaborado algunas listas de datos que pueden ser de interés para quien quiera realizar una esforzada investigación en Acuicultura en Latinoamérica. Estas listas se encuentran en los apéndices de este volumen.

Appendices

LISTA DE ESPECIES
LIST OF SPECIES

Appendix 1.

Todas las especies mencionadas aqui fueron sujeto de los estudios presentados en este volumen.
The species listed below were all subjects of study in the papers presented in this volume. The list does not include species which were mentioned in the text but not used in the study presented.

PECES/FISHES

Austromeniidia laticlavia
Basilichtus bonariensis
Diplectrum formosum
Prochilodus nigricans
Prochilodus reticulatis magdalenae
Pseudoplatystoma coruscans
Stendachneridion scripta
Mugil liza
Colossoma macropomum
Colossoma brachypomum
Cyprinus carpio
Petenia kraussii
Oreochromis aureus
Oreochromis niloticus
Salmo gairdneri

CRUSTACEOS/PRAWNS

Macrobrachium rosenbergii
Macrobrachium panamensis
Macrobrachium acanthurus
Macrobrachium carcinus

BIVALVOS/SHELLFISH

Mytilus edulis
Mytilus chilensis
Choromytilus chorus
Chlamys purpuratus
Perumytilus purpuratus
Ostrea edulis
Ostrea puelchana
Ostrea chilensis
Crassostrea rhizophorae
Mytella charruana
Aulacomya ater
Argopecten circularis
Protothaca asperrima
Tagelus plebeius
Anamalocardia brasiliana

ALGAS/ALGAE

Gelidium lingulatum

Gelidium chilense

Gelidium rex

Durvillaea antarctica

Gracilaria verrucosa

Hypnea musciformis

Soliera tenera

Dunaliella tertiolecta

AQUACULTURAL DOCUMENTATION

Revistas/Journals

AQUACULTURE

Elsevier Science Publishers
P.O. Box 211
1000 AE Amsterdam (The Netherlands)

AQUACULTURE AND FISHERIES MANAGEMENT

Blackwell Scientific Publications
Subscriptions:
c/o Expeditors of the Printed World Ltd,
515 Madison Avenue
New York, NY 10022 USA

AMERICAN ZOOLOGY

American Soc. Zoologists. California Luthern Coll.
P.O. Box 2739, Thousand Oaks CA 91360, USA

AQUACULTURAL ENGINEERING

Elsevier Applied Science Publishers LTD
Crown House, Linton Road, Barking
Essex IG11 8JU, England

BAMIDGEH

NIR-DAVID, 19150 Israël

BULLETIN OF THE JAPANESE SOCIETY SCIENTIFIC FISHERIES

The Japanese Society of Scientific Fisheries
Tokyo University of Fisheries 5-7-4-Chome, Konan, Minato-Ku
Tokyo T 108 Japan

BULLETIN OF THE FACULTY OF FISHERIES

Faculty of Fisheries Hokkaido University
Minato-cho, Hakodate 041
Japan

BIOLOGICAL BULLETIN

Marine Biological Laboratory
Woods Hole, MA 02543

BOLETIN DEL INSTITUTO ESPAÑOL DE OVEANOGRAFIA

Publicaciones del Ministerio de Agricultura, Pesca y Ali-
mentación
Centro de Publicaciones: Paseo de Infanta Isabèl 1
28014 Madrid

CANADIAN JOURNAL OF FISHERIES AND AQUATIC SCIENCES

- Distribution des Publications
Edifice Principal, peèce 1710
Ottawa K1A 0T6, Canada
- Supply and Services Canada
Ottawa, Ontario, Canada K1A 0S9

CANADIAN JOURNAL OF ZOOLOGY

National Research Council
Ottawa K1A 0R6, Canada

CELL AND TISSUE RESEARCH

Springer-Verlag
Heidelberger Platz 3
D-1000 Berlin 33, W. Germany

CRUSTACEANA

N.V. Boekhandel en Drukkerij v/h E.J. Brill
Postbus 9000
2300 PA Leiden, Holland

COMPARATIVE BIOCHEMISTRY AND PHYSIOLOGY

Pergamon Press Inc.
Maxwell House, Fairview Park
Elmsford, N.Y. 10523, USA

FISH FARMING INTERNATIONAL

Arthur J. Heighway Publications Limited
Heighway House
87 Blackfriars Road
London SE1 8HB, United Kingdom

