

**PIONEERING FISH GENETIC RESOURCE MANAGEMENT AND SEED  
DISSEMINATION PROGRAMMES FOR AFRICA**

**INTRODUCTION DES PROGRAMMES DE GESTION DES RESSOURCES  
GÉNÉTIQUES HALIEUTIQUES ET DE DISSÉMINATION DES SEMENCES  
EN AFRIQUE**

**PROGRAMAS PIONEROS DE GESTIÓN DE LOS RECURSOS GENÉTICOS  
PISCÍCOLAS Y DE DISEMINACIÓN DE SEMILLA EN ÁFRICA**



Copies of FAO publications can be requested from:  
Sales and Marketing Group  
Communication Division  
FAO  
Viale delle Terme di Caracalla  
00153 Rome, Italy  
E-mail: [publications-sales@fao.org](mailto:publications-sales@fao.org)  
Fax: +39 06 57053360  
Web site: <http://www.fao.org>

Les commandes de publications de la FAO peuvent être  
adressées au:  
Groupe des ventes et de la commercialisation  
Division de la communication  
FAO  
Viale delle Terme di Caracalla  
00153 Rome, Italie  
Courriel: [publications-sales@fao.org](mailto:publications-sales@fao.org)  
Télécopie: +39 06 57053360  
Site Web: <http://www.fao.org>

Los pedidos de publicaciones de la FAO pueden ser  
dirigidos a:  
Grupo de Ventas y Comercialización  
División de Comunicación  
FAO  
Viale delle Terme di Caracalla  
00153 Roma, Italia  
Correo electrónico: [publications-sales@fao.org](mailto:publications-sales@fao.org)  
Fax: +39 06 57053360  
Sitio Web: <http://www.fao.org>

**PIONEERING FISH GENETIC RESOURCE MANAGEMENT AND SEED  
DISSEMINATION PROGRAMMES FOR AFRICA**

Adapting principles of selective breeding to the improvement of aquaculture in the Volta Basin and surrounding areas

**INTRODUCTION DES PROGRAMMES DE GESTION DES RESSOURCES  
GÉNÉTIQUES HALIEUTIQUES ET DE DISSÉMINATION DES SEMENCES  
EN AFRIQUE**

Adaptation des principes de la reproduction sélective à l'amélioration de l'aquaculture dans le Bassin du Volta et les zones environnantes

**PROGRAMAS PIONEROS DE GESTIÓN DE LOS RECURSOS GENÉTICOS  
PISCÍCOLAS Y DE DISEMINACIÓN DE SEMILLA EN ÁFRICA**

Adaptación de los principios de cría selectiva a la mejora de la acuicultura en la Cuenca del Volta y áreas adyacentes

edited by/édité par/editado por

**Devin M. Bartley**

**Randall Brummett**

**John Moehl**

**Emil Ólafsson**

**Raul Ponzoni**

and/et/y

**Roger S.V. Pullin**

The designations employed and the presentation of material in this information product do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) concerning the legal or development status of any country, territory, city or area or of its authorities, or concerning the delimitation of its frontiers or boundaries. The mention of specific companies or products of manufacturers, whether or not these have been patented, does not imply that these have been endorsed or recommended by FAO in preference to others of a similar nature that are not mentioned.

The views expressed in this publication are those of the author(s) and do not necessarily reflect the views of FAO.

Les appellations employées dans ce produit d'information et la présentation des données qui y figurent n'impliquent de la part de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) aucune prise de position quant au statut juridique ou au stade de développement des pays, territoires, villes ou zones ou de leurs autorités, ni quant au tracé de leurs frontières ou limites. La mention de sociétés déterminées ou de produits de fabricants, qu'ils soient ou non brevetés, n'entraîne, de la part de la FAO, aucune approbation ou recommandation desdits produits de préférence à d'autres de nature analogue qui ne sont pas cités.

Les opinions exprimées dans la présente publication sont celles du/des auteur(s) et ne reflètent pas nécessairement celles de La FAO.

Las denominaciones empleadas en este producto informativo y la forma en que aparecen presentados los datos que contiene no implican, de parte de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), juicio alguno sobre la condición jurídica o nivel de desarrollo de países, territorios, ciudades o zonas, o de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras o límites. La mención de empresas o productos de fabricantes en particular, estén o no patentados, no implica que la FAO los apruebe o recomiende de preferencia a otros de naturaleza similar que no se mencionan.

Las opiniones expresadas en esta publicación son las de su(s) autor(es), y no reflejan necesariamente los puntos de vista de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.

ISBN 978-92-5-005931-0

All rights reserved. Reproduction and dissemination of material in this information product for educational or other non-commercial purposes are authorized without any prior written permission from the copyright holders provided the source is fully acknowledged. Reproduction of material in this information product for resale or other commercial purposes is prohibited without written permission of the copyright holders. Applications for such permission should be addressed to:

Chief Electronic Publishing Policy and Support Branch  
Communication Division  
FAO  
Viale delle Terme di Caracalla, 00153 Rome, Italy

or by e-mail to:

[copyright@fao.org](mailto:copyright@fao.org)

Tous droits réservés. Les informations contenues dans ce produit d'information peuvent être reproduites ou diffusées à des fins éducatives et non commerciales sans autorisation préalable du détenteur des droits d'auteur à condition que la source des informations soit clairement indiquée. Ces informations ne peuvent toutefois pas être reproduites pour la revente ou d'autres fins commerciales sans l'autorisation écrite du détenteur des droits d'auteur. Les demandes d'autorisation devront être adressées au:

Chef de la Sous-division des politiques et de l'appui en matière  
de publications électroniques  
Division de la communication,  
FAO  
Viale delle Terme di Caracalla, 00153 Rome, Italie

ou, par courrier électronique, à:

[copyright@fao.org](mailto:copyright@fao.org)

Todos los derechos reservados. Se autoriza la reproducción y difusión de material contenido en este producto informativo para fines educativos u otros fines no comerciales sin previa autorización escrita de los titulares de los derechos de autor, siempre que se especifique claramente la fuente. Se prohíbe la reproducción del material contenido en este producto informativo para reventa u otros fines comerciales sin previa autorización escrita de los titulares de los derechos de autor. Las peticiones para obtener tal autorización deberán dirigirse al

Jefe de la Subdivisión de Políticas y Apoyo en Materia de Publicación Electrónica de la  
División de Comunicación de la FAO  
Viale delle Terme di Caracalla, 00153 Roma, Italia

o por correo electrónico a:

[copyright@fao.org](mailto:copyright@fao.org)

© FAO 2008

## **Preparation of this Document**

This document presents the report and contributed papers from the Workshop on *Pioneering Fish Genetic Resource Management and Seed Dissemination Programmes for Africa: Adapting Principles of Selective Breeding to the Improvement of Aquaculture in the Volta Basin*, convened in Accra, Ghana, from 27 to 30 March 2007. The workshop was comprised of a group of 30 international experts and representatives of the environmental, fisheries and policy development agencies of the six countries in the Volta Basin (Ghana, Côte d'Ivoire, Mali, Burkina Faso, Togo, Benin). The workshop was organized under the direction of *Menntun Consultoria Científica* (Spain) with the cooperation of FAO and WorldFish Center. Technical editing was done by Messrs D.M. Bartley (FAO), R. Brummett (WorldFish Center), J. Moehl (FAO), E. Ólafsson (Menntun), R.W. Ponzoni (WorldFish Center), and R.S.V. Pullin (FAO Consultant), and layout by TechnoServe. Translations were provided by TechnoServe (French) and Mentunn (Spanish) with the assistance of M. Clement and S. Quiniou. Funds were provided by the *Agencia española de cooperación internacional* (AECI) whose support is gratefully acknowledged.

## **Preparation de ce Document**

Ce document présente le rapport et les communications exposées lors de l'Atelier sur *l'introduction des programmes de gestion des ressources génétiques halieutiques et de dissémination des semences en Afrique: adaptation des principes de la reproduction sélective à l'amélioration de l'aquaculture dans le Bassin du Volta*, qui s'est tenu à Accra, Ghana du 27 au 30 mars 2007. L'atelier a regroupé 30 experts internationaux et des représentants des agences chargées de l'environnement, de la pêche et d'élaboration de politiques dans les six pays du Bassin du Volta (Ghana, Côte d'Ivoire, Mali, Burkina Faso, Togo, Bénin). L'atelier a été organisé sous l'égide de *Menntun Consultoria Científica* (Espagne) en collaboration avec la FAO et WorldFish Center. L'édition technique a été assurée par Messieurs D.M. Bartley (FAO), R. Brummett (WorldFish Center), J. Moehl (FAO), E. Ólafsson (Menntun), R.W. Ponzoni (WorldFish Center), et R.S.V. Pullin (consultant à la FAO), et la mise en page par TechnoServe. Les traductions ont été faites par Technoserve (version française) et Mentunn (version espagnole) avec l'assistance de M. Clément et S. Quiniou. Les fonds ont été fournis par la *Agencia Española de Cooperación Internacional* dont l'appui a été reconnu avec appréciation.

## **Preparación de este Documento**

Este documento presenta el informe y los artículos aportados durante las Jornadas: *Programas Pioneros de Gestión de los Recursos Genéticos Piscícolas y de Diseminación de Semilla en África: Adaptación de los Principios de Cría Selectiva a la Mejora de la Acuicultura en la Cuenca del Volta* convocad en Accra, Ghana, del 27 al 30 de marzo de 2007. Un total de 30 expertos internacionales y representantes de las agencias medioambientales, de pesca y de desarrollo de las políticas correspondientes de seis países de la Cuenca del Volta (Ghana, Côte d'Ivoire, Mali, Burkina Faso, Togo y Benin) participaron en las Jornadas. Las Jornadas se organizaron bajo la dirección de *Menntun Consultoría Científica* (España), con la colaboración de FAO y el WorldFish Center. La edición técnica ha estado a cargo de los Sres D.M. Bartley (FAO), R. Brummet (Centro Mundial de Pesca), J. Moehl (FAO), E. Ólafsson (Menntun), R.W. Ponzoni (WorldFish Center) y R.S.V. Pullin (consultor de FAO), mientras que la presentación ha corrido a cargo de TechnoServe. Las traducciones han sido llevadas a cabo por TechnoServe (francés) y Menntun (español) con la ayuda de M. Clement y S. Quiniou. La financiación fue proporcionada por la *Agencia Española de Cooperación Internacional* (AECI), cuyo apoyo se agradece enormemente.

## **Acknowledgements**

The organizers want to thank in particular the representatives of the governments and producers of the Volta region for their constructive and critical contribution to the discussions of the meeting. Also the dedicated work of external experts is highly acknowledged. Funds were provided by the Agencia Española de Cooperación Internacional (AECI) whose support is gratefully acknowledged. A special appreciation goes to Laura Rull Aguila (AECI) for her enthusiasm and help during the various phases of the project.

## **Remerciements**

Les organisateurs tiennent à remercier en particulier les représentants des gouvernements et les pisciculteurs de la région du Volta pour leur contribution constructive et critique aux discussions de la réunion. Les travaux des experts dévoués sont également très appréciés. Les fonds ont été fournis par la *Agencia Española de Cooperación Internacional* (AECI) dont l'appui est reconnu avec gratitude. Nous tenons à remercier particulièrement Laura Rull Aguila du Programme NAUTA de l'AECI pour son enthousiasme et son assistance pendant les différentes phases du projet.

## **Agradecimientos**

Los organizadores agradecen en particular a los representantes de los gobiernos y de los productores de la región del Volta por su contribución crítica y constructiva a las discusiones y a las jornadas en sí. Se agradece en particular el trabajo los expertos externos que participaron en las jornadas. La financiación de las Jornadas corrió a cargo de la *Agencia Española de Cooperación Internacional* (AECI), cuyo apoyo se agradece enormemente. Quisiéramos dedicar un reconocimiento especial a Laura Rull, del Programa NAUTA (AECI) por su entusiasmo y ayuda a lo largo de las diversas fases del proyecto.

## **Bibliographic Information**

**Bartley, D.M.; Brummett, R.; Moehl, J.; Ólafsson, E.; Ponzoni, R.; Pullin, R.S.V. (eds).**

Pioneering fish genetic resource management and seed dissemination programmes for Africa: adapting principles of selective breeding to the improvement of aquaculture in the Volta Basin and surrounding areas/Introduction des programmes de gestion des ressources génétiques halieutiques et de dissémination des semences en Afrique: adaptation des principes de la reproduction sélective à l'amélioration de l'aquaculture dans le Bassin du Volta et les zones environnantes/Programas pioneros de gestión de los recursos genéticos piscícolas y de diseminación de semilla en África: adaptación de los principios de cría selectiva a la mejora de la acuicultura en la Cuenca del Volta y áreas adyacentes.

*CIFAA Occasional Paper/CPCAA Document occasionnel/CPCAA Documento Ocasional*. No. 29. Accra, FAO. 2008.

## **Contact Addresses/Adresses des Auteurs/Direcciones de los Autores**

### **Devin M. Bartley**

Senior Fishery Resources Officer/Fonctionnaire principal chargé des ressources halieutiques/Oficial superior de recursos pesqueros  
FAO Fisheries and Aquaculture Department/Département des pêches et de l'aquaculture de la FAO/Departamento de Pesca y Acuicultura de la FAO

### **Randall Brummett**

Senior Scientist/Chercheur principal /Científico principal  
The WorldFish Center

### **John Moehl**

Regional Aquaculture Officer/Fonctionnaire régional de l'aquaculture/Oficial Regional de Acuicultura  
FAO Regional Office for Africa/Bureau régional pour l'Afrique/Oficina Regional para África

### **Emil Ólafsson**

Scientific Director/Directeur scientifique/Director científico, Scientific Consultancy and Education  
Menntun Consultoría Científica  
Plaza de España 3, 5ºB, Palencia 34002 Spain/Placet de Espana 3, 5B, Palencia 34002, Espagne

### **Raul Ponzoni**

Research Scientist and Project Leader (Geneticist)  
Aquaculture and Genetic Improvement  
The WorldFish Center/Centro Mundial de Pesca  
PO Box 500 GPO, 10670 Penang, Malaysia/B.P. 500,10670 Penang, Malaisie

and/et/y

### **Roger S.V. Pullin**

FAO Consultant/Consultant de la FAO/Consultor de la FAO  
7A Legaspi Park View, 134 Legaspi Street, Makati City, Philipines

## Foreword

Aquaculture of tilapia has been widely successful. In several regions of the world, tilapia is a major source of protein for millions of people, basically because of its high quality and ease of culturing. The cornerstones of this success have been selective breeding programmes applied to wild populations originating from Africa that have led to strains that grow faster than their wild relatives in African rivers and lakes and most historically farmed types. In many places on the African continent, aquaculture of tilapia is changing from being a small family affair to a more commercially orientated business at medium to large scales, and the lack of improved strains is believed to be a major constraint to the development of this sector. In most African countries, there exists a ban on importing improved strains of tilapia that have been successfully cultured in other continents. Furthermore, strains from governmental hatcheries have been regularly used as parts of multi-layered donor-supported national aquaculture development projects. In many cases, these strains have clearly demonstrated genetic deterioration that has resulted in poor growth and survival performance of the fish. This has led to inefficient fish production and has hindered African farmers from competing in international markets and put them at risk of losing home markets to cheaply produced fish from Asia. The workshop from which these proceedings form the report, was convened by representatives of the environmental, fisheries and policy development agencies of the six riparian countries Ghana, Côte d'Ivoire, Mali, Burkina Faso, Togo, Benin and their international partners to develop an implementation plan for the use and dissemination of genetically improved Nile tilapia in the Volta Basin and surrounding areas. The objectives were to create protocols for regional cooperation regarding the following key issues: international agreements on movement of improved germplasm; environmental impact assessment and conservation plan for genetic resources; and a selective breeding programme and hatchery accreditation. It is hoped that the recommendations of this workshop will serve not only the Volta Basin but also African aquaculture at large.

## Preface

L'aquaculture des espèces du tilapia a été couronnée de succès dans presque toutes les régions où elle est établie. Dans plusieurs régions du monde, le tilapia est une source de protéine pour des millions de personnes surtout à cause de sa haute qualité et de sa culture facile. La pierre angulaire de ce succès repose sur l'application aux populations sauvages provenant d'Afrique des programmes de reproduction sélective qui ont abouti à des espèces qui ont un taux de croissance rapide et atteignent des tailles plus grandes que celles de leur parenté dans les fleuves et lacs de l'Afrique. Si dans de nombreuses régions africaines, l'aquaculture du tilapia évolue actuellement à partir de petites entreprises familiales vers des affaires commerciales à moyenne et à grande échelle, il semble que le manque de races améliorées constitue un obstacle majeur au développement de ce secteur. Dans la plupart voire tous les pays africains, il y a une interdiction de l'importation des races améliorées du tilapia qui sont cultivées avec tant de succès sur d'autres continents. Par ailleurs, les races provenant des éclosiers d'état sont utilisées régulièrement dans le cadre des projets nationaux de développement de l'aquaculture à plusieurs phases et soutenus par les donateurs. Dans plusieurs cas, ces races subissent une détérioration génétique qui entraîne une faible croissance et performance en matière de survie du poisson. Cette tendance non seulement aboutit à une production inefficace du poisson mais aussi empêche les pisciculteurs africains de faire concurrence sur les marchés internationaux avec le risque croissant de perdre leurs marchés au profit des poissons produits à bon marché en Asie. L'atelier dont les délibérations constituent le présent rapport a été organisé par les représentants des agences chargées de l'environnement, de la pêche, et d'élaboration des politiques provenant de six pays riverains, à savoir: le Ghana, la Côte d'Ivoire, le Mali, le Burkina Faso, le Togo et le Bénin ainsi que leurs partenaires internationaux en vue d'élaborer un plan de mise en œuvre pour l'utilisation et la dissémination du tilapia du Nil



génétiquement amélioré dans le Bassin du Volta et dans les zones environnantes. Les objectifs étaient d'élaborer des protocoles de coopération régionale sur les questions suivantes: les accords internationaux sur le déplacement du germplasm amélioré; l'évaluation de l'impact environnemental et un plan de conservation des ressources génétiques; un programme de reproduction sélective et l'habilitation des écloséries. Nous espérons que les recommandations de cet atelier seront bénéfiques non seulement au Bassin du Volta mais aussi à l'aquaculture africaine dans son ensemble.

## **Prefacio**

La acuicultura de las especies de tilapia se ha llevado a cabo con éxito en la mayoría de los lugares en los que se ha establecido. En varias regiones del mundo, la tilapia constituye la fuente principal de proteína para millones de personas, básicamente debido a su alta calidad y la facilidad con la que se cultiva. Los pilares de este éxito han sido los programas de cría selectiva aplicados a las poblaciones salvajes originarias de África, que han conducido a la creación de cepas de más rápido crecimiento y que alcanzan tamaños mayores que sus parientes de los ríos y lagos africanos. Mientras que en la actualidad, en muchos lugares del continente africano la acuicultura de tilapia está pasando de ser una pequeña actividad familiar a un negocio con orientación comercial a media y gran escala, la falta de cepas mejoradas parece ser una de las principales limitaciones para el desarrollo del sector. En la mayoría si no en todos los países africanos existe una prohibición a la importación de las cepas mejoradas de tilapia que han sido cultivadas con éxito en otros continentes. Además, las cepas producidas en los criaderos gubernamentales han sido utilizadas como parte de proyectos multi-capa nacionales de desarrollo de la acuicultura, financiados por diversos donantes internacionales. En muchos casos estas cepas han demostrado un claro deterioro genético que ha resultado en unos crecimientos y supervivencias pobres de los peces implicados. Esto ha llevado no sólo a una producción ineficaz de peces, sino que también ha impedido o limitado la capacidad de los granjeros africanos de competir en los mercados internacionales, con un incremento del riesgo de perder incluso sus propios mercados domésticos frente a peces de producción barata provenientes de Asia. Las Jornadas a las que este documento sirve de informe fueron convocadas por representantes de las agencias medioambientales, de pesca y legislativas de los seis países riparios: Ghana, Côte d'Ivoire, Mali, Burkina Faso, Togo, Benin, y socios internacionales para desarrollar un plan de implementación del uso y diseminación de tilapia del Nilo genéticamente mejorada en la Cuenca del Volta y áreas adyacentes. Los objetivos fueron crear protocolos para la cooperación regional en materia de los siguientes aspectos: acuerdos internacionales relativos al movimiento de germoplasma mejorado; evaluación de impacto ambiental y plan de conservación de los recursos genéticos; un plan de cría selectiva y acreditación de los criaderos. Nuestra esperanza es que las recomendaciones y acuerdos alcanzados en estas jornadas no sirvan sólo para la Cuenca del Volta sino para el desarrollo de la acuicultura en África en su sentido más amplio.

Preparation of this Document/Preparation de ce Document/Preparación de este Documento.....	iii
Acknowledgements/Remerciements/Agradecimientos .....	iv
Bibliographic Information .....	iv
Contact Addresses/Adresses des Auteurs/Direcciones de los Autores.....	v
Foreword.....	vi
Preface .....	vi
Prefacio .....	vii
SUMMARY.....	1
INTRODUCTION .....	5
THE WORKSHOP .....	5
Theme I: Elements for an Agreement for the Exchange of Aquatic Germplasm within the Volta Basin .....	6
Theme II: Environmental Impact Assessment and Planning for Conservation of Fish Genetic Resources .....	7
Theme III: Breeding and Seed Dissemination Planning for Nile Tilapia in the Volta Basin.....	11
Theme IV: Hatchery Accreditation .....	17
CONTRIBUTED PAPERS .....	19
International Instruments for Responsible Genetic Resource Management in Fisheries and Aquaculture.....	19
Aquaculture and Conservation of Fish Genetic Resources: Twinning Objectives and Opportunities .....	24
Breeding Plan for Nile Tilapia ( <i>Oreochromis Niloticus</i> ) in the Volta Basin .....	30
Genetic Considerations About Effective Dissemination of Improved Fish Strains .....	43
Economic Evaluation of Genetic Improvement Programmes in Nile Tilapia ( <i>Oreochromis Niloticus</i> ).....	49
Towards Hatchery Accreditation Systems in Tilapia Aquaculture in the Volta Basin: A Lesson to Be Learnt from Salmon Farming.....	51
RÉSUMÉ .....	54
INTRODUCTION .....	58
L'ATELIER.....	58
Theme I: Eléments d'un Accord sur l'Échange de Germplasm Aquatique au Sein du Bassin du Volta .....	59
Thème II: Évaluation de l'impact Environnemental et Planification de la Conservation des Ressources Génétiques .....	61
Thème III: Planification de la Culture et de la Dissémination des Semences du Tilapia du Nil dans le Bassin du Volta.....	65
Thème IV: Habilitation des Écloseries .....	71
COMMUNICATIONS PRÉSENTÉES.....	73
Instruments Internationaux pour une Gestion Responsable des Ressources Génétiques de la Pêche et Dde l'Aquaculture .....	73
Aquaculture et Conservation des Ressources Génétiques Halieutiques: Objectifs et Opportunités de Jumelage .....	78
Plan de Reproduction du Tilapia du Nil ( <i>Oreochromis Niloticus</i> ) dans le Bassin du Volta .....	84
Considérations Génétiques sur la Dissémination Efficace des Espèces Halieutiques Améliorées.....	98
Evaluation Economique des Programmes d'Amélioration Génétique du Tilapia du Nil ( <i>Oreochromis niloticus</i> ).....	104
Vers des Systèmes d'Habilitation pour les Couveuses dans l'Aquaculture du Tilapia dans le Bassin du Fleuve Volta: Une Leçon à Apprendre de la Salmoniculture .....	106
RESUMEN .....	110
INTRODUCCIÓN.....	114

LAS JORNADAS .....	114
Tema I: Elementos para un Acuerdo Relativo al Intercambio de Germoplasma Acuático Dentro de la Cuenca del Volta .....	115
Tema II: Evaluación del Impacto Ambiental y Planificación de la Conservación de los Recursos Genéticos Piscícolas .....	117
Tema III: Planificación de la Cría y Diseminación de Semilla de Tilapia del Nilo en la Cuenca del Volta.....	121
Tema IV: Acreditación de Criaderos .....	127
ARTÍCULOS APORTADOS .....	129
Instrumentos Internacionales para la Gestión Responsable de los Recursos Genéticos en Pesca y Acuicultura .....	129
Acuicultura y Conservación de los Recursos Genéticos Piscícolas: Hermanando Objetivos y Oportunidades.....	134
Plan de Cría para la Tilapia del Nilo ( <i>Oreochromis Niloticus</i> ) en la Cuenca del Volta.....	140
Consideraciones Genéticas Acerca de la Diseminación Eficaz de Cepas de Peces Mejoradas ..	154
Evaluación Económica de los Programas de Mejora Genética en Tilapia del Nilo ( <i>Oreochromis Niloticus</i> ).....	161
Hacia unos Sistemas de Acreditación para la Acuicultura de Tilapia en la Cuenca del Volta: Lecciones del Cultivo de Salmón .....	163
APPENDIXES/ANNEXES/APÉNDICES .....	167
A. List of Participants/Liste des participants/Lista de participantes.....	167
B. Agenda .....	170
B. Ordre du Jour .....	170
B. Programa .....	171
C. Summary Of Aquaculture Situation In The Volta Basin/ Resume De La Situation De L'aquaculture Dans Les Pays Du Bassin Du Volta/Resumen De La Situación De La Acuicultura En Los Países De La Cuenca Del Volta .....	172
D. Material Transfer Agreement.....	194
D. Accord sur le Transfert du Matériel.....	195
D. Acuerdo de Transferencia de Material.....	196
E. Ramsar Sites in and Around the Volta Basin/Sites Ramsar dans le Bassin du Volta et dans les Zones Environnantes/Sitios Ramsar en y Alrededor de la Cuenca del Volta.....	197

# **PIONEERING FISH GENETIC RESOURCE MANAGEMENT AND SEED DISSEMINATION PROGRAMMES FOR AFRICA: ADAPTING PRINCIPLES OF SELECTIVE BREEDING TO THE IMPROVEMENT OF AQUACULTURE IN THE VOLTA BASIN AND SURROUNDING AREAS**

## **SUMMARY**

This summary represents a synthesis of contributed background papers and the deliberations of the workshop.