Subscription dept.:

Audit House, 260 Field End Road
Ruislip, Middlesex
HA4 9LT United Kingdom

FISH PHYSIOLOGY AND BIOCHEMISTRY

Kugler Publications, P.O. Box 516
1180 AM Amstelveen, The Netherlands

GENERAL AND COMPARATIVE ENDOCRINOLOGY

Academic Press, INC
111 Fifth Avenue
New York N.Y. 10003

INVESTIGACIONES PESQUERAS

Ciencias del Mar
Paseo Nacional s/n
08003 Barcelona, España

JOURNAL OF AQUACULTURE IN THE TROPICS

Pub. Raju Primlani
Oxford & 1 BH Publishing Co. Pot Ltd,
17 Park Street
Calcutta 700 016, India

JOURNAL EXPERIMENTAL ZOOLOGY

Alan R. Loss, INC
150 Fifth Avenue,
New York N.Y. 10011

JOURNAL OF FISH BIOLOGY

- Academic Press Inc.
111 Fifth Avenue
New York, N.Y. 10003
- Academic Press Ltd
High Street, Foots Cray, Sidcup
Kent DA 14 HP
England

JOURNAL OF FISH DISEASES

Blackwell Scientific Public.
P.O. Box 88, Oxford
United Kingdom

JOURNAL OF ICHTYOLOGY

Subscription Department: John Wiley & Sons, Inc.
605 Third Avenue New York
New York 10158 USA

MARINE BIOLOGY

Springer Verlag
175 Fifth Avenue
New York, N.Y. 10010

REPRODUCTION, NUTRITION, DEVELOPMENT

C.D.R. Dunod-Gauthier-Villars
BP 119
93104 Montreuil
Cedex, France

PROGRESSIVE FISH CULTURIST

5410 Grosvenor Lanar Bethesda, 110
Maryland, 20814, USA

REVISTA LATINOAMERICANA DE ACUICULTURA

Secretaría del Comité de Acción de Productos del Mar y de
Agua dulce del Sela
Av. Aviación 2555-A
P.O. Box 10168
San Luis, Lima, PERU

TRANSACTIONS OF THE AMERICAN FISHERIES SOCIETY

5410 Grosvenor Lanar Suite 110
Bethesda, Maryland, 20814, USA

WORLD MARICULTURE SOCIETY

Pleasant Hall, Room 341
Louisiana State University
Baton Rouge, LA 70803 USA

Libros/Books

- Bilio, M., Rosenthal, H. & Sinderman, C.S. (eds.), 1986. Realism in Aquaculture: Achievements, Constraints, Perspectives. Special E.A.S. Publication, European Aquaculture Society, Prinses Elisabethlaan 69, B-8401 Bredene, Belgium.
- Espinoza, S. & Labarte, U. (eds.). Reproducción en Acuicultura. Plan de Formación de Técnicos Superiores, Programa especial I + D de Acuicultura. Comisión Asesora de Investigación Científica y Técnica, España.
- Barnabé, G. & Billard, R. (eds.), 1984. L'Aquaculture du bar et des sparidés. INRA Publications, 149, Rue de Grenelle, 75007, Paris, Cedex 07, France.
- Richter, C.J.J. & Goos, H.J.Th. (editors), 1982. Reproductive Physiology of Fish. PUDOC, Wageningen, Holanda.
- Ranking, S.C., Pitcher, T.J. & Duggen, R. (eds.), 1983. Control Processes in fish physiology. Croom Helm, London, Canberra.
- Hoar, W.S., Randall, D.J. & Donaldson, E.M. (eds.), 1983. Fish Physiology, Vol. IX part A & B. Academic Press, New York.
- Iwamoto, R.N. & Souer, S. (eds.), 1985. Salmonid reproduction, Washington Sea Grant Program University of Washington, Seattle.
- Gaillard, G.J. & Boer, H.H. (eds.), 1978. Comparative Endocrinology, Elsevier/North-Holland. Biomedical Press, Amsterdam, New York.
- Hoar, W.S. & Randall, D.J. (eds.), 1969. Fish Physiology, Vol. 1, 2. Academic Press, New York.
- Thorpe, S.E. (ed.), 1978. Rhythmic Activity of fishes. Academic Press, London. ISBN: 0-12-690650-5.
- Potts, G.W. & Wootton, R.J. (eds.), 1984. Fish Reproduction: strategies and tactics. Academic Press, London.

- Tytler, P. & Carlow, P. (eds.), 1985. Fish energetics: new perspectives. Croom-Helm, London, Sydney. ISBN 0-7099-3410-6.
- Matty, A.J., 1985. Fish Endocrinology. Croom-Helm, London. ISBN: 0-7039-1729-6.
- Hepher, B. & Pruginin, Y., 1981. Commercial Fish Farming. John Wiley & Sons, New York. ISBN: 0-471-06264-2.
- Boyd, C., 1979. Water quality in warmwater fish ponds. Auburn University, Agricultural Experiment Station, Auburn, Alabama.
- Huisman, E.A. (ed.), 1986. Aquaculture research in the Africa Region. Proceedings of the regional IFS Workshop in Kisumu, Kenya. PUDOC Press, Wageningen ISBN: 90-220-0907-6.
- Huner, J.V. & Brown, E., 1985. Crustacean and Mollusk Aquaculture in the United States. AVI Publications, ISBN: 0-87055-468-9.
- A. Richmond, 1985. CRC Handbook of micro-algal mass culture, CRC Press, Boca Raton, Florida.
- FAO Training Series: Simple methods for Aquaculture.
4. Water for freshwater fish culture
6. Soil and freshwater fish culture
- FAO Inland Water resources, Aquaculture Service, Fisheries Department, Via delle Terme di Carracalla, 00100 Roma. Italy.
- Nilsson, S. & Holmgren, S. (eds.), 1986. Fish Physiology: recent advances. Croom-Helm, London. ISBN: 0-7099-1837-2.
- Billard, R., & Marcel, J. (eds.), 1986. Aquaculture of Cyprinids. INRA-Publications, INRA...
- Muir, J.F. & Roberts, R.J. (ed.), 1987. Recent advances in aquaculture. Volume 3. Croom-Helm, London. ISBN: 0-7099-3592-7. (Volume 2: 1985, ISBN: 0-7099-3526-9; Volume 1: 1983, ISBN: 0-7099-0303-0).
- Kabata, Z., 1985. Parasites and diseases of fish cultured in the tropics. Taylor & Francis, London, Philadelphia. ISBN: 0-85066-285-0.
- Cowey, C.B., Mackie, A.M. & Bell, J.C., 1985. Nutrition and feeding in fish. Academic Press, New York.
- Kafuku, T. & Ikenoue, H., 1983. Modern methods of aquaculture in Japan, Developm. in Aquac. & Fish. Sc., 11. Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam, Oxford, New York. ISBN: 0-444-99674-5.

Institutos y Servicios de Documentación/Documentation Services

Instituto de Información y Documentación en Ciencia y Tecnología C.S.I.C.
 Joaquín Costa 22
 28002 Madrid
 Tlf. (91) 2614808
 Télex 22628 CIDMD E
 Télefax (91) 4113710

Instituto de Documentación en Acuicultura
Joaquín Costa 22
Télex 22628 CIDMD E
Tlf. (91) 2614808
28002 Madrid

BIOSIS (BioScience Information Service)
2100 Arch Street
Philadelphia, PA 19103
USA

CURRENT CONTENTS
c/o Institute for Scientific Information
3501 Market Street
Philadelphia, PA 19104
USA

ASFA (Aquatic Sciences & Fisheries Abstracts)
c/o FAO Fisheries Department
Fisheries Information, Data and Statistics Service
Via delle Terme di Caracalla
00100 Roma
Italy

IDRC (International Development & Research Council)
Box 8500
Ottawa, Ont. K1G 3H9
Canada

ICES (International Council for Exploration of the Sea)
Paleagado 2/4
DK-1261 Copenhagen
Denmark

ICLARM
Documentation Service
P.O. Box 1501
Makati, Metro Manilla
The Philippines

LISTA PROVISIONAL DE ALGUNOS PROVEEDORES DE MATERIAL ACUI-
COLA
PROVISIONAL LIST OF SOME SUPPLIERS OF AQUACULTURAL MATERIAL

La lista de compañías que sigue no intenta ser completa.
Referencia en la lista no expresa ninguna preferencia por
parte de los editores.