As aquaculture in Africa matures, genetic improvement of target species becomes an important tool for increased output, efficiency and profit, as has been the case for other forms of animal production. However, these improved organisms must be used responsibly, with due consideration to the conservation of biodiversity and the impact of such use on the environment.

Participants at the present workshop elaborated on aspects of a plan for the development, use and dissemination of genetically improved Nile tilapia in the Volta Basin and surrounding areas. The plan is intended to serve as the basis for a subregional programme on the use of genetically improved tilapia and conservation of tilapia genetic resources for the six riparian countries. This plan will provide an integrated approach to the culture of genetically improved fishes and, at the same time, provide the foundation for possible external assistance for initial implementation of the programme.

The plan has five components: (i) a practical framework for development, use and management of genetically improved breeds; (ii) an outline of the necessary elements in agreements for the exchange of improved strains within the Volta Basin including, a model for a basin-wide material transfer agreement; (iii) characterization and conservation measures and constituents of relevant environmental impact assessments (EIAs); (iv) descriptions of methods for selective breeding programmes and seed distribution mechanisms; and (v) proposals for hatchery accreditation arrangements to ensure that high quality seed reaches producers.

The framework for implementing a plan, within the parameters of international covenants and conventions, will require concurrent action along three axes: (a) Institutional – including harmonizing national policies, regulations, codes, monitoring and conservation protocols, as well as other relevant tenets across the basin into a coherent and workable subregional procedure for the development and movement of genetic material along with creating maps of genetic diversity of Nile tilapia within the basin; (b) Technical – including setting up initially a limited number of pilot-scale regional breeding and conservation units (nuclei) and developing capacity for satellite seed multiplication units; and (c) Operational – establishing effective distribution channels as well as the methodologies to identify and institute conservation areas and high-potential aquaculture zones.

Discussions pertaining to the central themes of the workshop are synthesized as follows.

## **Theme I: ELEMENTS FOR AN AGREEMENT FOR THE EXCHANGE OF AQUATIC GERMPLASM WITHIN THE VOLTA BASIN**

The exchange of aquatic germplasm within the Volta Basin will be necessary for the development and further improvement of the aquaculture sector in the region. However, an agreement between regulators and users of tilapia germplasm will be required in order to achieve the desired objectives

of aquaculture management and development, and to reduce the chance of adverse impacts from the introduction, transfer and subsequent use of tilapia germplasm.

These elements should be harmonized within the basin before the introduction of tilapia germplasm is made.

Parties entering into this agreement should adhere to the relevant articles contained in the FAO Code of Conduct for Responsible Fisheries, the Convention on Biological Diversity and other international mechanisms. Specific elements could include:

- following Codes of Practice and Guidelines such as the International Council for the Exploration of the Sea (ICES) and the European Inland Fishery Advisory Commission (EIFAC);
- developing material transfer agreements (MTA) to define conditions for the exchange of germplasm;
- accredited farms – see Theme IV;
- distributing improved tilapia to only approved farms on appropriate sites;
- establishing monitoring, evaluation and reporting programmes; and
- establishing a forum for consultation with other countries and institutions when introducing or exchanging tilapia germplasm.

A basin-wide approach to addressing the exchange of germplasm is preferred and countries must cooperate; external assistance may be necessary.

## **Theme II: ENVIRONMENTAL IMPACT ASSESSMENT (EIA) AND PLANNING FOR CONSERVATION OF FISH GENETIC RESOURCES (FiGR)**

Introductions and transfers of alien fish species and genotypes, including genetically improved tilapia for use in aquaculture, could have adverse impacts on fish genetic resources (FiGR) and other biodiversity, and therefore require thorough prior appraisal. Environmental impact assessments (EIAs) are widely used for such purposes. In the Volta Basin countries, EIAs are conducted by a national government's environment agency or equivalent body in consultation with its agriculture, fisheries or livestock ministry, which then give or deny permission to proceed. The approach used should be precautionary and on a case-by-case basis. This has not always worked effectively and is hindered by a lack of agreed and standardized criteria and guidelines for assessing genetic impacts. The Volta Basin countries can benefit by sharing their experiences in EIAs for fish introductions and transfers.

Conservation of FiGR is essential for the breeding programmes that ensure profitability and sustainability in aquaculture, but has not yet been given adequate priority in policy making, planning and allocation of resources. In the Volta Basin countries, conservation of FiGR is primarily the responsibility of government, with various contributory roles for universities, NGOs, local community organizations and the private sector. A participatory approach is important. Characterization of Volta Basin FiGR, especially its tilapia genetic resources must be completed so that important and threatened FiGR can be identified and well-informed conservation can proceed, *in situ* and *ex situ*. Opportunities for conserving wild FiGR *in situ* in the Volta Basin – in wildlife parks, sacred sites and other protected areas, including some Ramsar sites – have not yet been fully documented. *Ex situ* conservation of FiGR in the Volta Basin countries has not yet been planned or supported to any significant extent and is presently limited to the fish populations that are kept in various government and university research facilities. Proposals to introduce genetically improved Nile tilapia strains, such as GIFT, into the Volta Basin have increased the urgency of documenting the status of its tilapia genetic resources and of planning and implementing measures for their

conservation. Twinning aquaculture development and FiGR conservation could be of mutual benefit.

### **Theme III: BREEDING AND SEED DISSEMINATION PLANNING FOR NILE TILAPIA IN THE VOLTA BASIN**

A well-designed genetic improvement programme will consider the following aspects in some detail:

- description or development of the production system(s);
- choice of the species, strains and breeding system;
- formulation of the breeding objective or breeding goal;
- development of selection criteria;
- design of system of genetic evaluation;
- selection of animals and of mating system;
- monitoring and comparison of alternative programmes; and
- design of system for expansion and dissemination of the improved stock.

Experience with Nile tilapia and with other species shows that genetic improvement in growth rate can be of the order of 15 percent per generation in well-conducted programmes. The *generation interval* should be kept around 9 to 12 months in order to have at least one generation per year.

Work on the development of an improved strain based on locally available tilapia stocks was initiated in Akosombo in 2001. For this purpose, fish were sampled from three different areas in Ghana (Nawuni, Yeji and Kpandu), as well as from a local domesticated strain available at the time at the Akosombo Research Station. These four populations were then used in a diallel mating design to establish the base population for the selection programme. Two generations of selection have already taken place.

The selection procedure involved breeding each male to two females in hapas to produce half and full-sib families. Swim-up fry were collected weekly from each hapa and transferred at a standardized stocking density to nursing hapas. After three to four weeks in the nursing hapas, the fingerlings are then individually identified with PIT tags. After tagging all full-sib families are communally stocked in a pond system receiving artificial feeding.

The introduction of GIFT from the WorldFish Center is a potentially useful option, given that this strain has proven high growth potential coupled with several other desirable attributes (e.g. high survival rate, excellent flesh quality). A comparison of the performance of the Akosombo improved line with the GIFT strain, as well as crosses between the strains, would be carried out to indicate the best course of action to be followed thereafter.

Genetic improvement typically takes place in a very small fraction of the population that is then used to produce the next generation of genetically improved seed. This usually takes place in a breeding centre. The genetic improvement achieved at the breeding centre is then multiplied and disseminated to the production systems.

Because fish have high reproductive efficiency and produce large number of fry, it is relatively easy to develop cost-effective structures for the dissemination of genetic gain. The implementation of the genetic improvement programme in a relatively small number of animals can be enough to service a very large production sector.

In order to maximize the benefit from the breeding programme, the genetic improvement should reach the production section without delay. Dissemination of improved seed will be based on the multiplication of improved brood stock at an intermediate level (hatcheries, both public and private). Also, after production of the full and half sib families for the genetic improvement programme has been completed, the selected parents may be used for mass production of seed.

The workshop recognized the advantage of focussing this work initially at a limited number of facilities with later, gradual expansion to other countries and facilities. Meanwhile multiplication hatcheries could be set up, conservation areas could be identified and protected, and genetically improved tilapia distributed as appropriate.

#### **Theme IV: HATCHERY ACCREDITATION**

The main objectives of developing hatchery accreditation systems are to ensure implementation of guidelines to protect the genetic quality of fingerlings to be supplied by the hatchery and to safeguard native tilapia genetic resources. The workshop recommended the following:

- Interested hatchery operators in order to receive improved seed would need to apply for accreditation to the breeding centre; the application would be reviewed on the basis of a set of criteria.
- Hatcheries being considered for accreditation should be well managed and follow best aquaculture practices.
- A system of good record keeping of supplied brood stock or fry to the hatchery should be implemented.
- Brood stock would be supplied by the breeding centre to the accredited hatcheries on the basis of an agreed to protocol, and replaced accordingly.
- A system to monitor distribution of fingerlings from accredited hatcheries to producers should be implemented.
- The accreditation status of hatcheries should be regularly reviewed.

## INTRODUCTION

The need for improved strains of tilapia for aquaculture in Africa has been widely identified as a key constraint to the development of the sector. Competition with Asian producers, in particular, is keeping African fish off the international market and is even lowering margins in some regional markets. Improved strains could double production in the short term, with important benefits in terms of profits and jobs for riparian communities. However, simply introducing a new strain of tilapia will do little to solve the problem and could pose environmental risks if not carefully managed.

African fish hatcheries are not currently capable of satisfactorily managing improved strains. There is a need for codified best management practices that would permit governments to accredit hatcheries as competent and adequately equipped to maintain genetic quality and minimize the risk of cross-contamination between improved stock and wild populations.

Moving fish from country to country is often problematic against national or international regulations, and constrains the use of improved strains developed in the Volta Basin. As the risk of introducing an improved fish into the basin is going to be shared, so too should the benefits of the improved strain.

There is a range of options for selective breeding and hatchery accreditation that have been developed in the major aquaculture producing countries of Asia. The lessons learned by past efforts to ensure that the best breeds possible are made available to qualified growers should be exploited to the maximum prior to choosing a plan for adaptation to the Volta Basin.

There may be environmental risks associated with the use and accidental escape to the wild of improved lines of fish for aquaculture (e.g. genetic introgression). Best management practices for containment and the conduct of environmental impact assessment should be elucidated and implemented in parallel to the implementation of any genetic improvement programme.

## THE WORKSHOP

To address these issues and develop the necessary protocols for the implementation of a genetic improvement programme for the Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, in the Volta Basin and elsewhere, a group of international experts was assembled to work with representatives of the environmental, fisheries and policy development agencies of the six riparian countries (Ghana, Côte d'Ivoire, Mali, Burkina Faso, Togo, Benin). The list of participants is provided in Appendix A with the Agenda in Appendix B and a summary of the aquaculture situation in the Volta Basin in Appendix C. The objective of the workshop was to *Develop an implementation plan for the use and dissemination of genetically improved Nile tilapia in the Volta Basin and surrounding areas.*

The workshop was organized around the following themes:

- International Agreements on Movement of Improved Germplasm;
- EIA and Conservation Plan for Genetic Resources;
- Selective Breeding Programme; and
- Hatchery Accreditation.

The following sections represent the results of the workshop: the reports on the four thematic sessions that dealt with the critical issues involved in the use and dissemination of improved culture organisms.



## **Theme I: Elements for an Agreement for the Exchange of Aquatic Germplasm within the Volta Basin**

### **Introduction**

A brief presentation on the need for and potential elements of an agreement on the exchange of improved tilapia genetic resources within the basin was presented to the workshop. The participants recognized that the movement of genetically improved plants and animals between and within countries has been the basis for agriculture development for millennia. Likewise, the exchange of aquatic germplasm within the Volta Basin will be necessary for the development and further improvement of the aquaculture sector in the region. However, unlike the agriculture sector where many of the wild relatives of farmed species no longer exist, wild relatives of farmed tilapia still exist. These wild relatives may contain valuable genetic resources that should not be endangered by inappropriate movement and use of genetically improved tilapia.

The workshop decided that the goal of these elements is to achieve the desired objectives of aquaculture management and development, and reduce the chance of adverse impacts from the movement and subsequent use of tilapia germplasm.

The workshop noted that these elements represent an agreement between government regulators and users (e.g. fish farms or other businesses wishing to import tilapia) and shall apply to genetically improved tilapia, and other genotypes not naturally found in the Volta Basin. These elements also apply to within country movements of genetically improved tilapia and other tilapia genotypes that are locally absent.

### **The elements of an agreement**

These are general elements that the workshop recommended for consideration when moving tilapia germplasm into and within the Volta Basin. When specific requests for the introduction or movement of tilapia are made, these elements should serve as background material to develop more specific actions, agreements, or regulations. These elements should be harmonized within the basin before introduction of tilapia germplasm is made.

#### 1. General principles

Parties entering into this agreement should adhere to the relevant articles contained in the FAO Code of Conduct for Responsible Fisheries (CCRF), the Convention on Biological Diversity (CBD), the Ramsar Convention and other appropriate internationally accepted guidelines and mechanisms, for example, those principles agreed to by the International Network for Genetics in Aquaculture (INGA) (Appendix D; Bartley, this volume).

#### 2. Specific elements

**Codes of Practice and Guidelines** – The CCRF recommends following the ICES/EIFAC Code of Practice on Introductions and Use of Genetically Modified Organisms (Bartley, this volume). The code requires that:

- An environmental impact assessment including benefit analysis be conducted.
- Pilot scale introductions, at the discretion of countries or importers be set up and monitored.
- An advisory group within the basin to harmonize how to fulfil the requirement of the code and to address specific requests for the exchange of tilapia within the basin be established.

**Material transfer agreements (MTA)** – INGA and others have required that specific agreements be drafted to define conditions for the exchange of germplasm. A general MTA is in Appendix D, however specific MTAs will need to be created on a case-by-case basis in order to address specific requests. There should be monitoring of the receiving party in order to ensure compliance with the MTA, and corrective action, including legal action, should be taken in the case of non-compliance.

**Accredited farms** – See Theme IV.

**Approved and appropriate siting** – Fish farms or hatcheries receiving genetically improved tilapia or other non-indigenous tilapia should be located in areas specifically zoned for aquaculture. The farms should be operating in a legal manner and adhere to all relevant national legislation. Special attention should be paid to ensure that farms are not situated in conservation areas, or on waterways that are connected to conservation areas.

**Monitoring, evaluation and reporting** – Fish farms or hatcheries receiving genetically improved tilapia or other non-indigenous tilapia should agree to monitor the performance of the new stock, to evaluate that performance in terms of meeting production objectives, and to report this information to those responsible for national fishery statistics. The fish farm should also notify the appropriate office in the case of further distribution of the improved tilapia. It should be the responsibility of the aquaculture industry and each fish farm to be self-regulating in regards to monitoring and reporting. The workshop noted that guidelines on this subject are needed.

**Consult** – Inform other countries when introducing or exchanging tilapia germplasm – The CCRF and the ICES/EIFAC codes require that countries in the region making an introduction notify other countries in the region. There are institutions in the Volta Basin (e.g. Volta Basin Authority, ECOWAS) that would serve as appropriate fora for such notification, but more importantly would serve as fora for consultation and informed discussion.

**Capacity** – The workshop recognized that the capacity to implement these elements varies among the various countries of the Volta Basin. However, it is essential that there is a basin-wide approach to addressing the exchange of germplasm and that countries cooperate. Therefore, it is reasonable that external assistance be sought in order to increase the capacity of countries to a level that will allow for effective regional collaboration and implementation of these elements.

## **Theme II: Environmental Impact Assessment and Planning for Conservation of Fish Genetic Resources**

### **Introduction**

The session commenced with a general discussion on environmental impact assessments (EIAs) and their relevance for planning and implementing measures for the conservation of fish genetic resources (FiGR). It was recognized that introductions into the Volta Basin countries and transfers among waterbodies within those countries of alien fish species and genotypes, including genetically improved tilapia for use in aquaculture, could have adverse impacts on wild and farmed fish genetic resources (FiGR) and other biodiversity. Such introductions and transfers therefore require thorough prior appraisal. It was also recognized that EIAs with respect to fish introductions and transfers are integral to the conservation of FiGR, *in situ* and *ex situ*, but that the short-term nature of many EIAs and of subsequent monitoring of impacts have limited the extent to which these two

activities have been integrated to date. Twinning aquaculture development and conservation of FiGR conservation, with co-funding, would improve this situation.

### **Environmental impact assessment**

It was noted that EIAs have a long history of successful use with respect to environmental protection from the potential adverse impacts of many types of interventions and that FAO is assessing risks associated with aquaculture,<sup>1</sup> global experiences with EIAs and EIAs in Africa, though not with any special emphasis on alien fish and their genetic and other impacts.

The main concerns with respect to fish introductions and transfers were identified as competition with and displacement of resident fish populations, alterations to their habitats, spreading of diseases and, in the context of this workshop, especially genetic impacts. The genetic impacts of introductions and transfers of farmed fish on con-specific and other wild relatives in Africa have not yet been adequately researched.

There was a discussion of some limitations of EIAs, structured by considering to what extent they are:

- usually focused on the proposed intervention, although other factors are always shifting baselines in ecosystems;
- usually the function of an Environmental Protection Agency (EPA) or equivalent body;
- sometimes rushed and simplistic;
- usually *ex ante*, with insufficient *ex post* monitoring;
- sometimes ignored;
- usually made only about negative impacts, not positive ones;
- especially difficult when they concern impacts on biodiversity (i.e. populations of farmed and wild types, and ecosystems); and
- not usually effective for answering questions about genetic impacts on wild and/or farmed fish.

The main points that emerged were as follows:

- EIAs have an important role in prior assessments of fish introductions and transfers, provided that precautionary reference points are identified. EIAs are also used for proposed expansions of aquaculture; for example, there have been EIAs in Ghana for the introduction of tilapia cage farming in approved aquaculture zones in Lake Volta.
- In all Volta Basin countries, EIAs are conducted by a national government's environment agency or equivalent body in consultation with its agriculture, fisheries or livestock ministry, which then give or deny permission to proceed, weighing likely risks against likely economic and social benefits. The approach used is precautionary and on a case by case basis. For fish introductions and transfers this has not always worked effectively. For example, in Ghana a private farm has recently been required to discontinue farming GIFT Nile tilapia that was brought in under a permit but subsequently disapproved for commercial use.
- There are usually limited resources available for EIAs and any subsequent monitoring and limited time for their completion. For example, in Ghana, the maximum time allowed for completion of an EIA is 90 days, though requests for further information often result in extensions of this period.

---

<sup>1</sup> FAO/NACA Workshop on Understanding and Applying Risk Analysis in Aquaculture. 8–11 June 2007, Rayong, Thailand. In preparation

- EIAs concerning genetic impacts on wild and/or farmed fish are hampered by the lack of agreed and standardized criteria and guidelines for assessing genetic impacts. It is important to advance the state of the art for assessing these genetic impacts from the research level, where it is at present in most countries, to internationally agreed standard methods, with capacity building to implement them. In 2007/2008 two publications will help this process: 1) new guidelines on FiGR, that will cover methods for genetic risk assessment, will be published by FAO in support of the Code of Conduct for Responsible Fisheries; 2) WorldFish Center guidelines, currently in press, concerning the use of transgenic fish, some of the aspects of which apply a wider range of alien genotypes.<sup>2</sup>
- The Volta Basin countries can benefit by networking, sharing their experiences in EIAs for fish introductions and transfers, leading to more harmonized, basin-wide procedures. The International Network on Genetics in Aquaculture (INGA; see [www.worldfishcenter.org](http://www.worldfishcenter.org)) could be a useful source of guidance here. Côte d'Ivoire and Ghana are longstanding members of INGA and the WorldFish Center is the INGA Member-Coordinator. At present, however, INGA lacks financial resources to undertake additional activities.
- There are few resources and facilities available in the Volta Basin countries for quarantine of fish introduced and distributed for aquaculture. The overall approaches have been to rely solely on the suppliers of introduced fish to certify their good health and to discourage or prohibit live fish importations, except for the aquarium trade. For example, Ghana currently allows no importations of live fish except ornamental fish and does not require quarantine for those. Togo has never authorized any live fish importations. Fish quarantine needs will have to be considered and capacities improved to ensure biosecurity for increases in fish introductions into, and fish transfers within, the Volta Basin.

### **Planning for Conservation of Fish Genetic Resources**

It was recognized that conservation of FiGR may be important for the breeding programmes that will ensure profitability and sustainability in aquaculture for longer-term food security, and for both wild and farmed fish to be able to adapt to climate change. It was agreed that conservation of FiGR has not yet been given adequate priority in policymaking, planning and allocation of resources.

Current activities in and constraints to planning the conservation of FiGR in the Volta Basin were discussed around the main questions that planners will have to answer: which FiGR to conserve; where and in what forms to conserve them; and by whom would this be done? These questions were amplified as follows.

#### ***Conservation of which FiGR?***

The range of types to consider for conservation include:

- wild types: riverine and lacustrine races;
- feral types: established from historic introductions and transfers;
- founder populations; and
- populations resulting from selective breeding, including control lines.

With the above conserved, the following types that may be useful to aquaculture can be derived:

- hybrids; and
- other genetically altered forms: e.g. polyploids, genetically male tilapia.

---

<sup>2</sup> Kapuscinski, A.R., K.R. Hayes, S. Li and G. Dana (eds). 2007. Environmental Risk Assessment of Genetically Modified Organisms. Vol. 3: Methodologies for Transgenic Fish. CABI Publishing, Wallingford, Oxfordshire, United Kingdom.

### ***Conservation of FiGR where?***

The locations available for conservation include:

- *in situ/in vivo* in open waters and wetlands;
- *in situ/in vivo* on farms;
- *ex situ/in vivo* in breeding nuclei, research collections, public and private aquaria etc.;
- *ex situ/in vitro* in public and private facilities, including breeding nuclei/hatcheries;
- in aquaculture zones and conservation zones; and
- in countries of origin and elsewhere.

### ***Conservation of FiGR in what forms?***

- Wild populations in their natural habitat;
- Captive populations in laboratories, experimental stations or in farms;
- Cryopreserved sperm; and
- DNA, tissues.

### ***Conservation of FiGR by whom?***

- Government;
- Public sector organizations, such as universities;
- NGOs, such as conservation trusts;
- Community organizations;
- Private aquaculture corporations;
- Farmers associations;
- Individual farmers; and
- Public-private partnerships.

The participants discussed the current activities for conservation of FiGR in the Volta Basin and the discussion revealed that these are limited largely by lack of adequate resources, and in some cases by a lack of clarity concerning roles and responsibilities. The main points made were:

- Benin – there are frameworks for regulating fisheries and environmental legislation to control introductions of alien fish, but not yet any specific regulations for the protection of native species and few activities specifically targeted at conservation of FiGR.
- Burkina Faso – there are not yet any formal policies or measures for FiGR conservation, but its importance is now recognized in fisheries management and in wildlife conservation areas.
- Côte d’Ivoire – there are not any specific policies for conservation of FiGR but the ministries concerned are currently forming a committee and drafting a white paper to begin to remedy this.
- Ghana – the Water Research Institute has done extensive work on conservation of FiGR and keeps at its Akosombo Research and Development Centre Nile tilapia populations collected from four different stations in Lake Volta.
- Mali – human and financial resources available for conservation of FiGR are scarce but are being maximized through a participatory approach that involves many actors and stakeholders, including the University of Bamako’s Genetic Research Programme.
- Togo – Laws are in place for conservation of FiGR, but their application is problematic because of the high demand for fish and there is a need for protected areas where fishing is limited or prohibited.

There was a consensus that, in all Volta Basin countries, conservation of FiGR is primarily the responsibility of the State and its institutions. Enacting and implementing conservation measures for wild and feral FiGR, hosting fish breeding nuclei and pursuing selective breeding programmes for aquaculture, and the *ex situ* gene banking of FiGR, can be undertaken effectively only by organizations that have permanence and prospects for continued funding. This means that government organizations must be the frontline actors for conservation of FiGR, with universities, NGOs, local community organizations and the private sector in contributory roles, as appropriate.

Private aquaculture corporations and individual farmers would normally not be able to invest in conservation of FiGR, beyond keeping their own commercial strains. A participatory approach is of paramount importance for the conservation of wild fish populations that have had no contact with any fish introduced or transferred from elsewhere, and that are found in isolated water bodies under the care of local communities. It was noted that West Africa currently lacks the public aquaria that in other regions have a role, albeit a limited one, in *ex situ* conservation of some FiGR.

It was recognized that proposals to introduce genetically improved Nile tilapia strains, such as GIFT, into the Volta Basin have increased the urgency of documenting the status of its tilapia genetic resources and of planning and implementing measures for their conservation. There was a consensus that characterization of Volta Basin FiGR, especially its tilapia genetic resources, must be completed so that important and threatened FiGR can be identified and well-informed conservation can proceed, *in situ* and *ex situ*.

Participants noted that opportunities for conserving wild and feral FiGR *in situ* in the Volta Basin – in wildlife parks, sacred sites and other protected areas, including some Ramsar sites – have not yet been fully documented and that more could and should be taken up. For example, national parks and wildlife conservation areas in the Penjari river catchment, spanning parts of northern Benin, Burkina Faso and Togo, have important roles for conservation of native FiGR. Since 1995, the Ramsar Convention has recognized the presence of important fish populations as valid criteria for designation of Ramsar site status. However, Ramsar sites typically allow for rational use, including fisheries, and some are downstream from areas that put them at risk from pollution, fish introductions, etc. This vulnerability applies to many aquatic protected areas and limits the possibilities for establishing strict conservation zones for FiGR. The workshop lacked information on whether aquaculture has been or could be permitted in Ramsar sites. This should be clarified to ascertain their potential for conservation of wild FiGR.