*This list does not intend to be complete. Reference in the
list does not express any preference of the editors.*

1. Balanzas/Balances

Mettler-Waagen GmbH
Postfach 110840
D-6300 Giessen
West Germany

Mettler, USA
Princetown
Heightstowe Road
P.O. Box 71
New Jersey 08520
Telex 843-352
MI CO-HITN

Sartorius GmbH
Weender Landstrasse 94-108
D-3400 Göttingen
West Germany

Sartorius/Filter Inc.
26575 Corporate Avenue
Hayward California
USA 94545

2. Productos químicos/chemicals

Merck
D-6100 Darmstadt
Frankfurter Strasse 250
West Germany

Representante en: Costa Rica : Central Farmacéutica Ltda.
Apartado 10300
San José, Costa Rica

Representante en: Brasil : Quimita
Comércio e Indústria Química S.A.
Caixa postal 55012
2000 Rio de Janeiro-RJ, Brasil

Representante en: Peru : Merck Peruana S.A.
Casilla 4331
Lima, Peru

SIGMA CHEMICAL COMPANY
P.O. Box 14508
St. Louis, Mo.
USA 63178-9974
Tlf. 314-771-5757

SYNDEL Laboratories Ltd.
8879 Selkirk Street
Vancouver B.C. Canada
V6p 4J6
Telephone (604)266-7131
Telex: 04-507726 Syndel Lab Vcr

3. Hormonas, hipofisis/Hormones, carp pituitary

Ken Hayes
Laboratory Director Hydroquest International
The Cone Farm
P.O. Box 100
Rosemont, New Jersey 08556
USA

Interfish
Rohen Saas 42
D-8531 Uehlfeld
West Germany

4. Equipos de laboratorio, electrodos etc./Laboratory equip-
ment, electrodes, etc.

Orion Research Inc.
Laboratory products group
840 Memorial Drive
Cambridge
MA 02139
USA

Wissenschaftliche Technische Werkstalter (WTW)
Postfach 59
D-8120 Weilheim
West Germany

LISTA DE PARTICIPANTS
LIST OF PARTICIPANTS

Appendix 4.

Taller de Trabajo sobre Acuicultura en Latinoamérica, Fundación Internacional para la Ciencia (IFS)
Latin American Seminar on Aquaculture, International Foundation for Science (IFS)

Argentina

Mrs. M. Pascual
Instituto de Biología Marina y Pesquera "Almte. Storni"
Casilla 104
(8520) San Antonio Oeste
RIO NEGRO

Jorge Reartes
Estación de Piscicultura del Dique San Roque
Casilla de Correo 36
5152 V CARLOS PAZ

Bolivia

Ricardo Sahonero
Universidad Mayor de San Simon
COCHABAMBA

H. Navil
Universidad Autonoma
"C.R. Noreno"
SANTA CRUZ

Brasil

Clementino Camara Neto
Departamento de Oceanografía e Limnología
Universidad Federal do Rio Grande do Norte
NATAL RN-59000

Leoneza Herculano Soares
Departamento de Oceanografía e Limnología
Universidad Federal do Rio Grande do Norte
NATAL RN-59000

Guilherme de Medeiros
Departamento de Oceanografía e Limnología
Universidad Federal do Rio Grande do Norte
NATAL RN-59000

Enrico de Oliviera
Departamento de Botánica
Universidad de Sao Paulo
Caixa Postal 11461
SAO PAULO

Francisco Seixas das Neves
Departamento de Oceanografía e Limnología
Universidad Federal do Rio Grande do Norte
NATAL RN-59000

Ann Mary Pinheiro Aby Faraj
Departamento de Oceanografía e Limnología
Universidad Federal do Rio Grande do Norte
NATAL RN-59000

Chile

Carlos Bertran
Instituto de Zoología
Universidad Austral de Chile
Casilla 567
VALDIVIA

Juan Cancino
Facultad de Ciencias Biológicas
Universidad Católica
Casilla 114-D
SANTIAGO

Oscar Chaparro
Centro de Investigaciones Marinas
Universidad Austral de Chile
Casilla de Correo 567
VALDIVIA

Carlos Gonzalez
Instituto de Histología
Universidad Austral de Chile
Casilla 567
VALDIVIA

Bernabe Santelices
Facultad de Ciencias Biológicas
P. Universidad Católica de Chile
Casilla 114-D
SANTIAGO

Renato Westermeier
Laboratorio de Botánica Marina
Instituto de Botánica
Universidad Austral de Chile
Casilla 567
VALDIVIA

Patricia Eugenia Koch
Departamento de Acuicultura
Instituto Profesional de Osorno
Casilla 933
OSORNO

Colombia

Mauricio Giraldo
Corporación Autónoma Regional de los Valles del
Sinú y del San Jorge - CVS
Apartado Aéreo 355
MONTERIA

Aquiles Gonzales
Centro de Investigaciones y Fomento Piscícola
Continental Tropical - CINPIC
Universidad de Córdoba
Apartado Aéreo 354
MONTERIA

Costa Rica

Antonio Porras
Departamento de Acuicultura
Ministerio de Agricultura y Ganadería
Antiguo Edif. "La Salle"
SAN JOSE

Roberto Ruiz
Departamento de Investigaciones
Asociación Bananera Nacional S.A.
SAN JOSE

Cuba

Luis Alvarez-Lajonchere
Empresa nacional de Acuicultura
Carretera Central km 20 1/2
Cotorra, HAVANA

Ecuador

Vilma Salazar
Facultad de Ciencias Naturales
Universidad de Guayaquil
P.O. Box 471
GUAYAQUIL

Mexico

Carlos Reyes
ITESM
Casilla de Correo 484
Guaymas
SONORA 85400

Nicaragua

Ma. Auxiliadora Saavedra
Instituto Nicaraguense de la Pesca
P.O. Box 2020
MANAGUA

Panama

Rafael Vasquez-Montoya
Centro de Ciencias del Mar y Limnología
Universidad de Panamá
Ciudad Universitaria "Octavio Méndez Pereira"
Estafeta Universitaria
PANAMA

Janzel Villalaz
Centro de Ciencia del mar y Limnología
Universidad de Panamá
PANAMA

Peru

Tula Luna
Departamento de Piscicultura y Oceanología
Universidad Nacional Agraria
Apartado 456
La Molina
LIMA

Julio Moscoso
Departamento de Piscicultura y Oceanología
Universidad Nacional Agraria
Apartado 456
La Molina
LIMA

Hugo Nava
Departamento de Piscicultura y Oceanología
Universidad Nacional Agraria
Apartado 456
La Molina
LIMA

Victoria Paredes
Departamento de Piscicultura y Oceanología
Universidad Nacional Agraria
Apartado 456
La Molina
LIMA

Leoncio Ruiz Rios
Departamento de Piscicultura y Oceanología
Universidad Nacional Agraria
Apartado 456
La Molina
LIMA

Victor Venturi
Departamento de Piscicultura y Oceanología
Universidad Nacional Agraria
Apartado 456
La Molina
LIMA

Uruguay

Gustavo Chediak
Instituto Nacional de Pesca "INAPE"
Constituyente 1497
MONTEVIDEO

Venezuela

Ramón Manrique
Estación de Investigaciones Marinas de Mochima
Apartado 366
CUMANÁ 6101

Asesores científicos de la IFS/IFS Scientific Advisers

Manuel Carrillo
Instituto de Acuicultura de Torre de la Sal
Ribera de Cabanes
CASTELLON, España

Silvia Zanuy
Instituto de Acuicultura de Torre de la Sal
Ribera de Cabanes
CASTELLON, España

Alejandro Perez Camacho
Centro Costero Oceanográfico
I.E.O.
Muelle de Animas, Apdo. 130
15080 La Coruña, España

Ludwig Nägel
De la Salle University
Aquaculture Program
P.O. Box 3819
MANILA, Las Filipinas

Ulrich Saint Paul
Institut für Hydrobiologie und Fischereiwissenschaft
Universität Hamburg
Olbersweg 24
D-2000 HAMBURG 50, Alemania

Johan Verreth
Department of Fish Culture & Fisheries
P.O. Box 338
6700 AH WAGENINGEN, Países Bajos

Jürgen Winter
Centro de Investigaciones Marinas "CIM"
Facultad de Ciencias
Universidad Austral de Chile
Casilla 567
VALDIVIA, Chile

Observador/Observer

Daniel Pauly
Intern. Center for Living Aquatic Resources
ICLARM
MC P.O. Box 1501
Makati, METRO MANILA
Las Filipinas

Jorge Günther
Escuela de Ciencias Biológicas
Universidad Nacional
HEREDIA, Costa Rica

Secretaria de IFS/IFS Secretariat
Grev Turegatan, 19, S-114 38, Stockholm, Sweden

Nils Kautsky
Invited Speaker

Christina Arosenius
Scientific Secretary

Elvira Busch
Assistant