It was also noted that changes in administrative responsibilities for specific aquatic protected areas and lessening of restrictions on fishing and other activities within those areas, including national parks and sacred sites, are factors that threaten the sustainability of their roles for conservation of FiGR. Overall, the best approach to conservation of wild FiGR *in situ* was seen as zoning, with the establishment of strict conservation areas where possible, e.g. no development, less strict conservation measures in areas of lesser status, e.g. limited development of environmentally friendly activities, and *ex situ* conservation where the *in situ* approach is not possible.

### **Theme III: Breeding and Seed Dissemination Planning for Nile Tilapia in the Volta Basin**

The session commenced with a presentation and discussion on genetic improvement programmes in aquaculture. There appears to be great potential for improvement in aquatic animal species, given that comparatively little application of genetic improvement technology has taken place to date. Genetic improvement programmes have the following highly desirable attributes:

- the power to modify the animal to suit a purpose or environment;
- can therefore result in greater productivity, reliability and consistency, while the gain may be permanent;
- may offer solutions to existing or emerging pathogens, and to environmental challenges;
- can provide a favourable return on investment;
- can help fill the gap between demand and supply without a negative environmental impact; and
- will assist in managing inbreeding in the production system.

Experience with Nile tilapia, and with other species, shows that genetic improvement in growth rate can be of the order of 15 percent per generation in well-conducted programmes.

A well-designed genetic improvement programme will consider the following:

- description or development of the production system(s);
- choice of the species, strains and breeding system;
- formulation of the breeding objective or breeding goal;
- development of selection criteria;
- design of system of genetic evaluation;
- selection of animals and of mating system;
- monitoring and comparison of alternative programmes; and
- design of system for expansion and dissemination of the improved stock.

### **The production system**

In the Volta Basin aquaculture production systems may be classified as extensive, semi-intensive, and intensive, depending on the level of input they receive. The identification of the production system for which genetic improvement is intended is important because it influences the choice of the environment in which the programme is to be conducted. In principle, the genetic improvement programme should be conducted in an environment as similar as possible to the production system in which the genetically improved fish will have to perform. This ensures that the genetic gain achieved in the breeding centre will also be expressed in farmers' ponds. If the environment under which selection takes place is very different from the production environment there is a risk that at least part of the gain achieved in the breeding centre will not be expressed at the farm level. Fortunately, however, experimental evidence shows that superior fish in one environment are often also superior in other environments. Semi-intensive farming systems are likely to become the common type in the Volta Basin. Growth data from semi-intensive systems show a very high genetic correlation with growth data from both the extensive and the intensive systems. Hence, a programme based on testing in the semi-intensive system will also serve the extensive and intensive systems well.

### **Choice of the species, strains and breeding system**

The decisions on choice of species and strain sometimes are partly made for us, as when there are limitations on availability of stock, or well-defined local preferences. However, making the right choice is important when possible, because the gain achieved in this way may be equivalent to several generations of selection.

The choice of species and strains should preferably be made on the basis of information derived from well-designed experiments of species and strain comparison. The GIFT approach consists of sampling available and promising stocks of the species in question, conducting all possible crosses among them, and later selectively breeding from the progeny thus generated, independent of their

origin. In this way, a base population with increased genetic variation is established, which greatly increases the prospects of future genetic gain.

Work on the development of an improved strain based on locally available tilapia stocks was initiated in Akosombo in 2001. We outline the way in which the population was established, as well as the way in which the genetic improvement programme is being conducted (Ponzoni and Brummett this vol.).

### **Base population**

Nile tilapia individuals (*Oreochromis niloticus*) were collected from three different ecological zones within the Volta system in Ghana: Nawuni, Yeji and Kpandu. These wild populations, together with a domesticated strain at the Water Research Institute, contributed towards the formation of the base population for the breeding programme for Nile tilapia in Ghana. (Details can be found in Ponzoni and Brummett, this vol.)

The establishment of the base population was done following standard procedures for this purpose. We started with a 4x4 diallel mating, as described above, which resulted in 16 different crosses. Because heterosis was low or inexistent it was concluded that selection of the best individuals, irrespective of the cross in which they originated, was the best course of action. Hence, in generations subsequent to the diallel mating, selection was based on estimated breeding values in this new, composite (it is usually called composite because it is made up of many crosses), base population. Individuals and not lines or crosses are the object of selection because of the fact that the best individuals in the poorer performing crosses are generally better than the worst in the best performing ones. Of course, the better crosses tend to contribute more genes to future generations than the worse crosses.

From the diallel matings we get a pure strain comparison as well, as we have pure strains in the leading diagonal of the 4x4 matrix. From this comparison it emerges that one of the lines is on average ahead of the rest. The Akosombo strain needs strengthening in terms of its effective population size in order to make it sustainable in the long term. This strengthening can be achieved by bringing genetic material into the line, and in order not to lose its performance we are bringing such material from the best performing line in the diallel. Note, however, that after that introduction we will continue to treat all progeny as part of the composite population. We do not conduct the breeding considering the cross from which each animal originates, but rather its estimated breeding value based on its own performance and that of its relatives.

In this way, the base population for the genetic improvement programme at Akosombo was established. Two generations of selection have already taken place and the fish from the third generation are ready to be harvested at the time of writing (March 2007).

The introduction of GIFT from the WorldFish Center is a potentially useful option for the Volta Basin, given that this strain has a proven high growth potential coupled with several other desirable attributes (e.g. high survival rate, excellent flesh quality). In that case, there would be no problem integrating the GIFT strain to existing programmes. For example, the integration would be carried out in a manner that resulted in a comparison of the performance of the Akosombo improved line with GIFT. GIFT and local lines would be maintained as well as crosses between them. The results will indicate the best course of action to be followed thereafter.

### **Formulation of the breeding objective or breeding goal**

The formulation of the breeding objective is crucial because it determines “where to go” with the genetic improvement programme. The breeding objective is intimately related to the production



system. We have to make sure that the traits we improve are those of importance in the actual production system.

The breeding objective may include traits such as:

- growth rate or size;
- survival rate;
- age at sexual maturity;
- disease resistance;
- tolerance to water temperature or to other water attributes;
- flesh quality; or
- feed conversion.

Of these, growth rate (or size at a particular age) has been the most popular.

The programme in Akosombo is presently focusing on:

- growth rate to approximately 150 g (as close as possible to market weight); and
- freedom from anatomical defects and acceptable shape and colour.

With respect to the latter trait, preference will be given to those coloured according to local consumer preference, if any.

It is realized that there are other traits that are important and that may be worthy of direct attention in the future. However, their inclusion in the breeding objective at this stage is not considered appropriate. The detailed reasoning leading to the simplification of the breeding objective is given in Ponzoni and Brummett (this vol.)

**Selection method** (selection criteria, genetic evaluation system, selection of animals and mating system)

The selection criteria are characters closely related, but not necessarily identical, to the traits in the breeding objective. The breeding objective is about “where to go” with the genetic improvement programme, whereas the selection criteria are about “how to get there”. The selection criteria are the characters we use in the estimation of breeding values and overall genetic merit of the animals.

The genetic evaluation system can vary from something very simple, involving just mass selection, to something much more complex, involving fitting an animal model to the data. Because fish will be individually and uniquely identified (tagged) we will be able to keep track of pedigrees and use BLUP (best linear unbiased prediction) procedures, estimating breeding values (EBVs) combining the available information.

Ideally, we would only reproduce the “best” individuals. In practice we need a compromise between selection intensity and effective population size ( $N_e$ ) in order to manage risk (e.g. inbreeding). A relatively large  $N_e$  is required to:

- sustain genetic variation in the population in the long term;
- manage inbreeding;
- increase the selection limit; and
- have predictable responses to selection.

With full pedigree information, inbreeding can be managed more effectively, avoiding mating of closely related individuals in order to produce a sustained genetic gain over many generations.

### **Design of system for dissemination of the improved stock**

Genetic improvement typically takes place in a very small fraction of the population. The genetic improvement achieved in that “elite” of superior animals in a breeding centre is multiplied and disseminated to the production systems. The flow of genes is graphically illustrated in Figure 1 of Ponzoni (this vol.).

The implementation of the genetic improvement programme in a relatively small number of animals can be enough to service a very large population involved in production.

Dissemination of improved seed will be based on the multiplication of improved brood stock at an intermediate level (hatcheries, either public or private sector). After production of the full and half sib families for the breeding population has been completed, the selected parents should be used for mass production of seed. The progeny of the selected parents will, when reaching sexual maturity, be top genetic quality brood stock, followed by the progeny of the discarded breeders from the best one third of the population.

In the specific case of the Volta Basin riparian states, the following summary characterizes the general context in each country and indicates where each might fit into a basin-wide seed dissemination structure:

Ghana appears to be the country with the best existing infrastructure, both public and private, and the greatest short-term potential for expansion. The Akosombo breeding centre has the capacity to produce improved lines and serve as a repository for improved lines and important wild and farmed genetic resources. Guided by an advisory group (the Fish Breeding and Genetics Group of WorldFish), other breeding public centres are capable of testing new strains against local strains while a number of smaller public and private sector facilities (some big farmers plus a couple government stations) could serve as multiplication systems. The smaller hatcheries sell directly to farmers.

Côte d’Ivoire has little infrastructure in the Volta Basin. In general, strain comparisons at government facilities would contribute to a better understanding of the potential gains from an improved strain, but much needs to be done to develop production capacity within the Volta Basin. There are no private hatcheries in the country.

To keep costs down, Mali is happy initially to assess the effectiveness of a central breeding centre at Akosombo and to see if the national centres in the other countries can successfully manage the stock and disseminate it locally. Mali has an institution that could reproduce the fish and use NGOs and the private sector to multiply and to disseminate improved strains.

Benin has several small (100,000 fingerlings per year) hatcheries that can be developed into breeding centres with support from the government, but no real central place that could handle more sophisticated activities. A pilot programme for Nile tilapia in lagoons did not work very well, but a small support centre set up at the same time might be used. Most effort is now on catfish. Another project up-country has a fairly large hatchery for tilapia and catfish. This government centre could undertake more complicated activities. For an improved line to be accepted, the Fisheries Department and the Ministry of the Environment will do a cost/benefit analysis prior to any introduction. Then the two centres, one government and one university, will undertake to control the dissemination. The upper Oti River in the north of the country is in the Volta Basin, but there is no aquaculture centre in the basin. There is a park in the area and we need to be especially

concerned about contamination of the indigenous strains. A regional coordinating network could be helpful in managing the dissemination, informing, consulting with other countries concerning introductions and ensuring that the process is legal. To start, Akosombo could be the centre of activity and its performance monitored and evaluated.

Burkina Faso has a couple of small private hatcheries that could manage the stock and help with multiplication and dissemination. These could be contracted somehow to serve the needs of this project. Burkina has a great interest and would like to see a pilot project, but would need to develop much of the support systems needed to manage. There is a need to develop a structure that could disseminate at least 10 million improved fry per year.

In Togo, the university lacks adequate capacity, but there is an agricultural centre that could help. It has reproductive management capacity and has Nile tilapia (which has been legalized in the country). There are also some catfish. There is another centre of applied technology that works with NGOs and farmers and could disseminate seed. The fisheries department will control the process and make sure that everything goes according to the plan and laws. There are no centres in the Oti area, but there are many family fish farms in the area. Research is expensive in Togo and we would probably also need to rely on the Akosombo centre at least at first and worry only about dissemination at the local level.

Detailed recommendations about the distribution of improved stock to hatcheries, and about management of such stocks and replacement strategies are made in Ponzoni (this volume).

### **Measuring genetic gain**

Establishing a procedure for measuring genetic gain in a breeding programme is not an essential requirement to obtain response to selection. Establishing a control population will, however, make it possible to check if the assumptions made are valid and the programme is working well, or if it needs adjustments.

Establishment of a control population is described in Ponzoni (this vol). The control population is used to estimate genetic gain from each generation of selection. The establishment of a control population is not only useful in the estimation of genetic change to each generation, it can also help estimate correlated responses to selection in traits that are not routinely recorded and can provide fish for special purpose experiments that can be conducted on the side (e.g. an environmental challenge after several generations of selection for growth rate, an assessment of carcass and flesh characteristics).

### **Expected benefit from a breeding programme**

When additive genetic variation is present in a trait, there will always be response to selection if efficient selection methods are applied. The following estimates of response to selection have been reported (expressed as genetic gain in percentage per generation of selection):

- coho salmon, 10;
- rainbow trout, 13;
- Atlantic salmon, 11 to 14;
- channel catfish, 12 to 20; and
- Nile tilapia, 17.

An average of these estimates is about 15 percent genetic gain per generation for growth rate. This means that it should be possible to double the growth rate in less than seven generations. This is a greater genetic gain than usually obtained in farm animals, and it is achieved because fish and shellfish have greater genetic variation in growth rate and have higher fecundity.

In the Norwegian breeding programme, which today supplies genetically improved eggs of Atlantic salmon and rainbow trout to more than 70 percent of the fish farming industry, the cost/benefit ratio has been estimated at 1/15. With tilapia, a recent study reported ratios that ranged between 1/8 to 1/240, depending on the reproductive efficiency at the nucleus and at the hatchery level (Ponzoni, Economic Benefit).

The most important economic traits for production of Nile tilapia in the Volta Basin are summarized as:

- growth rate;
- survival;
- delayed sexual maturation;
- disease resistance;
- dressing percentage; and
- colour.

Growth rate should be recorded at a weight that we might safely assume is highly correlated with the marketed size (about 250 g), which is currently attained at seven to nine months of age. The selection method proposed for Nile tilapia in the Volta Basin involves keeping full pedigrees and estimating breeding values (EBVs) using BLUP procedures. Initially growth rate will be the sole focus of selection. Growth rate is of paramount importance and of clear economic consequences.

Late sexual maturation, dressing percentage and disease resistance may, however, be included later if desired. This should not be a problem with the system of individual tagging envisaged. When hormonal sex reversal is used in the production system, delayed sexual maturation becomes relatively unimportant.

Even if survival and disease resistance are not included as specific and recorded traits, a certain amount of natural selection may take place in the breeding population. In such a case, genetic change in a favourable direction in these traits may therefore still be expected in the proposed breeding plan for Nile tilapia. At a later stage, these traits could be formally incorporated in the breeding objective.

Dressing percentage has, in several investigations in fish, been shown to be genetically (positively) correlated with growth rate, and is thus expected to improve as a correlated response to selection on growth rate.

#### **Theme IV: Hatchery Accreditation**

The session commenced with a short overview of salmon farming in Norway which has been one of the most successful aquaculture activities world wide. Legislation has been enacted in Norway to address, *inter alia*:

- licences for hatcheries and farms;
- regulations on import, export and movement of fish (hatcheries and farms);
- regulations on disinfection in hatcheries; and
- regulations concerning disease and product quality in hatcheries and farms.

Currently a major concern regarding salmon farming in Norway is the difference in genetic structure between wild and farmed fish, and the risk of introgression of wild stocks through the

considerable amount of escapees. There is mounting evidence that this may result in changes in gene frequencies in wild populations with likely adverse impacts on wild populations.

In contrast with the relatively strict legislation concerning the salmon industry there seem to be limited hatchery accreditation or certification systems operating in the global Tilapia industry. The International Network for Genetics in Aquaculture (INGA) has developed material transfer agreements for the movement of genetically improved tilapia (Appendix D) that could relate indirectly to an accreditation process.

The workshop came to the conclusion that accreditation of private hatcheries, functioning as satellite multipliers of the breeding centres, should be in the hands of an evaluation team of the regional breeding centre (BC), most probably the one in Akosombo. Accredited hatcheries would have to meet technical requirements and be in an agreement with the BC concerning standard operating management and dissemination procedures. Participants thought also that a strict and complex government operated accreditation system of hatcheries should be avoided since it could act as a deterrent to actually implementing an accreditation programme and deter development of a responsible aquaculture sector in the Volta Basin.

The main objective of developing a hatchery accreditation system is to ensure implementation of guidelines on maintaining genetic quality of fingerlings supplied by the hatcheries and safeguarding native tilapia genetic resources. The group recommended that:

- Interested hatchery operators in order to receive improved seed would need to apply for accreditation (to the BC); the application would be reviewed on the basis of a set of criteria that could include *inter alia*, the elements listed here as well as other relevant information (e.g. facilities, experience, location, earlier performance).
- Brood stock would be supplied by breeding centres to the accredited hatchery and replaced on a needs basis.
- A system of good record keeping of supplied brood stock or fry to the hatchery should be implemented.
- A system to monitor distribution of fingerlings from accredited hatcheries to producers should be implemented in order to monitor the geographical distribution of genetically improved tilapia in the Volta Basin. This would enable assessments of potential economical and environmental impacts of the improved strains being disseminated.
- Accreditation status of hatcheries should be regularly reviewed.
- Hatcheries being considered for accreditation should be well managed and follow best aquaculture practices according to the judgment of qualified technical staff.

## CONTRIBUTED PAPERS

### International Instruments for Responsible Genetic Resource Management in Fisheries and Aquaculture

Devin M. Bartley

#### Introduction

International instruments have been developed to ensure that these resources are used in an environmentally and socially acceptable manner and that they are conserved so that future generations can enjoy the benefits. The organisms can also evolve and adapt to changes, either naturally or human induced.

The main international instruments that provide general articles on genetic resources are the FAO Code of Conduct for Responsible Fisheries and the Convention on Biological Diversity. More specific guidelines and codes of practice have also been developed.

#### General instruments

**FAO Code of Conduct for Responsible Fisheries (CCRF) (FAO 1995)** – The CCRF is a voluntary, non-binding international instrument that the Members of FAO have pledged to help implement as appropriate and to the best of their abilities. Articles of the CCRF on genetic resources include:

- **Article 6.2:** Fisheries management should promote the maintenance of the quality, diversity and availability of fishery resources in sufficient quantities for present and future generations in the context of food security, poverty alleviation and sustainable development. Management measures should not only ensure the conservation target species but also of species belonging to the same ecosystem or associated with or dependent upon the target species.
- **Article 7.2.2:** ...biodiversity of aquatic habitats and ecosystems is conserved and endangered species are protected.
- **Article 9.1.2:** States should promote responsible development and management of aquaculture, including an advance evaluation of the effects of aquaculture development on genetic diversity and ecosystem integrity, based on best available scientific information.
- **Article 9.3.1:** States should conserve genetic diversity and maintain integrity of aquatic communities and ecosystems by appropriate management (in particular to minimize adverse impacts from non-native and genetically altered species).
- **Article 9.3.3:** States should ...encourage the adoption of appropriate practices in the genetic improvement of broodstock.
- **Article 9.3.5:** States should, where appropriate, promote research and, when feasible, the development of culture techniques for endangered species to protect, rehabilitate and enhance their stocks, taking into account the critical need to conserve genetic diversity of endangered species.
- **Article 12.8:** States should conduct research into, and monitor human food supplies from aquatic sources ...and ensure that there is no adverse impact on consumers.

**Convention on Biological Diversity (CBD) (CBD 1994)** – The CBD promotes the conservation and sustainable use of biodiversity and the fair and equitable sharing of benefits derived from that

use. It is legally binding and contains more members than any other international convention. Key sections of the CBD that pertain to aquatic genetic resources and biodiversity are:

- **Article 6:** Each Contracting Party shall, in accordance with its particular conditions and capabilities: (a) Develop national strategies, plans or programmes for the conservation and sustainable use of biological diversity or adapt for this purpose existing strategies, plans or programmes which shall reflect, *inter alia*, the measures set out in this Convention relevant to the Contracting Party concerned; and (b) Integrate, as far as possible and as appropriate, the conservation and sustainable use of biological diversity into relevant sectoral or cross-sectoral plans, programmes and policies.
- **Article 7: Monitoring** (a) Identify components of biological diversity important for its conservation and sustainable use ... (b) Monitor, through sampling and other techniques, the components of biological diversity identified pursuant to subparagraph (a) above, paying particular attention to those requiring urgent conservation measures and those which offer the greatest potential for sustainable use; (c) Identify processes and categories of activities which have or are likely to have significant adverse impacts on the conservation and sustainable use of biological diversity, and monitor their effects through sampling and other techniques; and (d) Maintain and organize, by any mechanism data, derived from identification and monitoring activities pursuant to subparagraphs (a), (b) and (c) above.
- **Article 8: *In situ* conservation** (g) Establish or maintain means to regulate, manage or control the risks associated with the use and release of living modified organisms resulting from biotechnology which are likely to have adverse environmental impacts that could affect the conservation and sustainable use of biological diversity, taking also into account the risks to human health; (h) Prevent the introduction of, control or eradicate those alien species which threaten ecosystems, habitats or species; (i) Endeavour to provide the conditions needed for compatibility between present uses and the conservation of biological diversity and the sustainable use of its components.
- **Article 9: *Ex situ* conservation** a) Adopt measures for the *ex situ* conservation of components of biological diversity, preferably in the country of origin of such components; (b) Establish and maintain facilities for *ex situ* conservation of and research on plants, animals and micro-organisms, preferably in the country of origin of genetic resources; (c) Adopt measures for the recovery and rehabilitation of threatened species and for their reintroduction into their natural habitats under appropriate conditions; (d) Regulate and manage collection of biological resources from natural habitats for *ex situ* conservation purposes so as not to threaten ecosystems and *in situ* populations of species, except where special temporary *ex situ* measures are required under subparagraph (c) above; ...
- **Article 10: Sustainable use** ... b) Adopt measures relating to the use of biological resources to avoid or minimize adverse impacts on biological diversity; (c) Protect and encourage customary use of biological resources in accordance with traditional cultural practices that are compatible with conservation or sustainable use requirements; (d) Support local populations to develop and implement remedial action in degraded areas where biological diversity has been reduced; ...
- **Article 15: Access to genetic resources** Recognizing the sovereign rights of States over their natural resources, the authority to determine access to genetic resources rests with the national governments and is subject to national legislation.

Also under this Convention is the **Cartagena Protocol of the Convention on Biological Diversity**<sup>3</sup>, adopted on 29 January 2000 in Montreal, Canada. This instrument seeks to protect biological diversity from the potential risks posed by *living modified organisms* (LMO) resulting

---

<sup>3</sup> <http://www.cbd.int/biosafety/default.shtml>

from modern biotechnology. Thus, the scope of the Protocol is limited and does not include, wild alien species, or those species genetically altered by selective breeding, hybridization, chromosome set manipulation, or sex reversal. For practical purposes at present the Protocol refers to transgenic organisms.

The **Convention on Wetlands** also known as the **Ramsar Convention**<sup>4</sup>, is an intergovernmental treaty which provides the framework for national action and international cooperation for the conservation and wise use of wetlands and their resources. There are presently 154 Contracting Parties to the Convention, with 1650 wetland sites, totalling 149.6 million hectares, designated for inclusion in the Ramsar List of Wetlands of International Importance (see Appendix E).

In relation to aquaculture Resolution IX.4 on fishery resources states:

*Aquaculture (e.g. pond and cage culture) practices in Ramsar sites or in areas that are liable to impact on Ramsar sites should be carefully controlled. Specifically, governments are encouraged to enforce relevant national legislation, apply the provisions of the FAO Technical Guidelines for Responsible Fisheries – Aquaculture Development), the Bangkok Declaration and Strategy for Aquaculture Development.*

*Sustainable aquaculture may be facilitated through the use of native species and genomes where possible, and the minimization of the use of chemicals and the prioritization of new sustainable technologies*  
[http://www.ramsar.org/res/key\\_res\\_ix\\_04\\_e.htm](http://www.ramsar.org/res/key_res_ix_04_e.htm)

### **Specific instruments**

**Nairobi Declaration**<sup>5</sup> – This declaration is a non-binding statement created by a group of experts in aquaculture, conservation and genetic resource management in 2002 to provide guidance on the reintroduction of tilapia (and by extension other alien or genetically altered fish) into Africa.

The declaration asserts that:

- African farmers must have access to quality seed for use in aquaculture;
- broodstock management will be necessary to maintain breed quality;
- introductions should be made responsibly with risk analysis, application of import protocols and international guidelines, and monitoring;
- wild stocks should be conserved and conservation areas should be established to that end;
- regional cooperation is essential;
- information should be improved;
- pathogens should be controlled;
- awareness and stakeholder involvement should be raised; and
- liability for non-compliance should be pursued by appropriate policy.

Note that this declaration does not prohibit the use of alien species or alien genotypes.

**Codes of Practice: International Council for the Exploration of the Sea and the European Inland Fishery Advisory Commission** – The International Council for the Exploration of the Sea (ICES 2005) and the European Inland Fishery Advisory Commission (EIFAC) are two inter-governmental bodies that acknowledge the necessity of international cooperation in order to

---

<sup>4</sup> <http://www.ramsar.org/>

<sup>5</sup> <http://www.cta.int/pubs/nairobi/declaration.pdf>



conserve and use living aquatic resources responsibly. The codes address three main challenges from alien species (and by extension alien genotypes):

1. to reduce the chance of disease transfer from the movement of aquatic species;
2. to reduce impacts of alien species on native aquatic biodiversity; and
3. to address the impact that genetically altered stocks may have on related natural populations.

These codes and procedures have been endorsed by the CCRF and have been adopted in principle by all FAO regional fishery bodies dealing with inland fisheries and aquaculture.

The codes require that:

- the entity moving an exotic species develops a PROPOSAL, that would include location of facility, planned use, passport information, and source of the exotic species;
- an independent REVIEW is made that evaluates the proposal and the impacts and risk/benefits of the proposed introduction, e.g. pathogens, ecological requirements/interactions, genetic concerns, socio-economic concerns, and local species most affected;
- ADVICE and comments are communicated among the proposers, evaluators and decision makers and the independent review ADVISES to either accept, refine or reject the proposal so that all parties understand the basis for any decision or action. Thus proposals can be refined and the review panel can request additional information on which to make their recommendation;
- if approval to introduce a species is granted, QUARANTINE, CONTAINMENT, MONITORING, AND REPORTING PROGRAMMES are implemented; and
- the ONGOING PRACTICE of importing the (formerly) exotic species becomes subject to review and inspection that check the general condition of the shipments, e.g. checking that no pathogens are present, that the correct species is being shipped, etc.

The above elements are usually addressed in an environmental context, i.e. how to minimize risk to environment and native biodiversity. However, it is realized that more attention must be given to social and cultural considerations and involving local stakeholders in advance of a decision to import alien species or genotypes.

**Precautionary approach** – The CCRF acknowledges that information will never be complete and development decisions will often need to be taken with a certain degree of uncertainty as to their impacts. Article 7.5 describes a precautionary approach wherein preference is given to protecting the aquatic environment. The absence of adequate scientific information on the impacts of an activity, e.g. the use of alien species, should not be used as a reason for postponing or failing to take conservation and management measures.

A precautionary approach as defined by FAO and Sweden (FAO, 1995a) states that:

- reference points should be established;
- pre-agreed actions or contingency plans should be developed;
- the productive capacity of the resource should be maintained; and
- the impacts of a development plan should be reversible within 20–30 years.

Due to the high probability that the impacts of an alien species (and by extension alien genotype) in the natural environment are unpredictable and difficult, if not impossible, to reverse should the species become established, many species' introductions are not precautionary. Codes of practice, such as the ICES/EIFAC codes described above, are good precautionary measures.

**Dhaka Declaration on Ecological Risk Assessment of Genetically Improved Fish** – This declaration is a non-binding statement created by a group of experts in aquaculture conservation and genetic resource management in 2003. The declaration recommends that:

- international policies, codes and guidelines be reviewed and strengthened, and national and local policies be developed accordingly, including transboundary policies;
- risk be assessed;
- capacity and international cooperation be improved; and
- awareness be raised in the general public and amongst decision makers.

## **References**

**CBD. 1994.** Convention on Biological Diversity. Text and Annexes. [www.biodiv.org](http://www.biodiv.org).

**FAO. 1995.** The Code of Conduct for Responsible Fisheries. FAO, Rome.

**FAO. 1995a.** The precautionary approach to capture fisheries and species introductions. FAO Technical Guidelines for Responsible Fisheries, No. 2. FAO, Rome.

**ICES. 2005.** ICES Code of Practice on the Introductions and Transfers of Marine Organisms. International Council for the Exploration of the Sea, Denmark.

**Ramsar. 2007.** [http://www.ramsar.org/res/key\\_res\\_ix\\_04\\_e.htm](http://www.ramsar.org/res/key_res_ix_04_e.htm).

# **Aquaculture and Conservation of Fish Genetic Resources: Twinning Objectives and Opportunities**

**Roger S. V. Pullin**

## **Background**

Wherever it is being developed, aquaculture is not alone and is usually the newest sector. It shares lands, waters and other natural resources (on-site and off-site) with many other sectors: agriculture, capture fisheries, forestry, mining, tourism and others, including nature conservation, which is itself a sector. The interrelationships among these sectors are often characterized by competition and conflict, rather than by partnership and synergy. This is particularly true for aquaculture, which has found ready fish supply niches to fill as capture fisheries have declined, but has rarely sought harmonious fits with other sectors.

The rapid growth of aquaculture, especially in Asia, has brought many benefits including poverty alleviation (e.g. ADB, 2005a), but its development has sometimes proceeded irresponsibly and under *laissez faire* governance, resulting in adverse environmental and social impacts, as well as poor sustainability. Aquaculture therefore has a tarnished image among some donors and among the public in some parts of the world. It is time for a change – from aquaculture as adversary of conservation and other sectors, to aquaculture as ally.

The key to achieving this in the development of aquaculture in Africa is strategic intersectoral policymaking and interventions, so that aquaculture and other sectors can, where possible, complement each other. This approach is hindered by the prevalence of monosectoral institutions and attitudes. However, it is in the interests of aquaculture, as the newest sector, to contribute to intersectoral policymaking and institution building, reaching out to its fellow sectors that depend upon the same ecosystems. The twinning of aquaculture development and oversight with conservation of fish genetic resources (FiGR) is suggested here as an entry point and the need to develop tilapia breeding programmes for responsible, profitable and sustainable aquaculture in the Volta Basin affords an opportunity to try this out.

The main questions being posed at this workshop are how best to set up tilapia breeding programmes in the Volta Basin and in particular whether to introduce genetically improved tilapia from elsewhere. These questions are subsidiary to the much larger question of how to find good fits for aquaculture with other sectors, but answering them can help to reveal the bigger picture. The most critical fit that responsible aquaculture must seek is that with FiGR conservation, because their futures are interdependent. Aquaculture development and FiGR conservation are twin objectives and the pursuit of both in the Volta Basin can be seen as twin opportunities.

## **Aquaculture and FiGR**

Aquaculture development is proceeding rapidly in many countries, using a wide diversity of species, many of which are still at early stages of domestication. Aquaculture must be developed in Africa to join other sectors in making sustainable contributions to food security and rural livelihoods. Africa has an enormous diversity of FiGR for aquaculture (e.g. Agnès, 1998; Pullin *et al.*, 2001) and is the original source of all of the genetic resources that have enabled the global development of tilapia farming.

Fish genetic resources (FiGR) comprise wild, feral, farmed, and research or other captive fish, as populations or individuals, as well as their gametes, DNA and genes. FiGR for aquaculture and for other purposes (principally fisheries and the aquarium trade) are located mostly in open waters and

in hatcheries and farms as domesticated fish populations. On-farm and open water wild/feral FiGR are all termed “*in situ*”, because they are in their normal habitats, and “*in vivo*”, because they are whole live fish. FiGR are also held “*ex situ/in vivo*” – as research material, in public aquaria, and increasingly in specialized gene banks – and “*ex situ/in vitro*” as cryopreserved spermatozoa and other stored tissues (e.g. Tiersch, 2006). *In situ* and *ex situ* collections of FiGR are all forms of gene banks.

Investments in FiGR conservation to date have been very small compared to those for plant and livestock genetic resources but this is changing after a long series of consultations and reviews (e.g. FAO, 1995; Pullin and Casal, 1996; Harvey *et al.*, 1998; Pullin *et al.*, 1999; Greer and Harvey, 2004; Science Council, 2005; Bartley *et al.*, 2007).

### **Twinning – potentially a “win-win” situation**

Twinning the development and oversight of responsible aquaculture with effective conservation of FiGR is potentially a “win-win” situation, but the winning comes with fulfillment of obligations. It requires that aquaculture development follows the FAO Code of Conduct for Responsible Fisheries (CCRF) and that Code’s various guidelines for aquaculture, to which an additional set of guidelines pertaining to FiGR will be prepared in 2007. It also requires conservationists to accept aquaculture as a legitimate and responsible use of lands, waters and other natural resources, in harmony with other sectoral users, including FiGR conservation.

In practical terms, twinning means co-planning, co-monitoring and *co-financing* the development of and continuing support for aquaculture and FiGR conservation. Through twinning, aquaculture becomes sited and practiced only in aquaculture zones, so as to cause minimal harm to FiGR, while important wild FiGR are conserved *in situ* in conservation zones. Conservation zones are kept permanently off limits to aquaculture and to any contact with farm waters. In some basins, the possibilities for this will be very limited or nil, because pressures to use all available waterspace for aquaculture and other purposes are so great and/or because there are no obvious water bodies or watercourses that could become permanently devoted to FiGR conservation. In such cases, the only ultimate recourse for long-term conservation of important wild FiGR is to establish *ex situ* collections. However, in some national and internationally shared river basins, there will be some sites – for example in wildlife parks, sacred groves etc. – that can fulfill this FiGR conservation role (Pullin, 1990).

The most important reason for the separation of aquaculture and conservation zones is that, regardless of whether they are based on native or alien species and strains, breeding programmes for aquaculture inevitably result in fish that are genetically altered from wild types. FiGR conservation involves not only *in situ* conservation of wild types in conservation zones, but also *in situ* and *ex situ* conservation of important founder, selectively bred, hybrid and other populations on farms and in research and other collections.

Responsible aquaculture would “win” from twinning in two ways. First, in aquaculture zones, though still subject to fulfillment of the national and international biosafety and biosecurity measures that have been agreed as much to protect their operations as well as the wider environment, farmers would be more able to use the most profitable and productive native or alien species. This would not mean *laissez faire* with respect to the use of all types of farmable fish in all aquaculture zones. It would mean prior appraisal and responsible behaviour, following agreed procedures: principally the CCRF, international conventions (especially the Convention on Biological Diversity), International Union for Conservation of Nature (IUCN) guidelines (IUCN, 2000; 2006). The protocols agreed by members of the International Network on Genetics in Aquaculture (INGA) are an example of translating such obligations into practical use (see Networks at [www.worldfishcenter.org](http://www.worldfishcenter.org)). These and other instruments are well summarized by De

Moor (2004) and in D. M. Bartley's contribution to this workshop. Questions such as the use in African aquaculture of alien species and of genetically altered fish, such as genetically improved farmed tilapia (GIFT), could then all be addressed within the twinning framework, not *ad hoc* and from a monosectoral perspective, as has been the norm. Second, aquaculture would benefit because purposeful conservation of a wide diversity of FiGR will provide genetic material for future breeding programmes.

FiGR conservation would also “win” through being twinned with aquaculture. It would be put on to the same policy, planning and funding agendas and its needs would attract more national and international resources to establish and to sustain conservation zones. For example, aquaculture of native species, with alien species excluded, is making substantial contributions to alleviation of poverty on small farms in southern Malawi, but all FiGR conservationists would prefer to see Lake Malawi kept off-limits to aquaculture. Therefore, Malawi and other countries that face similar hard choices must be helped financially to sustain both aquaculture and FiGR conservation. Twinning can bring more resources to develop and sustain both their aquaculture and their FiGR conservation. Aquaculture, once established, can become a source of funds for FiGR conservation. Aquaculture might then achieve a better place in history than agriculture, in terms of taking care of its wild relatives.

Twinning begins and continues with strategic planning, asking the questions: What do we want to do? What do we have? What do we need?

### **Tilapia genetic resources for breeding programmes in the Volta Basin**

#### ***What do we want to do?***

The answer is clear – underpin expansion of profitable, responsible and sustainable tilapia farming with breeding programmes that will ensure adequate numbers of high quality and affordable tilapia seed to farmers.

#### ***What do we have?***

The answer here is – we do not completely know. Aquaculture development in the Volta Basin could use a number of proven species, but the obvious mainstay is Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). There is a considerable body of information on the status of Nile tilapia and other species as well as on the status of their habitats throughout West Africa. Paugy *et al.* (1993) describe the West African fish fauna as the best known in Africa. However, most of the easily accessible information is only at species level: through FishBase ([www.fishbase.org](http://www.fishbase.org)) and through national publications such as that by Dankwa *et al.* (1999) for Ghana.

Nile tilapia farming and supportive research have been in progress in the Volta Basin countries for decades and there have been many introductions of founder populations from other countries and disseminations of native, alien and hybrid strains. Pullin's (1988/1989) review of tilapia genetic resources and Lazard and Rognon's (1997) summary for Côte d'Ivoire and Niger remain useful information sources, though the current status of what are referred to as the “Bouaké” or “Ivory Coast” strain (which was developed from Nile river, Black Volta (Burkina Faso) and Niger genetic material), the “Burkina Faso strain”, and “Niger cultured stock” is not clear.

Therefore, the current status of *all* Nile tilapia genetic resources (wild and farmed; *in situ* and *ex situ*) within the Volta Basin merits thorough documentation and ongoing monitoring. This would be a first step towards twinning, because important and currently undisturbed populations of wild native Nile and other tilapias will be documented along with potential conservation zones and needs for *ex situ* measures.

### ***What do we need?***

Again the answer here is not yet clear. The Volta Nile tilapia strain brought from Ghana to the Philippines for appraisal at the start of the GIFT project was the slowest growing strain in Philippine test environments (Eknath *et al.*, 1993). This does not mean that this strain is bound to be a worse prospect in Ghana than the other African strains with which it was compared in the Philippines (Egypt, Kenya and Sénégal). In fact it is probable that native Volta strains can make useful contributions to breeding programmes for Volta Basin farming of Nile tilapia. They have been adapting to their surrounding environments for a very long time. However, it must also be said that almost all of the history of tilapia breeding points to the superior performance of some riverine strains across a wide range of environments, particularly those from the Nile. For example, the Chitralada strain developed in Thailand and now under further development in Brazil came originally from Egypt. The second, and equally obvious conclusion, is that there is a wide range of tilapia genetic material available from sources outside the Volta Basin: principally in other African countries and in Asia and Latin America.

The appraisals needed here are much broader than simply asking – “whose got the best strain? OK, let’s get it and start from there as a short cut”. The best Nile tilapia strains from which to start breeding programmes for farming in the Volta Basin environment are not yet known. It is naïve to think that one can simply start with someone else’s genetically improved tilapia and know what the results will be. The most important choices are those for founder populations and for the design of the breeding programmes. Whatever is started must be sustainable in terms of facilities and funding. The GIFT Foundation found that private farmers could not easily or rapidly pick up the cost of continuing tilapia genetic improvement and gene banking. Public-private partnerships seem to be the best way forward, with public breeding programmes as the initial core of genetic improvement and gene banking.

### **The “GIFT in Africa” question**

The main results of the GIFT project and its successor, the DEGITA project, were to demonstrate methods for and benefits from genetic improvement in tropical aquaculture (ADB, 2005b). The GIFT project’s rigorous appraisal of multiple strains in multiple test environments and potential diallele crosses, followed by development of and selection from a synthetic strain, was a costly and lengthy process designed and funded as *research*. It need not be copied exactly for national or basin-specific breeding programmes. The GIFT strain has since undergone further genetic improvement and has been crossbred with other strains to produce what can be called GIFT-derived strains or hybrids. Bringing any of these strains into an African river basin would be introducing tilapia genes that were not there before. However, the same applies to moving distinct tilapia strains among unconnected basins and water bodies within Africa. The GIFT strain was built from genetic material from four African countries and from Asian farmed strains that had originated in yet more African countries and Israel. According to CBD definitions, the country of origin of GIFT – assuming that it is indeed a cultivated strain with distinctive properties – is the Philippines.

So, would new Volta Basin breeding programmes for Nile tilapia do best to start with introduced GIFT or GIFT-derived founder stocks? Possibly, yes, though there are other options and the answer for them would be the same. The real answer is that this is the wrong question. The question is rather how African fish breeders and farmers can access the best of tilapia genetic material, from their own areas as well as from elsewhere in Africa and beyond. The answer suggested here is that if the development of such breeding programmes in aquaculture zones were to be twinned with FiGR conservation in conservation zones, then there could be rapid appraisal of a range of native and introduced strains, including GIFT and GIFT-derived strains if desired.

## Conclusions

Volta Basin Nile tilapia breeding programmes should be based on appraisals of the best genetic material available within the Volta Basin and from outside sources in Africa and elsewhere, following all necessary safeguards provided by international conventions, codes of conduct and protocols to which the Volta Basin countries have agreed.

Twinning the development of Volta Basin aquaculture with FiGR conservation is not only the most responsible but ultimately the most mutually beneficial approach for both sectors.

The development of Volta Basin tilapia breeding programmes can be a pioneering case study in twinning aquaculture and FiGR conservation

## References

**ADB. 2005a.** An Evaluation of Small-Scale Freshwater Rural Aquaculture Development for Poverty Reduction. Asian Development Bank: Manila, Philippines. 163p.

**ADB. 2005b.** An Impact Evaluation of the Development of Genetically Improved Farmed Tilapia. Asian Development Bank: Manila, Philippines. 124p.

**Agnèse, J.-F. (ed.) 1998.** Genetics and Aquaculture in Africa. Editions de l'Orstom: Paris, France. 326p.

**Bartley, D.M., Harvey, B. & Pullin, R.S.V. (eds). 2007.** Workshop on Status and Trends in Aquatic Genetic Resources. A Basis for International Policy. FAO Fisheries Proceedings 5. Food and Agriculture Organization of the United Nations: Rome, Italy. 179p.

**Dankwa, H.R., Abban, E.K. & Teugels, G.G. 1999.** Freshwater Fishes of Ghana: Identification, Distribution, Ecological and Economic Importance. Vol. 283. Annales Sciences Zoologiques. Royal Museum for Central Africa: Tervuren, Belgium. 53p.

**De Moor, I. 2004.** Protocols for moving germplasm among counties in Africa., pp 77–92. In M.V. Gupta, D.M. Bartley and B.O. Acosta (eds.) Use of Genetically Improved and Alien Species for aquaculture and Conservation of Aquatic Biodiversity in Africa. WorldFish Center Conference Proceedings 68.

**Eknath, A.E. & 13 co-authors. 1993.** Genetic improvement of farmed tilapias: the growth performance of eight strains of *Oreochromis niloticus* tested in different farm environments. Aquaculture 111: 171–188.

**FAO.1995.** Report on the Expert Consultation on Utilization and Conservation of Aquatic Genetic Resources. FAO Fisheries Report 491. 58p.

**Greer, D. & Harvey, B. 2004.** Blue Genes: Sharing and Conserving the World's Aquatic Biodiversity. Earthscan: London. 231p.

**Harvey, B., Ross, C., Greer, D. & Carolsfeld, J. (eds). 1998.** Action Before Extinction: an International Conference on Conservation of Fish Genetic Diversity. World Fisheries Trust: Victoria BC, Canada. 259p.

**IUCN. 2000.** IUCN Guidelines for the Prevention of Biodiversity Loss Caused by Alien Species. International Union for the Conservation of Nature: Gland, Switzerland. 14p.

**IUCN. 2006.** Alien Species in Aquaculture. Considerations for Responsible Use. The World Conservation Union: Gland, Switzerland. 32p.

**Lazard, J. & Rognon, X. 1997.** Genetic diversity of tilapia and aquaculture development in Côte d'Ivoire and Niger. *The Israel Journal of Aquaculture – Bamidgeh* 49 (2): 90–98.

**Paugy, D., Traoré, K. & Diuof, P.S. 1993.** Faune Ichthyologique des eaux douces d'Afrique de l'Ouest, pp 35–66. In G.G. Teugels, J-F Guégan and J-J Albaret (eds). *Biological Diversity in African Fresh- and Brackishwater Fishes*. Vol. 275. *Annales Sciences Zoologiques*. Royal Museum for Central Africa: Tervuren, Belgium.

**Pullin, R.S.V., (ed.). 1988/1989.** Tilapia Genetic Resources for Aquaculture (1988). *Ressources Génétiques en Tilapias pour l'Aquaculture* (1989; traduit par Catherine L'homme Binudin). ICLARM Conference Proceedings 16. 108p.

**Pullin, R.S.V. 1990.** Down-to-earth thoughts on conserving aquatic genetic diversity. *Naga*. The ICLARM Quarterly 13 (1): 5–8.

**Pullin, R.S.V. 2000.** Management of aquatic biodiversity and genetic resources. *Reviews in Fisheries Science* 8 (4): 379–393.

**Pullin, R.S.V. & Casal, C.M.V. (eds). 1996.** Consultation on Fish Genetic Resources. ICLARM Conference Proceedings 51. 61p.

**Pullin, R.S.V., Bartley, D.M. & Kooiman, J. (eds). 1999.** Towards Policies for Conservation and Sustainable Use of Aquatic Genetic Resources. ICLARM Conference Proceedings 59. 277p.

**Pullin, R.S.V., Casal, C.M.V. & Brummett, R. 2001.** Fish genetic resources of Africa, pp 60–74. In P.H. Skelton and G.G. Teugeis (eds.) *African Fish and Fisheries – Diversity and Utilisation*. Vol. 288. *Annales Sciences Zoologiques*. Royal Museum for Central Africa: Tervuren, Belgium.

**Science Council. 2005.** Conservation of Livestock and Fish Genetic Resources. Science Council Secretariat of the Consultative Group on International Agricultural Research: Rome, Italy. 89p.

**Tiersch, T.R. 2006.** Fish sperm cryopreservation for genetic improvement and conservation in Southeast Asia. *Fish for the People*: 4 (2): 21–31.



# Breeding Plan for Nile Tilapia (*Oreochromis Niloticus*) in the Volta Basin

Raul W. Ponzoni and Randall Brummett

## Foreword

Tilapia (*Oreochromis niloticus*) is the most important warm freshwater species cultured in the Volta Basin. To improve and sustain the performance of farmed tilapia a logical breeding and genetic improvement programme must be put in place.

This report details a proposed plan for selective breeding of Nile tilapia. The plan could be initially implemented at Akosombo, Ghana, where work is already underway, and later expanded to other relevant locations.

## Introduction

In terrestrial animal species (e.g. dairy cattle, pigs, poultry) genetic improvement programmes have made a substantial contribution to industry productivity and viability. The gains achieved among plants have been even more spectacular. There appears to be great potential for improvement in aquatic animal species, given that comparatively little application of genetic improvement technology has taken place to date. Hence, there is ample justification for the planning, design and implementation of research, development and technology transfer of genetic improvement programmes for aquatic species.

Genetic improvement programmes have the following highly desirable attributes:

- the power to modify the animal to suit a purpose or environment;
- can therefore result in greater productivity, reliability and consistency, while the gain may be permanent;
- may offer solutions to existing or emerging pathogens, and to environmental challenges;
- can provide a favourable return on investment;
- can help fill the gap between demand and supply without a negative environmental impact; and
- will assist in managing inbreeding in the production system.

Experience with Nile tilapia and with other species shows that genetic improvement in growth rate can be of the order of 15 percent per generation in well-conducted programmes. The *generation interval*, that is, the average age of the parents when the progeny are born (see Annex 2), will depend on the time needed to reach sexual maturation. It will be desirable to keep it around 9–12 months in order to have at least one generation per year.

A well-designed genetic improvement programme will consider the following aspects in some detail:

- description or development of the production system(s);
- choice of the species, strains and breeding system;
- formulation of the breeding objective or breeding goal;
- development of selection criteria;
- design of system of genetic evaluation;
- selection of animals and of mating system;
- monitoring and comparison of alternative programmes; and
- design of system for expansion and dissemination of the improved stock.

Generally these steps would be taken in this order, but not always necessarily so. There will always be iterations, going back to earlier steps, making modifications, and rectifying courses of action. Note that attention to all aspects is essential for the conduct and implementation of an effective genetic improvement programme. I will now briefly give consideration to some of the above listed steps, with special reference to the situation in the Volta Basin. The meaning of some of the terminology used is provided in Annex 2, whereas an indication of the necessary physical facilities for the conduct of a genetic improvement programme is given in Annex 3.

### **The production system**

In the Volta Basin aquaculture production systems may be classified as extensive, semi-intensive, and intensive, depending on the level of input they receive. Extensive systems consist of earthen ponds or other water bodies that receive little or no input. In semi-intensive systems earthen ponds are fertilized with either chemical or organic products (or both) that enhance their productivity. Cereal bran and other locally produced feed may also be provided. Intensive systems employ an even greater level of input, involving artificial feed formulation and growing out in cages. It is anticipated that in the foreseeable future the most commonly found production systems will be the semi-intensive and intensive ones.

The identification of the production system for which genetic improvement is intended is important because it influences the choice of the environment in which the programme is to be conducted. In principle, the genetic improvement programme should be conducted in an environment as similar as possible to the production system in which the genetically improved fish will have to perform. This ensures that the genetic gain achieved in the breeding centre will also be expressed in farmers' ponds. If the environment under which selection takes place is very different (e.g. much better) from the production environment there is a risk that at least part of the gain achieved in the breeding centre will not be expressed at the farm level. Experimental evidence, however, shows that fortunately superior fish in one environment are often also superior in other environments, or in more technical terms, that genotype by environment is relatively unimportant. During the development of the Akosombo selection line we tested in the three environments, extensive, semi-intensive and intensive. We found that harvest weight expressions in the semi-intensive system had the highest genetic correlation with expressions in the other two systems. Hence, it was decided that from now on testing would be conducted solely in the semi-intensive system.

### **Choice of the species, strains and breeding system**

The decisions on choice of species and strain sometimes are partly made for us, as when there are limitations on availability of stock, or well-defined local preferences. However, when possible, making the right choice is important because the gain achieved in this way may be equivalent to several generations of selection.

The choice of species and strains should preferably be made on the basis of information derived from well-designed experiments of species and strain comparison, and estimation of phenotypic and genetic parameters (heterosis, heritability, correlations among traits, genotype by environment interactions). Such experiments can be complex and costly, but they are very necessary. The GIFT approach used for tilapia (Bentsen *et al.* 1998) and used also for Rohu Carp (Gjerde *et al.* 2002) is a sound way of addressing the issue. In this respect the GIFT approach consists of sampling available and promising stocks of the species in question, conducting all possible crosses among them, and later selectively breeding from the progeny thus generated, independent of their origin. In this way, a base population with increased genetic variation is established, which greatly increases the prospects of future genetic gain. Note that all stocks are likely to include valuable individuals. Selecting the "best" stock would not make use of the valuable individuals from the other stocks.

The procedure indicated here makes the best possible use of all the “good” genes available, irrespective of where they are coming from.

Work on the development of an improved strain based on locally available tilapia stocks was initiated in Akosombo in 2001. In the section that follows we outline the way in which the population was established, as well as the way in which it is being conducted.

### Base population

Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) has been collected from three different ecological zones within the Volta system in Ghana – Nawuni, Yeji and Kpandu. These wild populations, together with a domesticated strain at the Water Research Institute, provided the foundation animals for the establishment of the base population for the breeding programme for Nile tilapia in Ghana.

A total of 150–400 fish per strain were kept in separate tanks and the average weight of these fish was 8 g in February 2001. The fish were grown until June–July 2001 when they reached an average body weight of 40–50 g. Then 40 fish (20 males and 20 females) from each strain were used in a diallel cross (4x4) experiment to produce 16 combinations of five families each, a total of 80 families. The production of families followed the procedure as described below (Table 1).

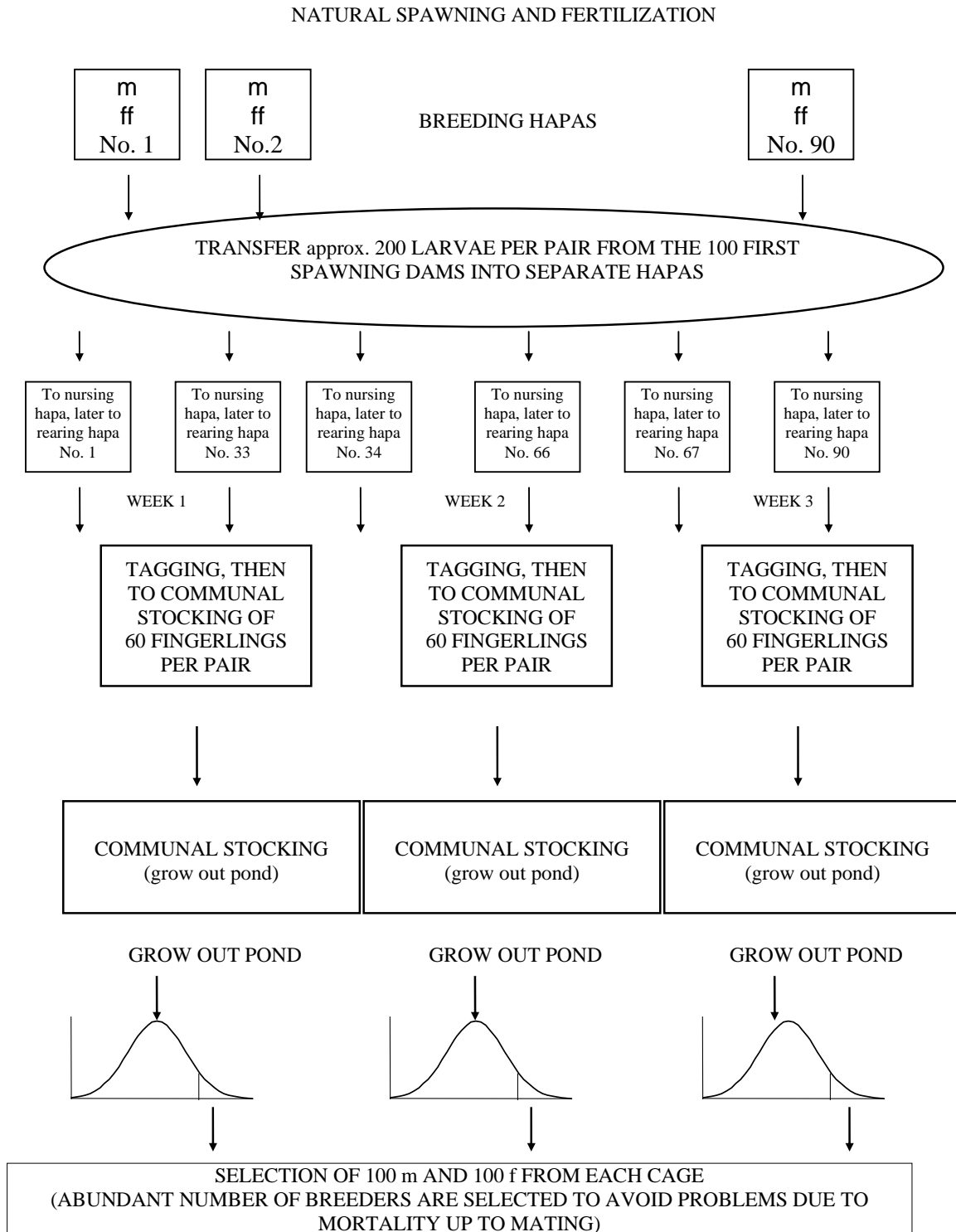
**Table 1: Diallel mating for the establishment of the base population at Akosombo**

Sex of parents	Males			
Females	Domesticated (D)	Kpandu (K)	Nawuni (N)	Yeji (Y)
Domesticated (D)	<b>D x D</b> 5 families	<b>D x K</b> 5 families	<b>D x N</b> 5 families	<b>D x Y</b> 5 families
Kpandu (K)	<b>K x D</b> 5 families	<b>K x K</b> 5 families	<b>K x N</b> 5 families	<b>K x Y</b> 5 families
Nawuni (N)	<b>N x D</b> 5 families	<b>N x K</b> 5 families	<b>N x N</b> 5 families	<b>N x Y</b> 5 families
Yeji (Y)	<b>Y x D</b> 5 families	<b>Y x K</b> 5 families	<b>Y x N</b> 5 families	<b>Y x Y</b> 5 families

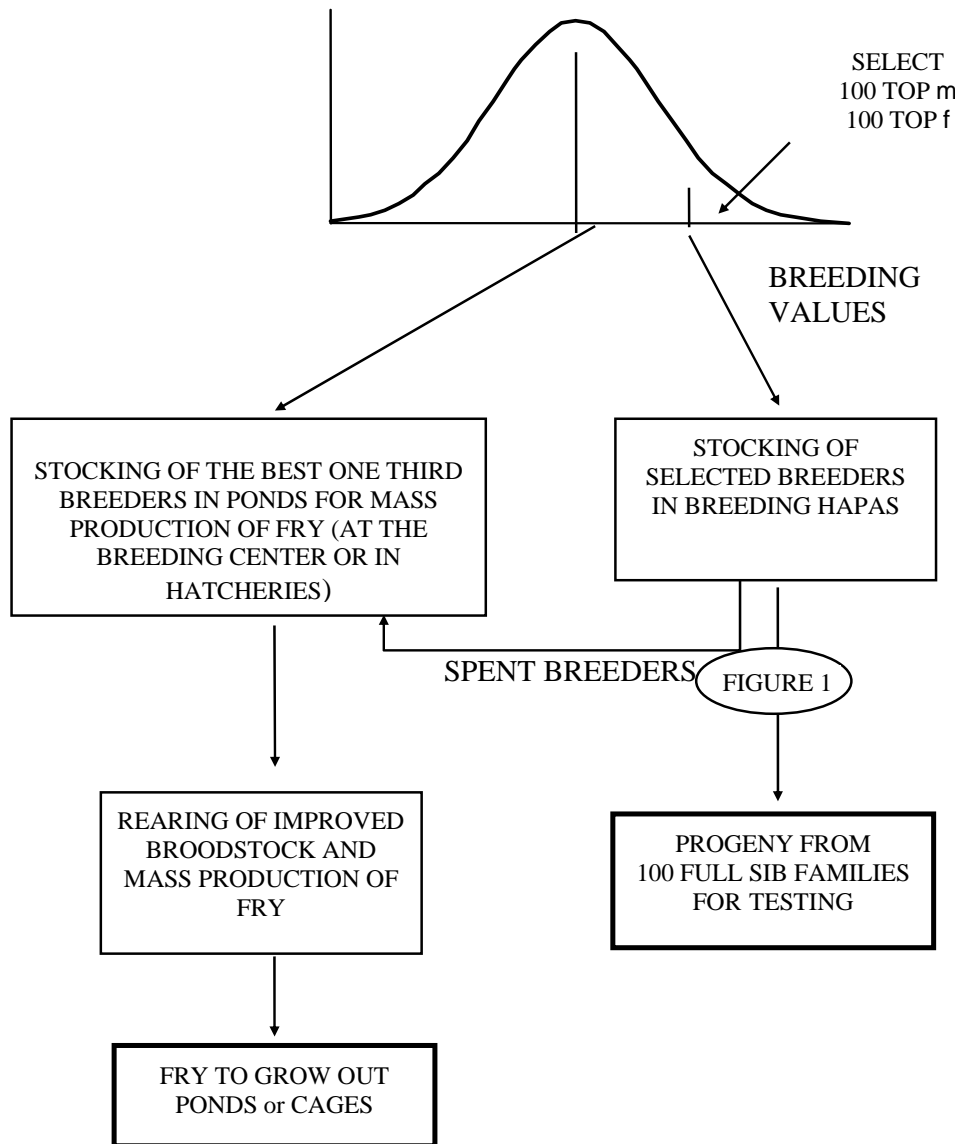
In this way, the base population for the genetic improvement programme at Akosombo was established. Two generations of selection have already taken place, and the fish from the third generation are ready to be harvested at the time of writing (March 2007). During the course of the work it has been noted that the fish from Yeji are the most productive. This year the programme will be strengthened by further sampling no less than 100 individuals of each sex from that location.

The procedure to be followed during selection is described in detail in the publication WorldFish Center (2004). Male and female breeders are conditioned separately before breeding. One female is stocked in each of the breeding hapas (size 1x1x1 m<sup>3</sup>) installed in the same pond. The aim is to produce no less than 90 full sib groups each year. Each male is used on two females, to produce full and half sib family groups. All hapas are inspected once every week for swim-up fry. Swim-up fry are collected separately from each hapa and transferred at a standardized stocking density (200 fry) to nursing hapas (size 1x1x1 m<sup>3</sup>) placed in the same pond. Two or more hapas may be used for each full-sib family group. The date of collection of swim-up fry is recorded. This should result in about 90 full-sib families. After three to four weeks in the nursing hapas, the fry is transferred at a reduced density to B-net hapas for further rearing until they reach an average body weight of 10 to 15 g. The fingerlings are then individually tagged with PIT tags, following the method developed in the GIFT project. A total of 60 fingerlings will be tagged per full sib family, amounting to about 5 400 tagged fingerlings per generation. These 60 fingerlings per full-sib family will be communally stocked in an intensively managed cage system. In the early phase of the project fish were tested in three different environments (extensive, semi-intensive and intensive). Because of the very high genetic correlation among weight expressions in these environments it was decided to test only in what is perceived as the most important one in the foreseeable future. Figure A1 and Appendix 1 provide details on how the programme is being implemented.

**Figure A1: Mating of the Parent Broodstock and Rearing of Progeny Until Next Round of Selection**



**Figure A2: Selection of Breeders and Dissemination of Genetically Improved Tilapia to Production Section**



The introduction of GIFT from the WorldFish Center is a potentially useful option, given this strain's proven high growth potential coupled with several other desirable attributes. In that case, there would be no problem of integrating the GIFT strain to the existing Akosombo programme. The integration would be carried out in a manner that resulted in a comparison of the performance of the Akosombo improved line with GIFT. The results will indicate the best course of action to be followed thereafter.

### **Formulation of the breeding objective or breeding goal**

The formulation of the breeding objective is crucial because it determines “where to go” with the genetic improvement programme. The breeding objective is intimately related to the production system. We have to make sure that the trait(s) we improve are those of importance in the actual production system. Generally these will be the traits that impact upon income or expense in the production system, or those associated with benefits to the user of the improved animals in a non-cash economy, or those that influence sociological preference.

The breeding objective may include traits such as: growth rate or size, survival rate, age at sexual maturity, disease resistance, tolerance to water temperature or to other water attributes, flesh quality, feed conversion. Of these, growth rate (or size at a particular age) has been the most popular, because of its paramount importance in the production system. In a production cycle of fixed duration greater growth rate results in larger fish. When fish (or cuts) of a particular size or weight are desirable, greater growth enables their production in a shorter period of time. In either case there are advantages for the producer. Even if not formally included in the breeding objective, traits perceived as being of importance in the production system should be carefully monitored.

The Akosombo programme is presently focusing on:

- growth rate to approximately 150 g (as close as possible to market weight); and
- freedom from anatomical defects and acceptable shape and colour.

With respect to the latter trait, preference will be given to those coloured according to local consumer preference, if any.

It is realized that there are other traits that are important and that may be worthy of direct attention in the future. However, their inclusion in the breeding objective at this stage is not considered appropriate. The detailed reasoning leading to the simplification of the breeding objective is given in Annex 1.

### **Selection method (development of selection criteria, design of system of genetic evaluation, and selection of animals and of mating system)**

The selection criteria are characters closely related, but not necessarily identical, to the traits in the breeding objective. The breeding objective is about “where to go” with the genetic improvement programme, whereas the selection criteria are about “how to get there”. The selection criteria are the characters we use in the estimation of breeding values and overall genetic merit of the animals.

Selection criteria may be different from the traits in the breeding objective. For instance, we may be interested in increasing market weight, but we may have to base our selection on weights taken at an earlier age, before reaching market weight, in an attempt to speed up the selection process by choosing breeding animals earlier. In the present case we should be able to select the fish when they are at, or very close to, the market weight, in which case the selection criterion would be the same as the trait in the breeding objective.

The genetic evaluation system can vary from something very simple, involving just mass selection, to something much more complex, involving fitting an animal model to the data. Because fish will be individually and uniquely identified (tagged) we will be able to keep track of pedigrees and use BLUP (best linear unbiased prediction) procedures, estimating breeding values (EBVs) combining the available information. BLUP procedures are a better alternative than mass selection or the classic between and within family selection. In the estimation of BLUP breeding values the information on the individual itself is used, as well as that from all its relatives in the population. The comparison of average breeding values from different generation enables the estimation of genetic trends, that is, of the genetic progress the population is undergoing

Ideally we would only reproduce the “best” individuals. In practice we need a compromise between selection intensity and effective population size in order to manage risk (inbreeding). The increase in inbreeding is proportional to  $1/2Ne$ , where  $Ne$  is the effective population size. A relatively large  $Ne$  is required to:

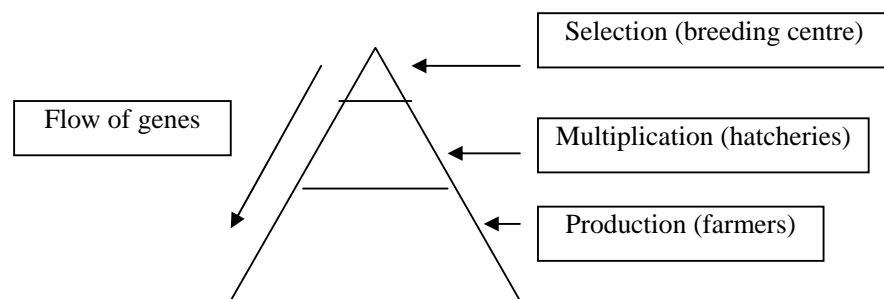
- sustain genetic variation in the population in the long term;
- manage inbreeding;
- increase the selection limit; and
- have predictable responses to selection.

With full pedigree information, inbreeding can be managed more effectively, avoiding matings of closely related individuals. Software is available enabling selection for high EBVs while at the same time restricting the rate of inbreeding at a predetermined value (Meuwissen, 2002). After the initial mating (described in Table 1) to establish the base population, about 50 males and 100 females will be used each generation. Provided a large fraction of these matings are successful, this number will result in a satisfactory effective population size, which, coupled with measures to avoid inbreeding, should produce a sustained genetic gain over many generations.

### Design of system for dissemination of the improved stock

Genetic improvement typically takes place in a very small fraction of the population. The genetic improvement achieved in that “elite” of superior animals in a breeding centre is multiplied and disseminated to the production systems. The flow of genes is graphically illustrated in Figure 1.

**Figure 1:** Flow of genes from the breeding centre to the production sector



Fish are very well placed with their high reproductive efficiency, to develop cost-effective structures for the dissemination of genetic gain. The implementation of the genetic improvement programme in a relatively small number of animals can be enough to service a very large population involved in production. The relative sizes of the population sectors involved in



selection, multiplication and production should be examined and made consistent with an effective transfer of genetic gain to the production sector.

In order to maximize the benefit from the breeding programme, the genetic improvement should reach the production section without delay. For this purpose, only improved brood stock should be used. Dissemination of improved seed will be based on the multiplication of improved brood stock at an intermediate level (hatcheries, Figures 1 and A2). After production of the full and half sib families for the breeding population has been completed, the selected parents should be used for mass production of seed. The progeny of the selected parents will, when reaching sexual maturity, be top genetic quality brood stock, followed by the progeny of the discarded breeders from the best one-third of the population. A more detailed discussion on dissemination of improved fish is presented in Ponzoni (this volume).

### **Control to estimate genetic gain (monitoring)**

Establishing a procedure for measuring genetic gain in a breeding programme is not required to obtain response to selection. Including a routine for genetic control will, however, make it possible to check if the assumptions made are valid, or if the programme needs adjustment.

At the same time that the breeders with the best EBVs are selected, 30 sexually mature males with average within family EBV for live weight and 30 sexually mature females with average within family EBV for live weight should be selected. Each male should be from a different family, and the same should be true for females. The families should be selected at random from among all available families. These breeders will be used to produce a control group. Their progeny can be used to estimate genetic gain from each generation of selection. After the progeny of single pair matings of selected and average brood stock has been nursed in separate hapas, the treatment and the number per full sib group for the control population should be the same as for the progeny of selected parents.

The establishment of a control population is not only useful in the estimation of genetic change of each generation, it can also serve other valuable purposes. For instance, it enables the estimation of correlated responses to selection in traits that are not routinely recorded in all generations. In this way it can provide fish for special purpose experiments that can be conducted on the side (e.g. an environmental challenge after several generations of selection for growth rate, an assessment of carcass and flesh characteristics). The opportunities provided by the control population can be exploited by research staff directly, or in students' projects.

### **Expected benefit from a breeding programme**

When additive genetic variation is present in a trait, there will always be response to selection if efficient selection methods are applied. In the literature there are several estimates of response to selection in growth rate in large scale breeding experiments and breeding programmes. The following estimates should be mentioned (given as genetic gain in percentage per generation of selection): For coho (Pacific) salmon, 10.1; for rainbow trout, 13; for Atlantic salmon, 10.6 to 14.2; for channel catfish, 12 to 20; and for Nile tilapia, 17. An average of these estimates is about 15 percent genetic gain per generation for growth rate. This means that it should be possible to double the growth rate in less than seven generations. This is a greater genetic gain than usually obtained in farm animals, and it is achieved because fish and shellfish have greater genetic variation in growth rate and have higher fecundity. Consequently, it is possible to apply much higher selection intensity.

The benefits of genetic improvement in growth rate are reduction in both fixed costs and production costs, the latter due to lower energy requirement for maintenance for the entire life span. Often also a correlated response may be observed in some instances in improved feed conversion rate.

In the Norwegian breeding programme, which today supplies genetically improved eggs of Atlantic salmon and rainbow trout to more than 70 percent of the fish farming industry, the cost/benefit ratio has been estimated as 1/15. Similar estimates have been obtained for breeding programmes in terrestrial farm animals. The ratio will, however, depend largely on the total production sector that benefits from the genetic improvement programme, and it could be greater. With tilapia, in a recent study we found that the ratio was highly favourable, and could range between 1/8 to 1/240, depending on the reproductive efficiency at the nucleus and at the hatchery level. Of course, the ratio is more favourable for greater reproductive efficiency (Annex 5).

## References

**Bentsen, H.B. & Olesen, I. 2002.** Designing aquaculture mass selection programs to avoid high inbreeding rates. *Aquaculture* 204: pp 349–359.

**Gjerde, B., Reddy, P.V.G.K., Mahapatra, Kanta D., Saha, J.N., Jana, R.K., Meher, P.K., Sahoo, M., Lenka, S., Govindassamy, P. & Rye, M. 2002.** Growth and survival in two complete diallel crosses with five stocks of Rohu carp (*Labeo rohita*). *Aquaculture* 209: pp 103–115.

**Meuwissen, T.H.E. 2002.** GENCONT: An operational tool for controlling inbreeding in selection and conservation schemes. *Proc. Wld. Congr. Genet. Appl. Livest. Prod.* 33: pp 769–770.

**WorldFish Center 2004.** GIFT Technology Manual: An aid to Tilapia selective breeding. WorldFish Center, Penang, Malaysia.

## **Annex 1. Choice of selection traits**

The most important economic traits for production of Nile tilapia in the Volta Basin may be summarized as:

- growth rate;
- survival;
- delayed sexual maturation;
- disease resistance;
- dressing percentage; and
- colour.

Growth rate should be recorded at a weight that we might safely assume is highly correlated with the marketed size (about 250 g), which is currently attained at seven to nine months of age. The selection method proposed for Nile tilapia in the Volta Basin involves keeping full pedigrees and estimating breeding values (EBVs) using BLUP procedures. Initially growth rate will be the sole focus of selection. Growth rate is of paramount importance and of clear economic consequences. Other traits may be added to the breeding objective later as the programme unfolds.

Late sexual maturation, dressing percentage and disease resistance are likely candidates that may be included later if deemed necessary. This should not be a problem with the system of individual tagging envisaged. Note, however, that when hormonal sex reversal is used in the production system delayed sexual maturation becomes relatively unimportant.

Note also that even if survival and disease resistance are not included as specific and recorded traits in the breeding objective, a certain amount of natural selection may take place in the breeding population (less fit individuals are likely to leave fewer offspring). In such a case, genetic change in a favourable direction in these traits may therefore still be expected in the proposed breeding plan for Nile tilapia. At a later stage these traits could be formally incorporated in the breeding objective.

Dressing percentage has, in several investigations in fish, been shown to be genetically (positively) correlated with growth rate, and is thus expected to improve as a correlated response to selection on growth rate. Note also that recording dressing percentage is labourious and requires slaughter of the fish.

## Annex 2. Terms and definitions

Some definitions of common expressions from quantitative genetics and selective breeding plans:

**Base population:** The initial random-mating population that forms the base for the selection experiment or selection programme. It is customary to assume that the inbreeding coefficient is zero in the base population, and this is therefore the reference for estimation of inbreeding in later generations. This requirement may not always be met, but all efforts should be made to establish a base population of unrelated individuals.

**Dam:** Female parent.

**Family selection:** Selection based on information from full sibs and (or) half sibs to estimate the breeding value (may also include information from other relatives). The selection is among families and not within family since no information is available to distinguish between family members (it can, however, be combined with other information in a multiple-trait index which enables us to select the best overall breeding candidate within family). The method requires that information from relatives be recorded, which means that full sib groups must be reared separately until the fish have reached a size for which a marking system can be applied.

**Full sibs:** Offspring from the same sire and dam, i.e. same pair of parents.

**Generation interval:** The average age of the parents at the birth of their selected offspring.

**Half sibs:** Offspring from one sire but of different dams (i.e. paternal half sibs), or from one dam but of different sires (i.e. maternal half sibs).

**Heritability:** expresses the extent to which phenotypes, i.e. the observed value of that trait, are determined by the genes transmitted from the parents. It is given by the ratio: (additive genetic variance) / (phenotypic variance).

**Hierarchical mating structure:** A mating structure where, for instance, one male is mated with two females.

**Inbreeding:** means the mating together of individuals that are related to each other by ancestry. This is unfavourable for two reasons: 1) it leads to inbreeding depression (low performance) in many traits, especially fitness traits (e.g. survival and fertility), and 2) it leads to decreased genetic variation.

**Index selection:** Selection based on a combination of sources of information to estimate the breeding value, from the individual itself, and from relatives, especially full sib or half sib information. The method requires that genetic relationship among the individuals be recorded, which means that full sib groups must be reared separately until the fish have reached a size for which a marking system can be applied.

**Individual selection:** Selection based on the performance of the individual itself only, to be distinguished from *Family* and *Index selection*. The method does not require a marking system, but the number of offspring from each family that are allowed to contribute their genes to the next generation must be restricted in order to control *inbreeding*.

**Sire:** Male parent.

### Annex 3: Research facilities and equipment

The size of the research facilities and equipment required to initiate and run a selective breeding programme for tilapias will depend on the size of the programme, namely, how many sires and dams are used, and how many progeny are produced and tested in each generation. As stated earlier, to restrict the accumulation of inbreeding in the breeding population, the use of about 50 sires and 100 dams is recommended.

Estimates of the infrastructure and consumable requirements to initiate and run a selective breeding programme as described in this proposal are given in the tables that follow. From these, costs can be inferred.

#### *Infrastructure requirements needed to initiate a selective breeding programme for tilapias*

Infrastructure	Quantity
<u>Ponds</u>	
Holding and conditioning (2 000 m <sup>2</sup> )	1
Breeding (1 000 m <sup>2</sup> )	1
Rearing (2 000 m <sup>2</sup> )	1
Grow-out (1 000 m <sup>2</sup> )	1
Sewing machine (optional)	1
Water pump	1
Aerator (aquarium size)	5
Counters	2
Weighing balance	1
Computer and printer	1

*The minimum requirement of consumables to initiate and run a selective breeding programme for tilapias for three generations. It is assumed that 100 families of 60 fish each are tested in each generation.*

Consumables	Quantity	Units <sup>1</sup>
<u>Hapa polyethylene nets</u>		
Breeding and nursery	1 800	m
B-net	1 800	m
Hapa hangers <sup>2</sup>	1 000	pcs
Fingerling tags		
PIT tags	18 000	pcs
Applicators	8	pcs
Scanners	6	pcs
Scoop nets	10	pcs
Seine nets	2	pcs
Basins	10	pcs
Anesthetics	200	g

<sup>1</sup> Units: m = metre (100 cm); pcs = pieces; g = gram.

<sup>2</sup> Stakes made of wood or galvanized iron, to which the hapa nets are affixed.

## Annex 4. Genetic Considerations About Effective Dissemination of Improved Fish Strains

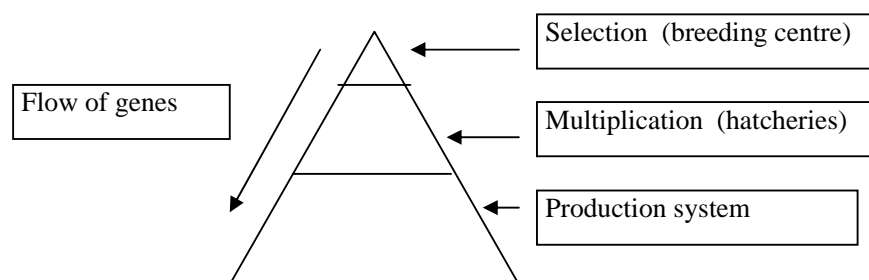
Raul W. Ponzoni

### Introduction

Aquaculture production systems in developing countries are largely based on the use of unimproved species and strains. As knowledge and experience are accumulated in the management, feeding and animal health issues of such production systems, the availability of genetically more productive stock becomes imperative in order to use the resources more effectively. For instance, there is little point in providing ideal water conditions and optimum feed quality to fish that do not have the potential to grow faster and to be harvested in time providing a product of the desired quality. Refinements in the production system and improvement of the stock used must progress hand in hand.

In well-structured animal industries genetic improvement typically takes place in a very small fraction of the population. The genetic improvement achieved in that “elite” of superior animals is multiplied and disseminated to the production systems. The flow of genes is graphically illustrated in Figure 1.

**Figure 1: Flow of genes from the breeding centre to the production system**



Note that throughout this paper I use the term “fish” in a broad sense, to include invertebrate as well as vertebrate aquatic animals. Fish are very well placed, with their high reproductive efficiency, to develop cost-effective structures for the dissemination of genetic gain. The implementation of the genetic improvement programme in a relatively small number of animals can be enough to service a very large population involved in production.

Unfortunately, experience shows that when a successful strain and market for such a strain develop, malpractice often proliferates, facilitated by the very high reproductive rate of fishes, and stock quality deteriorates as a consequence of inbreeding and small population size. There is no simple way out of this, except through the creation of a formal structure, which is not only technically sound, but that also regulates the process and enables the implementation of quality assurance practices. In this paper I outline the genetic considerations that should be made to ensure the delivery of high quality seed to farmers, and I formulate recommendations to this effect.

### **Brood stock management in hatcheries: general situation**

For many cultured fish species hatcheries have been in operation without the existence of a corresponding genetic improvement programme. The bad management of brood stock from a genetic viewpoint has led to the frequently encountered scenario of low and deteriorating performance in hatcheries. This deterioration may be attributed to the combined effect of selection in the wrong direction and to inbreeding (Eknath, 1991). Efforts have been made to explain the genetic basis of the deterioration of stock performance, and to prescribe methods to avoid it. However, when a genetically improved strain is available, the role of hatcheries should not be the “management” of the stock, but rather the rapid multiplication of the latest (most improved) generation of the strain. Here I outline what may be considered to be the ideal method of disseminating an improved fish strain. I also provide guidelines for brood stock management in case the implementation of the “ideal” method was not an option.

### **Ideal brood stock management policy for hatcheries**

Assume that we have an improved strain of demonstrated superior performance relative to other populations of the same species currently used by farmers, and that it is undergoing a continuous programme of genetic improvement. From the point of view of production of high quality seed, the ideal is that hatcheries regularly receive brood stock from the breeding centre where the genetic improvement programme is being implemented, produce seed from it, and replace it when its reproductive efficiency declines or ceases. In this way, hatcheries would be multiplying and distributing to farmers seed from the latest generation of the nucleus in the breeding centre, with the greatest number of generations of selection behind it. They would not be breeding with the purpose of generating their own replacement brood stock.

The required rate of replacement of brood stock would depend on the hatcheries’ individual needs, and it would be related to the wear and tear of brood stock and the anticipated fry output. Because in this scheme hatcheries do not produce their own replacement brood stock, considerations about numbers are of a different nature than when they do. There are, nevertheless, some simple guidelines that should be followed.

Firstly, the number of brood stock in the hatchery at any particular time will have to be consistent with the anticipated output of larvae or fry. This can be easily calculated from the reproductive rate for the hatchery in question. Secondly, steps should be taken to ensure that close relatives are not mated in the hatchery. This can be achieved by supplying, from the breeding centre, brood stock in two groups, say A and B, with the condition that group A is progeny of a different set of parents from group B. If we further impose the condition that in the hatchery males from group A can only be mated with females from group B, and *vice versa*, we eliminate any chance of mating individuals that are full sibs or half sibs. Of course, brood stock could be supplied in more than two groups if that were necessary for some reason.

The brood stock supplied to the hatcheries by the breeding centre would typically consist of individuals that are surplus to the genetic improvement programme, individuals resulting from special matings (in addition to those conducted in the context of the genetic improvement programme) of selected parents, or redundant parents (i.e. already used in the nucleus but no longer required because a new generation is, or will soon be, available). The use of redundant parents by the hatcheries could be very valuable in rapidly disseminating the genes of the best individuals of the improved strain, thus reducing the genetic lag between the nucleus and the production sector.

A change in the perception that hatcheries have to breed their own replacements would benefit the industry as a whole. The achievement of such a change will require education of hatchery managers and the implementation of procedures of certification of hatcheries that join the scheme and are

prepared to follow the necessary protocols. Note that this is the approach that was followed by the GIFT Foundation.

### **Brood stock management guidelines when replacements are bred within the hatchery**

**General:** If an improved strain were made available to hatcheries with no conditions or restrictions on the use of the stock, their multiplication through the reproduction of a limited number of parents of undetermined relatedness to each other would inevitably result in inbreeding and impaired performance. This would have at least two undesirable consequences. Firstly, farmers would not be able to benefit from the genetic gain achieved in the nucleus, as this would have been eroded by inbreeding depression by the time they received fry. Secondly, the poor performance experienced by farmers would give the improved strain a bad reputation, making its dissemination to other farmers more difficult. Given the resources and effort that have been put into the development of an improved strain, this would be a most unfortunate turn of events. Hence, the highly formalized scheme of multiplication by continuous stock replacement advocated and described in earlier paragraphs, and the reservations expressed about the notion of hatcheries producing their own replacement stock.

**Inbreeding:** Inbreeding is the mating together of individuals that are related to each other through having one or more ancestors in common. The offspring of such a mating are inbred to a degree dependent on the closeness of the relationship between their parents. It is the relationship between the parents that makes the offspring inbred. Either or both of the parents may be inbred themselves, but if they are not related to each other the offspring are not inbred. The primary consequence of inbreeding is to reduce the number of individuals that are heterozygous for any one gene pair, and to increase the number that are homozygous. The reduction in the number of heterozygotes and increase in the number of homozygotes can be worked out mathematically and provides a measure of the degree of inbreeding, known as the *coefficient of inbreeding*. The coefficient of inbreeding ranges from 0 percent at the start, to 100 percent when inbreeding is complete.

There are two practical consequences of inbreeding, both of which result from the reduction of heterozygotes and increase of homozygotes. The more obvious of these is the *inbreeding depression*. The animals become generally less healthy and more susceptible to disease, and their reproductive capacity is reduced due to lower reproductive efficiency and survival. This effect of inbreeding follows from the fact that most deleterious genes are recessive. In a non-inbred strain these genes are present mainly in heterozygotes where, being recessive, they do not show in the phenotype. As inbreeding proceeds, however, they appear more and more often in homozygotes where they exert their full deleterious effect on the phenotype. The second practical consequence of inbreeding is to change the amount of genetic variability among the animals. When inbreeding results from a relatively small population size, rather than from deliberate mating of relatives in a large population, the genetic variation becomes smaller, thus reducing the scope for genetic gain from selection.

#### ***Avoiding inbreeding in the hatchery: guidelines***

In this section guidelines aimed at the maintenance of brood stock quality are provided, and a number of practical suggestions are made.

*Effective population size* The effective population size is one of the most important concepts in the management of a population. It depends upon several factors such as total number of breeding individuals, sex ratio, mating system and variance of family size. In a random mating population  $N_e$  is calculated as:

$$N_e = 4 N_f N_m / (N_f + N_m)$$

where,  $N_f$  and  $N_m$  are the number of female and male brood stock, respectively.



The effective population size is inversely related to the rate of inbreeding per generation ( $\Delta F$ ):

$$\Delta F = 1/2N_e$$

We may also write:

$$\Delta F = 1/(8N_f) + 1/(8N_m)$$

The above equations have a number of important practical consequences. Firstly, the effective population size is not the same as the census size. For instance, two populations, one consisting of five males and 15 females, and another one consisting of ten males and ten females, have the same census size, but the effective population sizes are 15 and 20, respectively. Secondly, and following from the calculations just made, for a given census size, the effective population size is maximized when the number of females and males used is the same. Thirdly, if we set an upper limit to the increase of inbreeding per generation, say at 1.0 percent, then we can calculate the effective population size that would be required (i.e. 50). This effective population size could be achieved by mating 25 females with 25 males, assuming that they all leave offspring, and that offspring from all pairs contribute to the next generation. Of course, it could also be achieved in other ways.

These design considerations have to be carefully applied in species such as tilapia. Fessehaye *et al.* (2006) found that in *O. niloticus* under mass spawning in large hapas there was a large variance in male reproductive success, with one third of the males siring more than 70 percent of the offspring. This led to a rate of inbreeding of approximately twice that predicted from the effective population size. In practical terms this would mean that to achieve a given rate of (low) inbreeding one should have a population size double that indicated by theory.

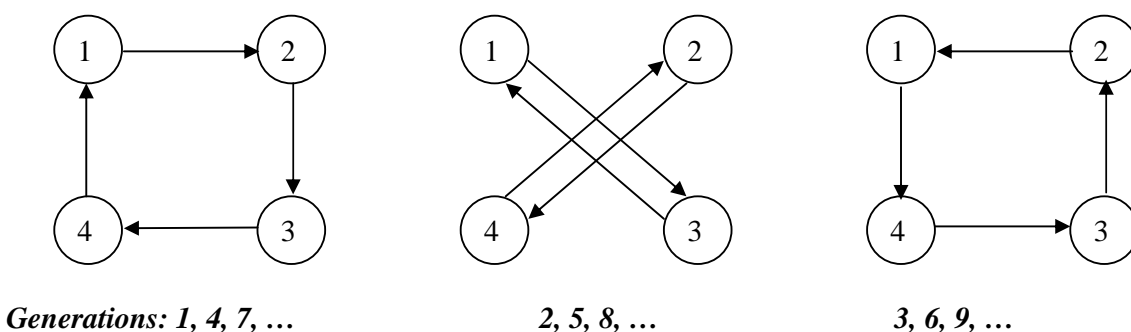
It should be realized that in a closed population of finite size inbreeding will inevitably occur. The fact that the smaller the  $N_e$  the greater rate at which inbreeding will increase has to be kept in mind. If brood stock replacements are produced in the hatchery, the aim of the hatchery manager should be to reduce the rate of inbreeding, by increasing the effective population size. Both private and public hatchery managers will require sound advice and monitoring on this matter, as generally they have limited knowledge about genetic principles and corresponding proper brood stock management. Often, private hatcheries have limited space for brood fish and they are understandably profit oriented. Conflicts can emerge between short-term profit gains and considerations about inbreeding. Preferably, hatcheries undertaking the maintenance of their own brood stock should have a separate unit for that purpose, apart from that producing fish seed for sale.

Practical considerations The following is a list of practical matters to be attended to by hatcheries engaging in the production of their own brood stock replacements. Note, however, that this is no substitute for person to person discussions with hatchery managers, and for ongoing monitoring of the operations.

- Increase the effective population size, as this reduces the rate inbreeding. There is no fixed or ideal number of brood stock that can be universally recommended, but producing offspring from a minimum of 50 pairs of parents in each reproduction cycle is advisable. Repeated use of same brood stock in a way that could result in the mating of parents to their own progeny should be avoided.
- For a given census size, maintaining a ratio of one male to one female among the brood stock will result in the lowest rate of inbreeding.
- Instead of mass breeding, stripping of fish can be adopted, as this will allow greater control of reproduction and of the contribution of parents to the next generation. Also, it may enable the avoidance of matings among close relatives.

- Hatchery managers should have detailed knowledge of their brood stock. For instance, they should maintain records on the location (e.g. pond, tank) where each stock is. Keeping year or age classes separate is useful.
- Marking in some way or fin clipping can be carried out for identification of different groups of brood stock. Even in cases in which the fish cannot be individually identified, keeping different groups will enable the organization of mating in ways that delay the onset of inbreeding, and that result in a more uniform rate of inbreeding in the population than random breeding. Figure 2 shows how mating could be organized with four such groups. This mating system is also known as “cohort mating”. The groups could be year classes or could be nominated by the breeding centre on the basis of parentage. The arrows indicate the transfer of males. The principle is that male progeny are mated with females of a different group from the one in which they were born. The transfer follows the pattern indicated in the diagram. Males are transferred in the directions indicated by the arrows, whereas females stay in the group they were born. The pattern of transfer varies with the generation number. This is a relatively simple mating system, and it can result in considerably less inbreeding than random mating (Nomura and Yonezawa, 1996). Of course, the scheme can work with a greater number of mating groups, and the greater the number of groups, the lower the rate of inbreeding.

**Figure 2: Cyclic mating scheme to avoid inbreeding**



- Periodical (and preferably frequent) introductions of brood stock from improved stock or from hatcheries with a reputation of having good performance should be undertaken. Crossing with the hatchery’s stock will undo any inbreeding and introduce genetic variation. However, the identity of the introduced stock should not be lost, and it should be stocked separately, in readiness for further matings.
- The use of cryopreserved milt can increase the effective population size, and save rearing space that would have to be assigned to male brood stock. Milt should be from improved stock or from males from another hatchery with a reputation of good performance. The use of cryopreserved milt would not only reduce the requirements for rearing space for the males, but would also facilitate transport from one place to another.

### **Concluding remarks**

In order to capitalize on the effort made in the development of an improved strain, its dissemination to farmers must be effective. To this end, the relative sizes of the population sectors involved in selection, multiplication and production should be examined and made consistent with an effective transfer of genetic gain to the production sector.

The implementation of a policy of continuous replacement of brood stock in the hatcheries, from regular supplies made by the breeding centre should be advocated. This will most likely require a process of accreditation of hatcheries that agree to comply with an established protocol of brood

stock replacement and management. The accreditation will ensure the quality of the brood stock used in the hatchery and of the larvae or fingerlings produced. This is the preferred option to be considered in the multiplication and dissemination of an improved strain.

The notion of hatcheries engaging in the production of brood stock should be discouraged. Experience shows that this is likely to result in inbreeding and impaired performance, and lead to an undermining of the improved strain's reputation. One must recognize, nevertheless, that the practice of producing their own brood stock is entrenched in the industry. For that reason guidelines on management to avoid inbreeding and a deterioration of performance were provided in earlier paragraphs.

A lesson to be learned from other (terrestrial) species is that the processes of multiplication and dissemination occur in a more systematic and effective manner when special resources are assigned to the task. It is my perception that at least one person (and preferably two) with background knowledge of animal breeding and of the aquaculture industry in question should be given the responsibility of implementation and of continued supervision of the hatcheries involved. Of course, the person(s) involved should be provided with the necessary operational resources to carry out the task. Relying on existing staff with numerous other responsibilities will reduce the chances of success. The feedback provided by the person(s) involved to the breeding centre on matters related to the genetic improvement programme will be an extremely valuable by-product of the activity.

## References

**Ekmath, A.E. 1991.** Simple brood stock management to control indirect selection and inbreeding: Indian Carp example. NAGA N° 738, pp. 13–14.

**Fessehaye, Y., El-Bialy, Z., Rezk, M.A., Croojimans, R., Bovenhuis, H. & Komen, H. 2006.** Mating systems and male reproductive success in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) in breeding hapas: a microsatellite analysis. *Aquaculture* 256: pp 148–158.

**Nomura, T. & Yonezawa, K. 1996.** A comparison of four systems of group mating for avoiding inbreeding. *Genet. Sel. Evol.* 28: pp 141–159.

## **Annex 5. Economic Evaluation of Genetic Improvement Programmes in Nile Tilapia (*Oreochromis Niloticus*)**

**Raul W. Ponzoni, Nguyen Hong Nguyen, Hooi Ling Khaw**

In terrestrial animal and plant species, genetic improvement programmes have made a substantial contribution to productivity increases and to industry viability. By contrast, most aquaculture stocks in current use in developing countries are genetically similar or inferior to wild, undomesticated counterparts. There is evidence indicating that genetic improvement programmes implemented in aquatic animal species can have the same positive effect they have had in livestock and crops. GIFT (genetically improved farmed tilapia) and Jayanti Rohu are two examples in developing countries. They are improved strains of *Oreochromis niloticus* and *Labeo rohita*, respectively, very appealing and valuable to farmers due to their greater growth and survival rates. However, genetic improvement programmes require an initial investment, as well as recurrent annual expenditure to run them. In view of these costs, government institutions may remain unconvinced about the wisdom to invest in such programmes unless clear benefits to the nation can be confidently anticipated.

Annual responses to selection often look negligible when compared with the gains that may be achieved through expansion, improved nutrition and intensification of the production system. However, response to selection measured in one population does not provide a good measure of the potential impact of genetic gains. With an adequate industry structure, the small but cumulative responses to selection achieved in a nucleus undergoing genetic improvement, can be passed over to a multiplier tier of hatcheries and in turn, from hatcheries to farmers. This potential for expression of small changes in thousands or millions of animals is what makes genetic improvement programmes one of the most powerful and cheapest means of increasing the efficiency of aquaculture.

In this paper we examine the economic benefits of genetic improvement programmes from a national perspective for a broad range of situations. Using Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) as an example, we conclude that even under the most conservative assumptions they are highly beneficial from an economic viewpoint.

The economic benefit derived from a genetic improvement programme with Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) was examined from a national perspective. An industry structure was assumed whereby the genetic improvement programme is conducted in a nucleus which provides brood stock to hatcheries, which in turn produce fry for farmers to grow out to market size. Discounting was used to express all returns and costs in terms of net present value. The economic benefit (discounted returns minus discounted costs, EB) and the benefit/cost ratio (BCR) were studied for a 10-year time horizon. The sensitivity of EB and BCR to a number of factors was examined, namely:

- biological (heritability values, accounting for feed intake);
- economic (initial investment, annual cost, discount rate, price of fish); and
- operational (year when first return occurs, reproductive efficiency).

The risk involved was assessed by studying the anticipated variability in response to selection (and hence in EB and BCR). Heritability values had a moderate effect, whereas it was shown that the cost of increased feed intake as a correlated response to selection for greater growth rate should be considered to avoid gross over-estimations of EB and BCR. Initial investment, annual costs and

choice of discount rate had a relatively small effect on EB and BCR, whereas the effect of the price of fish was substantial. Delays in obtaining the first returns in the programme resulted in reduced EB and BCR. However, the greatest contribution to variations in EB and BCR came from improvements in the reproductive efficiency at the level of both the nucleus and the hatcheries. The risk of programme's failure due to technical reasons was found to be extremely low. We conclude that even under the most conservative assumptions, genetic improvement programmes are highly beneficial from an economic viewpoint, and that for the case studied they could result in EBs ranging from over US\$ 4 million to US\$ 32 million, and corresponding BCRs of 8.5 to 60.

## Annex 6. Towards Hatchery Accreditation Systems in Tilapia Aquaculture in the Volta Basin: A Lesson to Be Learnt from Salmon Farming

Ian Mayer and Emil Ólafsson

### Salmon farming in Norway: a case study

Without doubt, salmon farming in Norway has been the story of an incredible success. Until the early 1980s, it was only a subsistence industry, with no economic importance to Norway as a whole. However, since the early 1980s, aquaculture production from salmon farming increased dramatically, becoming one of the major industries in the country. In 2004, Norway was the ninth-largest fish farming nation and the largest producer of farmed salmon in the world (FAO, 2007).

As for many cultured fish species, including tilapia, salmon farming involves two production phases: juvenile (smolt) production in land-based hatcheries, and then an on-growing phase in sea-cages until they reach 3–5 kgs after one or two years. During 2004 nearly 200 million salmon were being raised in sea cages along the Norwegian coast, with an annual production of nearly 600 000 m.

The dramatic increase in salmon farming over the last two decades has been accompanied by an increase in legislation aimed at controlling/protecting the salmon industry. Legislation is primarily enacted by the **Norwegian Ministry of Fisheries and Coastal Affairs**, while those relating to fish health are enacted by the **Norwegian Food Safety Authority**. Legislation primarily covers the following areas:

- **Licences** (hatcheries and farms)

A salmon farming licence is a permit from the authorities that allows for the farming of salmon under the auspices of the Fish Breeding Act, Fish Disease Act and Pollution Control Act. In addition, applicants are evaluated in relation to the interests of conservation, recreation, fishing and wildlife. An applicant must fulfil all the regulations set out by the Act of 17 June 2005 no.79 (The Aquaculture Act).

- **Regulations on import, export and movement of fish** (hatcheries and farms)

These regulations are specifically aimed at controlling the spread of diseases through the movement of fish stocks. Transport documents must include a health statement that the fish satisfy the requirements of the European Council Directive 91/67/EEC, covering the health conditions of aquaculture animals. (*Act of 4 July 1991 no. 509, Act of 20 Dec 1997 no. 19, Act of 31 Dec 1998 no. 1484, Act of 30 May 2003 no. 661*)

- **Regulations on disinfection** (hatcheries)

These regulations relate to the cleaning and disinfection of aquaculture sites, and to the disinfection of intake water and effluent water from aquaculture-related operations. (*Act of 20 Feb 1997 no. 194, Act of 20 Feb 1997 no. 192*)

- **Regulations concerning disease and product quality** (hatcheries and farms)

These regulations are implemented by the Norwegian Food Safety Authority, and are covered by the following legislation (*Act of 22 Dec 2004 no. 1785 Disease Control Act*). The relatively strict regulations provide guidelines for monitoring the health and welfare of salmon and trout, and also for water quality and other environmental factors. Health inspections have to be performed by authorized veterinarians belonging to the Norwegian Food Safety Authority. Broodstock and juvenile fish (hatcheries) have to be given a minimum of 12 health inspections a year. Larger fish for food production (salmon farms) have to be given a minimum of six health inspections a year.

## Environmental considerations

### Direct effects

- **Organic waste**

Intensive salmon farming results in high levels of organic waste production, both particulate organic matter (uneaten feed and faeces) and nutrients (N/P). The environmental impact of these waste discharges can be reduced if the locality salmon farm is properly chosen (deep water and strong currents). As such, an operating licence will only be issued if these conditions have been satisfactorily met.

- **Chemical contaminants**

*Pesticides* – presently the main use of pesticides in the Norwegian salmon industry is for the control of sea lice infestations. There is environmental concern due to their acute toxicity and long half-life.

*Heavy metals* – copper (as Cu<sub>2</sub>O) is used as an anti-fouling agent on salmon sea cages. Nearly 250 mt of copper were used in 2004, of which 80–90% was released into the marine environment. Copper is highly toxic to aquatic organisms.

*Antibiotics* – due to improved management practices and more so due to the development of specific salmon vaccines, the quantity of antibiotics used in the Norwegian salmon industry has decreased dramatically since the 1990s.

### Indirect effects

- **Impact of escape salmon – interactions with wild fish**

To date, the greatest environmental concern regarding the large numbers of escape salmon is possible genetic introgression between these fish and wild stocks. These concerns centre on:

- Farmed Atlantic salmon, through extensive selective breeding programmes, are genetically distinct from wild populations.
- Currently, over 70% of all eggs used in Norwegian salmon farms and half the eggs used elsewhere in the world derive from the descendents of no more than two wild populations of Norwegian Atlantic salmon.

Thus, escaped farmed Atlantic salmon have the potential to alter the genetic make-up and diversity within and between wild salmon populations. The maintenance of adequate levels of genetic variation, both within and between populations, is essential for the long-term sustainability and evolutionary potential of a population. The introduction of different forms of genes from farmed to wild salmon (genetic introgression) will reduce the genetic heterogeneity both within and between wild populations because farmed salmon have less genetic variability and only a few strains are in widespread use. There is evidence that localized, genetically distinct populations of Atlantic salmon exist in Norway. Loss of this genetic heterogeneity will reduce the adaptive potential of this population. Introgression will reduce the genetic variability in wild populations leading to inbreeding depression. There is evidence that this may result in changes in gene frequencies in wild populations and negative consequences for the well-being of wild fish populations (e.g. McGinnity *et al.*, 2003; Hindar *et al.*, 2006; Roberge *et al.*, 2006).

In order to determine the environmental impact of genetic introgression between farmed and wild Atlantic salmon, McGinnity *et al.* (1997) undertook a breeding experiment in a natural spawning tributary on the west coast of Ireland. Following the cross-spawning of different salmon groups, McGinnity *et al.* (1997) were able to compare the performance of wild, farmed and hybrid salmon progeny. The results showed that while farmed salmon were

more aggressive and grew faster, the wild fish showed a greater tendency to migrate as smolts and had a greater lifetime success (fitness). These results clearly indicate that escaped farmed Atlantic salmon can produce long-term genetic changes in natural populations of wild salmon, leading to a reduction in fitness and productivity. Several other studies have shown similar results and concluded that the number of salmon escapees needs to be kept to a minimum in order to protect wild populations (e.g. McGinnity *et al.*, 2003; Hindar *et al.*, 2006).

To protect native Atlantic Salmon, several nations, including Norway, have put in force regulations that aim at reducing the amount of escapees from farms (e.g. by regulating cage structures, by enforcing site specific contingency plans and notification of escapees) or protecting wild populations by keeping farms at a safe distance from salmon rivers (Porters, 2005).

### **Towards a hatchery accreditation system of Nile tilapia**

Similar to the success story of the salmon industry in Norway the aquaculture of tilapia, primarily in Asia, has seen a major upsurge in the last 20 years and tilapias are now the second most cultured fish species in the world. One of the main reasons for this success is the selective breeding programmes carried out in Asia which have resulted in stocks that are faster growing and reach much larger sizes than their wild counterparts. Still, opposite to the relatively strict legislation concerning the salmon industry there seems to be no legalized hatchery accreditation systems operating in the tilapia industry world wide. In recent years, however, several aquaculture organizations and various consortiums have called upon governmental certification systems for hatcheries and farms of tilapia. Perhaps the main reason for the lack of such systems is the complexity of the components to be agreed upon. An array of legal experts, biologists, environmentalists, engineers, producers and governmental authorities are needed to sketch up a comprehensive plan concerning rules to be implemented.

### **References**

- FAO, 2007.** The state of the World Fisheries and Aquaculture 2006. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- Hindar, K., Fleming, I.A., McGinnity, P., et al. 2006.** Genetic and ecological effects of salmon farming on wild salmon: modelling from experimental results, *ICES Journal of Marine Science* 63 (7), Aug 2006: pp. 1234–1247.
- McGinnity, P., Stone, C., Taggart, J. B., et al. 1997.** Genetic impact of escaped farmed Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) on native populations: use of DNA profiling to assess freshwater performance of wild, farmed, and hybrid progeny in a natural river environment, *ICES Journal of Marine Science* 54 (6), Dec 1997: pp 998–1008.
- McGinnity, P., Prodohl, P., Ferguson, K. et al. 2003.** Fitness reduction and potential extinction of wild populations of Atlantic salmon, *Salmo salar*, as a result of interactions with escaped farm salmon. Proceedings of the Royal Society of London. Series B. Biological Sciences 270: pp 2443–2450.
- Porters, G. 2005.** Protecting wild Atlantic salmon from impact of salmon aquaculture: A country-by-country progress report 2<sup>nd</sup> Edition. Published jointly by World Wildlife Foundation and Atlantic Salmon Federations 57 pp (copies available: [www.asf.ca](http://www.asf.ca) and [worldwildlife.org](http://worldwildlife.org)).
- Roberge, C., Einum, S., Guderley, H. & Bernatchez, L. 2006.** Rapid parallel evolutionary changes of gene transcription profiles in farmed Atlantic salmon. *Molecular Ecology* 15: pp 9–20.



# INTRODUCTION DES PROGRAMMES DE GESTION DES RESSOURCES GENETIQUES HALIEUTIQUES ET DE DISSEMINATION DES SEMENCES EN AFRIQUE: ADAPTATION DES PRINCIPES DE LA REPRODUCTION SÉLECTIVE À L'AMÉLIORATION DE L'AQUACULTURE DANS LE BASSIN DU VOLTA ET LES ZONES ENVIRONNANTES

## RÉSUMÉ

Ce résumé est la synthèse des documents de base présentés et des délibérations de l'atelier.

Au fur et à mesure que l'aquaculture évolue en Afrique l'amélioration des espèces cibles devient un outil important pour l'accroissement des rendements, de l'efficacité et des profits comme c'est le cas dans le secteur de la production animale. Cependant, ces organismes améliorés doivent être utilisés de manière responsable en tenant compte de la conservation de la biodiversité et de l'impact de cet usage sur l'environnement.

Les participants à cet atelier ont donné des détails sur quelques aspects d'un plan de développement, d'utilisation et de dissémination du tilapia du Nil génétiquement amélioré dans le Bassin du Volta et dans les zones environnantes. Le plan devrait servir de base pour un programme sous-régional d'utilisation du tilapia génétiquement amélioré et de conservation des ressources génétiques dans les six pays riverains. Ce plan comprendra une approche intégrée pour la culture des poissons génétiquement modifiés et servira de base pour une assistance externe destinée à la mise en œuvre initiale du programme.

Le plan aura cinq composantes: (i) un cadre pratique pour le développement, l'usage et la gestion des espèces génétiquement améliorées; (ii) les principaux éléments des accords pour l'échange des semences améliorées dans le Bassin du Volta, y compris un modèle d'accord sur le transfert de matériel au sein du bassin; (iii) les mesures de conservation, de caractérisation ainsi que les composantes des évaluations de l'impact environnemental (EIE); (iv) la description des méthodes pour les programmes de reproduction sélective et des mécanismes de distribution des semences; et (v) des propositions pour l'habilitation des éclosiers en vue d'assurer que les producteurs ont accès à des semences de haute qualité.

Le cadre de mise en œuvre du plan en vertu des dispositions des conventions et accords internationaux exigera une action simultanée suivant trois axes. a) Sur le plan **institutionnel**, il s'agira d'harmoniser les politiques, les règles et les codes nationaux, les protocoles de suivi et de conservation ainsi que d'autres principes sur toute l'étendue du Bassin afin de mettre au point une procédure cohérente et pratique pour le développement et le déplacement des matériels génétiques ainsi que la création des cartes de la diversité du tilapia du Nil au sein du Bassin. b) Sur le plan **technique**, il s'agira de créer initialement un nombre limité de stations pilotes régionales de reproduction et de conservation et de développer la capacité des unités satellites de multiplication des semences; c) sur le plan **opérationnel**, il s'agira de mettre au point des circuits efficaces de distribution ainsi que des méthodologies pour identifier et établir des zones de conservation ainsi que des zones à forte potentialité d'aquaculture.

Les discussions sur les principaux thèmes de l'atelier sont résumées comme suit:

## **Thème I: ÉLÉMENTS D'UN ACCORD POUR L'ÉCHANGE DE GERMLASM AQUATIQUE DANS LE BASSIN DU VOLTA**

L'échange du germplasm aquatique au sein du Bassin du Volta serait nécessaire pour le développement et une amélioration plus poussée du secteur de l'aquaculture dans la région. Cependant, un accord entre les organismes de réglementation et les utilisateurs du germplasm du tilapia est un préalable en vue de réalisation des objectifs de gestion et de développement de l'aquaculture et de la réduction des impacts négatifs provenant de l'introduction, du transfert et de l'utilisation ultérieure du germplasm du tilapia.

Ces éléments doivent être harmonisés au sein du bassin avant l'introduction du germplasm du tilapia.

Les parties qui vont conclure cet accord doivent respecter les dispositions pertinentes du Code de Conduite pour une Pêche Responsable de la FAO, de la Convention sur la Diversité Biologique et d'autres mécanismes internationaux. L'accord peut couvrir, entre autres, les éléments spécifiques suivants:

- le respect des Codes de pratique et les Principes directeurs tels que le ICES/EIFAC
- l'élaboration des Accords de Transfert de Matériel (ATM) afin de définir les conditions d'échange du germplasm
- des centres d'élevage habilités – voir Thème IV
- la distribution du tilapia amélioré uniquement aux centres de d'élevage approuvés qui se trouvent sur des sites appropriés
- l'élaboration des programmes de suivi, d'évaluation et présentation de rapport
- la création d'un forum de consultation avec d'autres pays et institutions lors de l'introduction ou de l'échange du germplasm du tilapia.

Il est préférable d'avoir une approche au niveau du bassin pour l'échange du germplasm, ce qui exige une coopération des pays et si nécessaire de l'assistance étrangère.

## **Thème II: ÉVALUATION DE L'IMPACT ENVIRONNEMENTAL (EIE) ET CONSERVATION DES RESSOURCES GENETIQUES HALIEUTIQUES (RGH)**

Les introductions et les transferts des espèces de poisson non indigènes et de génotypes améliorés, y compris le tilapia génétiquement amélioré peuvent avoir des effets négatifs sur les ressources génétiques halieutiques (RGH) et d'autres aspects de la biodiversité et doivent donc faire l'objet d'une évaluation préalable. Les évaluations de l'impact environnemental sont pour la plupart utilisées à cette fin. Dans les pays du Bassin du Volta, les EIE sont effectuées par une agence publique de protection de l'environnement ou des organismes équivalents en consultation avec le ministère de l'agriculture, de la pêche et de l'élevage qui donne son approbation pour l'exécution des projets. On utilise souvent l'approche de précaution ou une approche fondée sur l'examen de chaque cas. Cette approche n'est pas toujours efficace en raison du manque de critères standardisés et de principes directeurs pour l'évaluation des impacts génétiques. Les principes directeurs de la FAO sur les RGH prévus pour étayer le Code de Conduite pour une pêche responsable, et les principes directeurs de WorldFish Center relatifs au poisson transgénique peuvent combler cette lacune. Les pays du Bassin du Volta peuvent tirer des avantages en échangeant leurs expériences d'EIE en matière de transfert et d'introduction des espèces de poisson.

La conservation des RGH est essentielle pour les programmes de reproduction qui assurent la rentabilité et la viabilité de l'aquaculture mais on n'accorde pas encore la priorité à ce secteur en matière d'élaboration des politiques, de planification et d'allocation des ressources. Dans les pays

du Bassin du Volta, la conservation des RGH relève avant tout de la responsabilité de l'état avec l'appui des universités, des ONG, des organisations communautaires locales et du secteur privé. Une approche participative est importante. La caractérisation des RGH du Bassin du Volta surtout celles du tilapia doit s'achever afin d'identifier les RGH importantes et menacées d'extinction et procéder à une conservation *in situ* et *et al.* Les opportunités de conservation des RGH sauvages *in situ* dans le Bassin du Volta, dans les réserves naturelles, dans les sites sacrés et d'autres zone protégées, y compris les sites Ramsar, ne sont pas encore complètement documentées. La conservation ex-situ des RGH dans le Bassin du Volta n'est pas encore planifiée ou soutenue de manière adéquate et est actuellement limitée aux populations de poissons qui sont gardés dans les installations de recherche des gouvernements et des universités. Compte tenu des propositions d'introduction du tilapia du Nil génétiquement amélioré comme le GIFT dans le Bassin du Volta, il devient de plus en plus urgent de documenter le statut des ressources génétiques du tilapia, et de prendre des mesures de planification et de mise en œuvre de leur conservation. Le jumelage du développement de l'aquaculture avec la conservation des RGH peut être mutuellement bénéfique.

### **Thème III: PLANIFICATION DE LA CULTURE ET DISSÉMINATION DES SEMENCES DU TILAPIA DU NIL DANS LE BASSIN DU VOLTA**

Un programme d'amélioration génétique bien conçu doit prendre en compte de manière détaillée les éléments suivants:

- description ou développement des systèmes de production;
- choix des espèces, des souches et des systèmes de reproduction;
- formulation des objectifs de reproduction;
- élaboration des critères de sélection;
- conception d'un système d'évaluation génétique;
- sélection des animaux et du système de croisement;
- suivi et comparaison des programmes alternatifs; et
- conception du système d'expansion et de dissémination du stock amélioré.

L'expérience avec le tilapia du Nil et d'autres espèces montre que l'amélioration génétique peut entraîner un taux d'accroissement de 15% par génération au niveau des programmes bien gérés. L'intervalle entre les générations doit être 9 à 12 mois en vue d'avoir au moins une génération par an.

Les travaux de développement d'une souche améliorée à partir du tilapia local ont commencé à Akosombo en 2001. Les échantillons de poisson ont été prélevés dans trois différentes zones écologiques du système du Volta au Ghana – Nawuni, Yeji and Kpandu ainsi que parmi l'espèce locale domestiquée qui était alors disponibles au Centre de Recherche d'Akosombo. Ces quatre populations ont été utilisées dans le cadre d'un croisement diallèle pour constituer la population de base pour le programme de sélection. Deux générations de sélection ont déjà eu lieu.

La procédure de sélection implique l'élevage d'un mâle et deux femelles dans un happe pour produire les familles de pleins frères ou sœurs ou des familles de demi frères ou sœurs. Les alevins à la surface de l'eau sont recueillis dans les hapes chaque semaine et transférés à une densité de stockage standardisé dans des hapes d'alevinage. Après trois ou quatre semaines dans les hapes d'alevinage, ils sont ensuite individuellement marqués avec des marques PIT suivant la méthode mise au point par le Projet GIFT. Après le marquage les familles de pleins frères ou sœurs sont stockés dans un système d'étang et soumis à une alimentation artificielle.

L'introduction de GIFT du WorldFish Center est une option potentiellement utile, étant donné que cette espèce a une potentialité de croissance élevée, et plusieurs autres attributs souhaitables (taux

de survie élevé et chair d'une bonne qualité). Il y aura une comparaison de la performance de la lignée améliorée d'Akosombo avec celle de GIFT et un croisement des deux souches sera effectué afin d'indiquer la meilleure méthode à suivre ultérieurement.

L'amélioration génétique a lieu généralement dans une très petite fraction de la population qui sert de base à la production de la génération suivante des semences améliorées. Cela se déroule souvent dans un centre d'élevage. L'amélioration génétique réalisée dans le Centre de Reproduction est multipliée et disséminée aux systèmes de production.

Étant donné que les poissons possèdent un taux de fécondité élevé, il est relativement facile de développer des structures d'un bon rapport coût – efficacité pour la dissémination des gains génétiques. La mise en œuvre du programme d'amélioration génétique chez un nombre d'animaux relativement restreint peut suffire à servir un grand secteur de production.

Pour maximiser les avantages du programme d'élevage, l'amélioration génétique doit atteindre la section de production sans retarder. La dissémination des semences améliorées sera basée sur la multiplication de stocks de géniteurs améliorés à un niveau intermédiaire (écloseries publiques et/ou privées,). Par ailleurs, après l'achèvement de la production des familles de pleins frères ou sœurs et demi sœurs ou frères pour le programme d'amélioration génétique, les parents sélectionnés peuvent être utilisés pour la production en masse des semences.

L'atelier reconnaît l'avantage de concentrer ce travail initialement au niveau d'un nombre limité de stations et par la suite l'étendre à d'autres pays et stations. Cependant, les écloseries de multiplication pourront être mis sur pied, les zones de conservation identifiées et protégées et le tilapia génétiquement amélioré pourra être distribué.

#### **Theme IV: HABILITATION DES ÉCLOSERIES**

L'objectif principal de la mise au point d'un système d'habilitation en faveur des écloseries est **d'assurer** la qualité génétique des alevins fournis par les écloseries afin de sauvegarder les ressources génétiques du tilapia indigène. L'atelier a fait les recommandations suivantes:

- Pour obtenir des semences améliorées, les opérateurs d'écloserie intéressés doivent faire une demande d'habilitation auprès des centres d'élevage. La demande sera examinée en fonction d'un ensemble de critères.
- Les écloseries qui font l'objet d'examen aux fins d'habilitation doivent être bien gérées et doivent suivre les bonnes pratiques d'aquaculture
- Un système de documentation efficace des stocks de géniteurs ou de fretins fournis aux écloseries doit être mis au point.
- Les stocks de géniteurs seront fournis par les centres de reproduction aux écloseries habilitées conformément à un protocole convenu et remplacés en conséquence
- Un système de suivi de la distribution des alevins par les écloseries habilitées aux producteurs doit être mis en œuvre.
- Le statut d'habilitation des écloseries doit faire l'objet des examens réguliers.

## INTRODUCTION

La nécessité d'utiliser des espèces de tilapia améliorées aux fins d'aquaculture est largement identifiée comme une contrainte majeure au développement du secteur. La concurrence avec les producteurs asiatiques, en particulier, empêche la vente du poisson africain sur le marché international et réduit les marges de bénéfice sur quelques marchés régionaux. Les espèces améliorées peuvent permettre de doubler la production à court terme avec des avantages importants en matière de profits et d'emploi dans les communautés riveraines. Cependant, une simple introduction d'une nouvelle espèce de tilapia ne pourrait pas résoudre le problème et pourrait poser des dangers environnementaux si cette introduction n'est gérée avec prudence.

Les écloséries africaines ne sont pas actuellement en mesure de gérer de manière satisfaisante les espèces améliorées. Il est nécessaire d'élaborer un code de bonnes pratiques de gestion qui permettra aux gouvernements d'habiliter les écloséries afin de certifier qu'elles sont bien équipées à maintenir la qualité génétique et à minimiser les risques de contamination croisée entre les stocks améliorés et les populations sauvages.

Le transfert du poisson d'un pays à l'autre pose des problèmes compte tenu des règlements nationaux et internationaux et empêche l'usage des espèces améliorées dans le Bassin du Volta. Étant donné que les risques d'introduction d'un poisson amélioré dans le Bassin seront partagés, les pays concernés doivent également bénéficier des avantages.

Il existe une gamme d'options en matière de reproduction sélective et d'habilitation qui sont mis au point dans les principaux pays d'aquaculture en Asie. Il faudra tirer meilleur des leçons tirées des efforts passés destinés à assurer que les meilleures espèces sont mises à la disposition des producteurs qualifiés avant un plan aux fins d'adaptation dans le Bassin du Volta.

Il pourrait y avoir des risques environnementaux associés à l'usage et à la fuite accidentelle des lignées améliorées de poisson d'aquaculture vers le monde sauvage (introgression génétique). Les bonnes pratiques de gestion en vue du contrôle et de conduite d'évaluation d'impact environnemental doivent être énoncées et mises en œuvre en marge de l'exécution de tout programme d'amélioration génétique.

## L'ATELIER

Pour aborder ces problèmes et mettre au point les protocoles nécessaires à la mise en œuvre d'un programme d'amélioration génétique du tilapia du Nil (*Oreochromis niloticus*) dans le Bassin du Volta et ailleurs, un groupe d'experts internationaux a été réuni pour travailler avec les agences responsables de la pêche, de l'environnement et d'élaboration de politique dans les six pays riverains ((Ghana, Côte d'Ivoire, Mali, Burkina Faso, Togo, Bénin). La liste des participants est ci-jointe en annexe A, l'ordre du jour en annexe B et le sommaire sur la situation de l'aquaculture dans le Bassin du Volta en annexe C. L'objectif de l'atelier était d'élaborer un *Plan de mise en œuvre pour l'usage et la dissémination du tilapia du Nil génétiquement amélioré dans le Bassin du Volta et dans les zones environnantes*.

L'atelier a été organisé autour des thèmes suivants:

- Accord international sur le mouvement du germplasm amélioré;
- EIE et plan de conservation des ressources génétiques;
- Programme de reproduction sélective;
- Habilitation des écloséries.

Les sections suivantes représentent les résultats de l'atelier, les rapports sur les quatre sessions thématiques qui traitent des questions critiques relatives à l'usage et à la dissémination des organismes améliorés de culture.

## **Theme I: Eléments d'un Accord sur l'Échange de Germplasm Aquatique au Sein du Bassin du Volta**

### **Introduction**

Une brève présentation sur la nécessité et les éléments potentiels d'un accord sur l'échange des ressources génétiques améliorées du tilapia au sein du bassin a été présentée à l'atelier. Les participants ont reconnu que l'échange des animaux et des plantes génétiquement améliorés parmi les pays est à base du développement de l'agriculture depuis des millénaires. De même, l'échange du germplasm aquatique au sein du Bassin du Volta sera nécessaire au développement et à une amélioration plus poussée du secteur de l'aquaculture dans la région. Cependant, contrairement au secteur de l'agriculture où les parentés sauvages des espèces cultivées n'existent plus, celles du tilapia existent encore. Ces parentés sauvages peuvent renfermer des ressources génétiques inestimables qui ne doivent pas être menacées par un mouvement et un usage inappropriés du tilapia génétiquement amélioré.

L'atelier a décidé que le but de ces éléments est de réaliser les objectifs désirés de la gestion et du développement de l'aquaculture et réduire la probabilité des impacts négatifs provenant du mouvement et de l'usage du germplasm du tilapia.

L'atelier a noté que ces éléments représentent un accord entre les agences de réglementation gouvernementales et les usagers (par exemple, les fermes piscicoles et d'autres entreprises qui veulent importer du tilapia) auquel sera soumis le tilapia génétiquement amélioré et d'autres génotypes qu'on ne retrouve pas naturellement dans le Bassin du Volta. Ces éléments sont applicables aux mouvements au sein du pays du tilapia génétiquement amélioré et d'autres génotypes qui ne sont disponibles dans le Bassin.

### **Les éléments d'un accord**

Il s'agit des éléments généraux qui, suivant les recommandations de l'atelier, doivent être pris en compte lors de l'introduction du germplasm du tilapia dans le Bassin du Volta. Lorsque des demandes spécifiques d'introduction du tilapia sont faites, ces éléments doivent servir de base pour le développement des actions, des accords ou des règlements plus précis. Ces éléments doivent être harmonisés dans le Bassin avant l'introduction du germplasm du tilapia.

### **1. Principes généraux**

Les parties qui concluront cet accord doivent respecter les articles pertinents du Code de Conduite de la FAO pour une Pêche Responsable (CCPR), de la Convention sur la Biodiversité Biologique (CDB), la Convention Ramsar et d'autres principes directeurs et mécanismes acceptés sur le plan international, par exemple, les principes convenus par le Réseau International pour la Génétique dans l'Aquaculture (INGA) (Annexe ATM; présent volume de Bartley).

## 2. Eléments spécifiques

**Code de pratique et Principes directeurs** – Le CCPR recommande l’application du Code de pratique ICES/EIFAC sur l’Introduction et l’Usage des Organismes Génétiquement Modifiés. Le Code prévoit que:

- une évaluation de l’impact environnemental soit effectuée;
- une introduction pilote suivant la discrétion des pays ou des importateurs soit mis au point et suivi;
- un groupe consultatif au sein du bassin chargé l’harmonisation de l’application du code et de l’examen des demandes spécifiques d’échange de tilapia soit constitué.

**Accord de transfert de matériel (ATM)** – Le réseau INGA et d’autres organismes exigent que des accords soit élaborés pour définir les conditions d’échange du germplasm. Un ATM général est ci-jointe en annexe, cependant, il faudra formuler des ATM spécifiques pour chaque cas afin de répondre aux demandes spécifiques. Il faudra également suivre la partie récipiendaire en vue d’assurer le respect de l’ATM et des mesures correctives, y compris des poursuites judiciaires, doivent être prises en cas de rupture.

**Fermes habilités** – Voir Thème IV.

**Localisation approuvée et approprié** – Les fermes piscicoles ou les écloséries qui reçoivent le tilapia génétiquement amélioré doivent être situées dans de zones spécialement délimitées pour l’aquaculture. Les fermes doivent fonctionner dans un cadre juridique et respecter toutes les lois nationales pertinentes. Il faudra également veiller à ce que les fermes ne soient pas situées dans des zones de conservation ou sur des voies d’eau qui sont reliées aux zones de conservation.

**Suivi, évaluation et présentation des rapports** – Les fermes piscicole ou écloséries qui reçoivent le tilapia génétiquement amélioré ou d’autres espèces exotiques de tilapia doivent convenir de suivre la performance du nouveau stock, pour ce qui concerne la réalisation des objectifs de production et de transmettre cette informations aux institutions responsables des données nationales sur la pêche. Les fermes piscicoles doivent également notifier l’office concerné en cas de distribution ultérieur du tilapia amélioré. Il incombe à l’industrie aquacole et à chaque ferme piscicole de pratiquer l’autorégulation dans les domaines de suivi et d’élaboration des rapports. L’atelier a noté que des principes directeurs à cet effet étaient nécessaires.

**Consulter** – Informer d’autres pays lorsqu’il y a introduction ou échange du germplasm de tilapia. Les codes CCPR et ICES/EIFAC exigent que les pays dans la région qui font une introduction notifient les autres pays de la région. Il y a des institutions dans le Bassin du Volta (par exemple l’autorité du Bassin du Volta CEDEAO) qui pourrait servir de forum approprié pour une telle notification et surtout pour des discussions informées.

**Capacité** – L’atelier a reconnu que la capacité à mettre en œuvre ces éléments varie d’un pays à l’autre dans le Bassin du Volta. Cependant, il importe d’avoir au niveau du bassin une approche commune pour l’échange de germplasm et une coopération parmi les pays. Par conséquent, il est raisonnable que l’on recherche l’assistance externe en vue rehausser la capacité des pays à un niveau qui permettra une collaboration régionale et une mise en œuvre efficaces de ces éléments.

## **Thème II: Évaluation de l'impact Environnemental et Planification de la Conservation des Ressources Génétiques**

### **Introduction**

La session a commencé avec une discussion générale sur les évaluations d'impact environnemental (EIE) et leur pertinence dans la planification et la mise en œuvre des mesures de conservation des ressources halieutiques génétiques (RGH). Il a été reconnu que l'introduction et le transfert parmi les cours d'eau dans les pays du Bassin du Volta des espèces et génotypes de poisson exotiques, y compris le tilapia amélioré aux fins d'aquaculture peuvent avoir des impacts négatifs sur les ressources génétiques halieutiques sauvages et cultivées (RGH) et d'autre biodiversité. Ces introductions et transferts exigent donc une évaluation préalable approfondie. Il est également reconnu que les EIE dans le cadre des introductions et transferts de poisson font intégralement partie de la conservation des RGH *in situ* et *ex situ* mais le caractère à court terme de nombreuses EIE et du suivi ultérieur des impacts ont jusqu'à présent limité le niveau d'intégration de ces deux activités. Le jumelage du développement de l'aquaculture et la conservation des RGH grâce au co-financement peut améliorer cette situation.

### **Évaluation de l'impact environnemental**

Il a été noté que les EIE ont depuis longtemps servi d'outil efficace dans le cadre de la protection de l'environnement contre les effets néfastes de nombreux types d'interventions et que la FAO était en train d'évaluer les risques associés à l'aquaculture<sup>6</sup>, les expériences mondiale dans le domaine des EIE et les EIE en Afrique bien que les poissons exotiques et leurs impacts génétiques ne soient pas particulièrement pris en compte.

Les principales préoccupations identifiées au niveau des introductions et des transferts sont notamment le déplacement et la concurrence avec les populations existantes de poissons, l'altération de leurs habitats, la propagation des maladies et, dans le contexte de cet ateliers, les impacts génétiques en particulier. Les impacts des introductions et des transferts des poissons cultivés sur des types spécifiques et d'autres parentés sauvages en Afrique n'ont pas encore été soumis à des recherches approfondies

Il y a eu des discussions sur les limites des EIE structurées de manière à faire ressortir la portée de ces limites:

- les EIE se focalisent souvent sur les interventions proposées alors que d'autres les points de référence dans les écosystèmes changent constamment;
- elles constituent la fonction d'une Agence de Protection de l'Environnement (APE) ou organisme équivalent;
- elles sont parfois faites à la hâte et simplistes;
- elles sont parfois ignorées;
- elles se focalisent sur les impacts négatifs et ne tiennent pas compte des aspects positifs;
- elles sont difficiles à réaliser quant il s'agit des impacts sur la biodiversité (par exemple, les populations de poissons cultivés et de types sauvages et les écosystèmes);
- elles ne fournissent pas de réponses aux questions relatives aux impacts génétiques sur les poissons sauvages et/ou cultivés.

Les principaux points issus des discussions sont les suivantes:

- Les EIA ont un rôle important à jouer dans l'évaluation préalable des introductions et des transferts de poissons pourvu que les points de référence de précaution soient identifiés. Les

---

<sup>6</sup> L'Atelier FAO/NACA sur la compréhension et l'application de l'analyse des risques à l'aquaculture prévu pour le 8 au 11 juin 2007.



EIE sont également utilisées aux fins de l'expansion proposée de l'aquaculture; par exemple, au Ghana, il y a eu des EIE avant l'introduction de la culture du tilapia en cage dans les zones approuvées du Lac Volta.

- Dans les pays du Bassin du Volta, les EIE sont effectuées par les agences publiques de protection de l'environnement ou une institution équivalente en collaboration avec les ministères de l'agriculture, la pêche et l'élevage qui refuse ou donne alors son approbation pour l'activité concernée tout en pesant les risques potentiels et les avantages économiques et sociales possibles. L'approche utilisée est l'approche de précaution et celui du cas par cas. Ces approches n'ont pas été toujours efficaces en cas d'introduction et de transfert de poisson. Par exemple, au Ghana, les autorités ont interdit à une ferme privée de poursuivre la culture du tilapia du Nil génétiquement amélioré qui a été importé avec permission mais la culture à l'échelle a été désapprouvée par la suite.
- Les ressources destinées à la conduite des EIE et les suivis ultérieurs sont souvent limités et le temps disponible pour leur achèvement est également insuffisant. Par exemple, au Ghana, la durée maximale de temps consacrée à l'achèvement d'une EIE est 90 jours, bien que des demandes d'information entraînent souvent la prolongation de cette période.
- Les EIE relatives aux impacts génétiques sur les poissons sauvages et/ou cultivés sont entravées par le manque de critères et de principes directeurs normalisés pour l'évaluation des impacts génétiques. Il est important de faire avancer les moyens modernes d'évaluation de ces impacts du niveau des recherches où elle se trouve dans la plupart des pays à des méthodes standard convenues au plan international, avec la capacité à les mettre en œuvre. En 2007/2008, deux publications vont faciliter ce processus: (1) les nouveaux principes directeurs sur les RGH qui aborderont les méthodes d'évaluation des risques génétiques, seront publiés par la FAO en appui au Code de Conduite pour une Pêche Responsable; (2) la publication des Principes Directeurs de WorldFish Center, qui se trouvent en phase d'impression, porte sur à l'usage du poisson transgénique et quelques aspects d'une gamme élargie de génotypes exotiques.<sup>7</sup>
- Les pays du Bassin du Volta peuvent bénéficier en faisant du réseautage et en partageant leurs expériences dans le domaines des EIE relatives à l'introduction et au transfert des poissons afin de mettre au point des mesures harmonisées au niveau du Bassin. Le Réseau International sur la Génétique en Aquaculture (INGA, voir [www.worldfishcenter.org](http://www.worldfishcenter.org) peut servir de source d'orientation utile. La Côte d'Ivoire et le Ghana sont des membres de longue date de INGA et le WorldFish Center est le Membre d'INGA chargé de la Coordination. Cependant, INGA ne dispose pas actuellement de fonds pour entreprendre des activités supplémentaires.
- Il existe très peu d'installations dans les pays du Bassin du Volta pour la quarantaine des poissons introduits et distribués aux fins d'aquaculture. L'approche générale est de dépendre totalement des fournisseurs des nouvelles espèces introduites pour certifier leur état de santé et de décourager ou interdire les importations des poissons vivants, exception faite au commerce des aquariums. A titre d'exemple, le Ghana interdit l'importation de tout poisson vivant, à l'exception du poisson d'ornement et n'exige pas de quarantaine pour ce type de poisson. Le Togo n'a jamais autorisé l'importation des poissons vivants. Il faudra prendre en compte les besoins de quarantaine des poissons et améliorer la capacité afin d'assurer la biosécurité au fur et à mesure que les introductions et les transferts de poisson au sein du Bassin du Volta augmentent.

### **Planification pour la conservation des ressources génétiques halieutiques**

Il a été reconnu que la conservation RGH serait important pour les programmes d'élevage afin d'assurer la rentabilité et la durabilité de l'aquaculture, la sécurité alimentaire à long terme ainsi

---

<sup>7</sup> Kapuscinski, A.R., K.R. Hayes, S. Li and G. Dana (eds). 2007. Environmental Risk Assessment of Genetically Modified Organisms. Vol. 3: Methodologies for Transgenic Fish. CABI Publishing Oxfordshire, UK.

que l'adaptation des poissons sauvages et cultivés au changement climatique. Il a été convenu que la conservation des RGH n'était pas encore considérée comme une priorité au niveau de l'élaboration des politiques, de la planification et de l'affectation des ressources.

Les activités et les contraintes relatives à la planification de la conservation des RGH dans le Bassin du Volta ont été discuté en tenant compte des principales questions auxquels les planificateurs vont répondre: quelles sont les ressources à conserver, où et sous quelle forme les conserver et quels seront les responsables ? Ces questions ont été amplifiées comme suit:

### ***Quelles sont les RGH à conserver?***

La gamme des types qui peuvent faire l'objet de conservation se présente comme suit:

- les types sauvages: les souches riveraines et lacustres;
- les types issus du marronnage: établis grâce aux introductions et transferts historiques;
- les populations de base;
- les populations issues de l'élevage sélectif, y compris les lignées de contrôle.

Grâce à la conservation des types énoncés ci-dessus, on peut obtenir les types suivants qui seraient utiles dans l'aquaculture:

- les hybrids;
- d'autres formes génétiquement modifiées, par exemple, les polyploïdes, le tilapia génétiquement mâle.

### ***Où conserver les RHG ?***

Les sites disponibles pour la conservation sont notamment:

- *In situ/in vivo* dans les cours d'eau et dans les zones humides;
- *In situ/in vivo* dans les fermes;
- *Ex situ/in vivo* au niveau des centres d'élevage des noyaux, les collections de recherche et les aquarium publics ou privés etc.;
- *Ex situ/in vitro* dans les installations publiques et privées, y compris des centre de noyaux/et écloseries;
- Les zones d'aquaculture et de conservation;
- Les pays d'origine et ailleurs.

### ***La conservation des RGH: sous quelles formes?***

- Les populations sauvages dans leur habitat naturel;
- Les populations en captivité dans les laboratoires, dans les stations d'expérimentation ou dans les fermes;
- Les spermes cryopréservés;
- Les tissus, ADN.

### ***Les responsables de la conservation des RGH***

- Les gouvernements;
- Les organisations du secteur public comme les universités;
- Les ONG telles que les organisations bénévoles de conservation;
- Les organisations communautaires;
- Les sociétés privées d'aquaculture;
- Les associations d'éleveurs;

- Les éleveurs particuliers;
- Les partenariats publics et privés.

Les participants ont discuté les activités actuelles de conservation des RGH dans le Bassin du Volta et les discussions ont révélé qu'elles sont limitées en raison du manque de ressource et dans certains cas à cause de la confusion au niveau des rôles et des responsabilités. Les principaux points de la discussion sont les suivants:

- Bénin – Il existe des cadres de réglementation de la pêche et des législations environnementales pour contrôler l'introduction des poissons exotiques mais il n'y a pas encore de réglementation spécifique consacrée à la protection des espèces autochtones et très peu d'activités destinées spécifiquement à la conservation des RGH.
- Burkina Faso – Il n'existe pas encore des politiques ou mesures officielles pour la conservation des RGH mais l'importance de ces politiques et mesures est actuellement reconnue dans les domaines de la gestion de la pêche et de la conservation de la faune.
- Côte d'Ivoire – Il n'existe pas de politique spécifique relative à la conservation des RGH mais les ministères compétentes sont en train de former un comité et de rédiger un livre blanc pour remédier à cette situation.
- Ghana – Le *Water Research Institute* a mené des recherches approfondies sur la conservation des RGH et garde les populations de tilapia du Nil prélevées dans quatre différentes zones du lac Volta dans son Centre de Recherche et Développement d'Akosombo.
- Mali – Il y a très peu de ressources financières et humaines pour la conservation des RGH mais elles sont maximisées grâce à une approche participative qui implique de nombreux acteurs, y compris le Programme de Recherche Génétique de l'Université de Bamako.
- Togo – Les lois sur la conservation des RGH sont disponibles mais leur application se heurte à des difficultés à cause de la forte demande de poisson et il faudra délimiter des zones où la pêche est limitée ou interdite.

Le consensus qui s'est dégagé est que dans tous les pays du Bassin du Volta, la conservation des RGH est essentiellement du ressort de l'Etat et de ses institutions. Seules des institutions ayant un caractère permanent et des sources de financement durables peuvent prendre en charge la formulation et la mise en œuvre des mesures de conservation des RGH sauvages et issues du marronnage, la garde des noyaux de reproduction, et la poursuite des programmes de culture sélective aux fins d'aquaculture ainsi que le maintien des banques de gènes *ex situ* des RGH. Ce qui implique que les organisations publiques doivent être les premiers acteurs dans la conservation des RGH, avec les universités, les ONG, les organisations de la communauté locale et le secteur privé jouant un rôle d'appui.

Les sociétés aquacoles privées et les éleveurs individuels ne sont pas normalement en mesure d'investir dans la conservation des RGH au delà de leurs propres espèces commerciales. Pour ce qui concerne la conservation des populations sauvages qui n'ont aucun lien avec les poissons introduits ou transférés et qui se retrouvent dans les cours d'eaux isolés sous le contrôle des communautés locales, une approche participative est d'une importance capitale. Il a été noté que l'Afrique de l'Ouest ne dispose pas d'aquariums publics qui ont un rôle à jouer, bien que limité, dans la conservation *ex situ* de quelques RGH.

Il a été reconnu que les propositions visant à introduire les espèces améliorées de tilapia du Nil comme le GIFT dans le Bassin du Volta ont mis en relief la nécessité urgente de documenter le statut des ressources génétiques de son tilapia, de planifier et de mettre en œuvre des mesures de leur conservation. Les participants ont convenu que la caractérisation des RGH du Bassin du Volta,

en particulier, ses ressources génétiques de tilapia doit être achevée afin d'identifier les RGH importantes et menacées et de procéder à une conservation *in situ* et *ex situ* bien informée.

Les participants ont également noté que les opportunités de conservation des RGH sauvages et celles issues du marronnage dans le Bassin du Volta dans les réserves naturelles, les sites sacrés et d'autres zones protégées, y compris les sites Ramsar, ne sont pas complètement documentées et qu'il faudrait faire davantage d'efforts. Par exemple, les parcs nationaux et les zones de conservation de la faune et de la flore dans le bassin hydrographique du fleuve Penjari qui englobe quelques régions au Nord du Bénin, du Burkina et du Togo, sont importants pour la conservation des RGH indigènes. Depuis 1995, la Convention Ramsar a reconnu la présence des populations importantes de poissons comme un critère dans la désignation des sites Ramsar. Cependant, les sites Ramsar permettent l'utilisation rationnelle des pêcheries et quelques zones en aval qui les exposent à des risques de pollution et d'introduction de poisson etc. Cette vulnérabilité s'applique à de nombreuses zones aquatiques protégées et réduit la possibilité de créer des zones de conservation strictes des RGH. L'atelier ne disposait pas d'information pour déterminer si l'aquaculture se fait ou peut être permise dans les sites Ramsar. Il faudrait clarifier la situation en vue d'identifier leur potentiel aux fins de conservation des RGH sauvages.

Il a été également noté que les changements au niveau des responsabilités administratives au niveau des zones aquatiques protégées spécifiques et la réduction des restrictions relatives à la pêche et d'autres activités dans ces zones, y compris les parcs nationaux et les sites sacrés sont des facteurs qui menacent la durabilité de leurs rôles dans la conservation des RGH. Dans l'ensemble, la meilleure approche de conservation des RHG *in situ* est la répartition en zones ainsi que la création des zones de conservation stricte si possible, par exemple, l'interdiction de toute exploitation, les mesures de conservation peu contraignantes dans les zones de moindre statut, le développement des activités qui ne sont pas nuisibles à l'environnement, la conservation *ex situ*, si l'approche *in situ* n'est pas possible.

### **Thème III: Planification de la Culture et de la Dissémination des Semences du Tilapia du Nil dans le Bassin du Volta**

Cette session a commencé par une présentation et une discussion sur les programmes d'amélioration génétique dans le domaine de l'aquaculture. Il semble qu'il existe un grand potentiel pour l'amélioration des espèces animales aquatiques compte tenu du fait qu'il a eu très peu d'application de la technologie de l'amélioration génétique jusqu'à présent dans ce domaine. Les programmes d'amélioration génétique ont les attributs très désirables suivantes:

- ils permettent de modifier l'animal aux fins d'adaptation à un but ou à un environnement;
- ils peuvent entraîner une meilleure productivité, fiabilité et uniformité et les gains peuvent être permanents;
- ils peuvent offrir des solutions aux pathogènes émergents ou existants et aux défis environnementaux;
- ils peuvent assurer une forte rentabilité des investissements;
- ils peuvent permettre de réduire l'écart entre la demande et l'offre sans engendrer des impacts environnementaux négatifs; et
- ils facilitent la gestion de l'autocroisement dans le système de production.

L'expérimentation avec le tilapia du Nil et d'autres espèces démontrent que l'amélioration génétique dans le taux de croissance est d'environ 15% par génération au niveau des programmes bien exécutés.

Un programme d'amélioration génétique bien conçu doit prendre en compte les éléments suivants:

- la description ou le développement du système de production;
- le choix des espèces, des souches et du système d'élevage;
- la formulation de l'objectif ou du but de l'élevage;
- la formulation des critères de sélection;
- la conception d'un système d'évaluation génétique;
- la sélection des animaux et du système d'accouplement;
- le suivi et la comparaison des programmes alternatifs; et
- la conception du système d'expansion et de dissémination des espèces améliorées.

### **Systeme de production**

Dans le Bassin du Volta, les systèmes d'aquaculture peuvent être qualifiés, d'extensive, de semi-intensive et intensive en fonction du volume d'intrants dont ils bénéficient. L'identification du système de production destiné à l'amélioration génétique est importante car elle influence le choix de l'environnement dans lequel le programme sera mis en œuvre. En principe, les programmes d'amélioration génétique doivent se dérouler aussi similaire que possible au système de production dans lequel le poisson génétiquement modifié doit évoluer. Cela assure que les gains génétiques obtenus dans les centres de reproduction se reflètent aussi dans les étangs des éleveurs. Si l'environnement dans lequel la sélection se fait est très différent de l'environnement de production, il est probable que les gains obtenus dans les centres de reproduction ne se répercutent pas au niveau des fermes. Les preuves d'expérimentation démontrent, cependant, que les poissons supérieurs dans un environnement donné demeurent supérieurs dans un autre environnement. Il se peut que les systèmes de culture semi intensive le type le plus courant dans le Bassin du Volta. Les données relatives à la croissance dans les systèmes semi intensif démontrent une grande corrélation génétique avec les données des systèmes intensif et extensifs. Par conséquent, un programme fondé sur des essais dans un système semi intensif sera peut s'appliquer à la fois au système extensif et au système intensif.

### **Choix des espèces, des souches et de système d'élevage**

Les décisions sur le choix des espèces et des souches sont prises partiellement pour nous, lorsqu'il y a des difficultés au niveau de la disponibilité des stocks et des préférences bien définis. Néanmoins, il est important de faire un choix convenable car les gains ainsi obtenus peuvent correspondre à plusieurs générations de sélection.

Le choix des espèces et des souches doit de préférence s'opérer en fonction des informations provenant des expériences bien conçues de comparaison des espèces et des souches. L'approche GIFT consiste à prélever des échantillons des stocks prometteurs disponibles des espèces concernées, à opérer tous les croisements possibles, et plus tard procéder à la culture de la progéniture ainsi obtenue sans prendre en compte leur origine. On établit ainsi une population de base ayant une grande variation génétique, ce qui améliore la perspective des gains génétiques à l'avenir.

Les travaux destinés au développement d'une souche améliorée à partir du tilapia local ont démarré à Akosombo en 2001. Nous présentons une vue d'ensemble de la manière dont la population a été établie et l'évolution du programme d'amélioration génétique. (Ponzoni et Brummett le présent volume).

### **Population de base**

Les individus du Tilapia du Nil ont été recueillis dans trois différentes zones écologiques au sein du Système au Ghana, à savoir: Mawuni, Yeji et Kpandu. Ces populations sauvages ensemble avec une espèce domestiquée par l'Institut de Recherche Aquatique ont contribué à la formation de la

population de base pour le programme d'élevage du tilapia su Nil au Ghana (voir le présent volume de Pozoni et Brummet pour plus de détails).

La population de base a été constituée conformément aux procédures standard destinées à cette fin. Nous avons commencé avec un croisement diallèle 4x4 tel que décrit ci-dessus qui a donné 16 différents hybrides. Étant donné que l'hétérosis était faible ou inexistant, il a été conclu que la sélection des meilleurs individus, quelque soit le croisement dont ils sont issus, est la meilleure voie à suivre. Par conséquent, dans les générations postérieures au croisement diallèle, la sélection était fondée sur les valeurs estimées de reproduction de cette population de base composée (elle est dénommée population de base composée parce qu'elle regroupe de nombreux hybrides). Les individus et non pas les lignées ou hybrides font l'objet des sélections à cause du fait que les meilleurs individus issus des hybrides peu performants sont mieux que les pires individus issus des hybrides les plus performants. En fait, les meilleurs hybrides ont tendance à contribuer plus de gènes aux générations futures par rapport aux pires hybrides.

A partir des croisements diallèles, l'on obtient également une comparaison d'une souche pure puisqu'il y a des souches pures dans la diagonale principale de la matrice 4x4. Il ressort de cette comparaison que l'une des lignées est en avance sur les autres. La souche d'Akosombo doit être renforcée pour ce qui concerne la taille efficace de la population en vue de la rendre soutenable à long terme. Ce renforcement peut être réalisé en introduisant des matériels génétiques dans la lignée et pour ne pas occasionner des pertes au niveau de la performance, nous prélevons ce matériel de la lignée la plus performante dans le diallèle. Cependant, il faut noter qu'après cette introduction nous continuerons de considérer toutes les progénitures comme une partie intégrante de la population composée. Lors de la reproduction, nous ne tenons pas compte du croisement dont provient chaque animal mais plutôt sa valeur de reproduction en fonction de sa propre performance et de celle de ses parents.

C'est ainsi que la population de base pour le programme d'amélioration génétique à Akosombo a été constituée. Deux générations de sélection ont déjà eu lieu et les poissons de la troisième génération sont prêts pour la récolte au moment de la rédaction de ce document (mars 2007).

L'introduction de GIFT du WorldFish Center est une option potentiellement utile, étant donné que cette espèce a une potentialité de croissance élevée, et plusieurs autres attributs souhaitables (taux de survie élevé et chair d'une bonne qualité). Il y aura une comparaison de la performance de la ligne améliorée d'Akosombo avec celle de GIFT et un croisement des deux souches sera effectué afin d'indiquer la meilleure méthode à suivre ultérieurement.

### **Formulation du but ou de l'objectif de la reproduction**

Formulation du but ou de l'objectif de l'élevage est très important car elle détermine la voie à suivre pour le programme d'amélioration génétique. L'objectif de l'élevage est étroitement lié au système de production. Nous devons veiller à ce que les caractéristiques améliorées soient celles qui sont importantes dans le système de production. Préférence sociologique.

L'objectif de l'élevage doit couvrir notamment les caractéristiques telles que:

- la taille ou taux de croissance;
- le taux de survie;
- l'âge de la maturité sexuelle;
- la résistance aux maladies;
- la tolérance de la température de l'eau ou d'autres attributs de l'eau; et
- la qualité de la chair du poisson.

Parmi ces attributs, le taux de croissance est la plus populaire.

Le Programme d'Akosombo se focalise actuellement sur:

- un taux de croissance permettant d'atteindre environ 150g (aussi proche que possible du poids du marché); et
- l'élimination des défauts anatomiques et une forme et couleur acceptables.

Pour ce qui concerne cette dernière caractéristique, la préférence sera accordée à la couleur préférée par les consommateurs sur le plan local. Il se trouve qu'il y a d'autres caractéristiques sur lesquels on doit se focaliser à l'avenir. Cependant, leur inclusion dans l'objectif de l'élevage à ce niveau n'est pas opportune. Les raisons sous-jacentes de la simplification de l'objectif d'élevage sont indiquées dans Ponzoni et Brummett (le présent volume).

**Méthode de sélection** (critères de sélection, système d'évaluation génétique, sélection des animaux et système de croisement)

Les critères de sélection sont des caractères étroitement liés, mais non nécessairement identiques aux caractéristiques énoncés dans l'objectif d'élevage. L'objectif de l'élevage a trait à l'avenir du programme d'amélioration génétique alors que les critères de sélection portent sur les moyens d'y parvenir. Les critères de sélection sont des caractères que nous utilisons dans l'estimation des valeurs de reproduction et la valeur génétique générale des animaux.

Le système d'évaluation génétique peut varier d'une forme simple impliquant une sélection en masse à une forme plus complexe soit faire correspondre un modèle d'animal aux données. Étant donné que les animaux seront libellés individuellement, nous pourrions suivre les pedigrees et utiliser les procédures du meilleur estimateur non biaisé (BLUP), estimer les valeurs de reproduction et la combinaison d'information disponible.

Dans l'idéal nous n'allons reproduire que les « meilleurs » individus. En pratique, nous avons besoin d'un compromis entre l'intensité de la sélection et l'effectif efficace de la population ( $N_e$ ) en vue de gérer les risques (l'autocroisement par exemple): Un  $N_e$  relativement grande est nécessaire en vue de:

- soutenir la variation génétique à long terme dans la population;
- gérer l'autocroisement;
- augmenter la limite de sélection; et
- avoir des réponses prévisibles à la sélection.

Grâce à l'information sur le pedigree, l'autocroisement peut être gérée de manière plus efficace en évitant l'accouplement des individus apparentés en vue d'assurer des gains génétiques pendant de nombreuses générations.

### **Conception d'un système de dissémination des espèces améliorées**

L'amélioration génétique a lieu généralement dans une très petite fraction de la population. L'amélioration génétique réalisée au niveau de la population élite dans un Centre d'élevage est multipliée et disséminée aux systèmes de production. Le flux des gènes est illustré dans la Figure de Ponzoni dans le présent volume.

La mise en œuvre du programme d'amélioration génétique chez un nombre d'animaux relativement restreint peut suffire à servir un grand secteur de production.

La dissémination des semences améliorées sera basée sur la multiplication de stocks de géniteurs améliorés à un niveau intermédiaire (écloseries publiques et/ou privées,). Par ailleurs, après

l'achèvement de la production des familles de pleins frères ou sœurs et des familles de demi frères ou sœurs pour le programme d'amélioration génétique, les parents sélectionnés peuvent être utilisés pour la production en masse des semences. Les progénitures des parents seront, à l'âge de la maturité sexuelle, des stocks de géniteurs de haute qualité génétique suivi par la progéniture des reproducteurs rejetés du meilleur tiers de la population

Dans le cas spécifique des pays riverains du Bassin du Volta, le résumé suivant présente le contexte général dans chaque pays et indique leur place dans une structure de dissémination des semences au niveau du bassin.

Le Ghana semble être le pays ayant la meilleure infrastructure privée et publique disponible et le plus grand potentiel d'expansion à court terme. Le centre de reproduction d'Akosombo a la capacité pour produire des lignées améliorées et servir de conservatoire pour les lignées améliorées et des ressources génétiques sauvages et cultivées importantes. Sous la direction du groupe consultatif (le Groupe chargé de la reproduction et de la génétique de WorldFish), d'autres centres de reproduction publique sont en mesure de tester les nouvelles souche par rapport aux souches locales alors que quelques installations publiques et privées (quelques éleveurs commerciaux et stations publiques) peuvent servir de système de multiplication. Les petites écloséries vendent directement aux éleveurs.

Côte d'Ivoire dispose de très peu d'infrastructure dans le Bassin du Volta. En général, la comparaison des souches au niveau des installations gouvernementales contribueront à une meilleure compréhension des gains potentiels d'une souche améliorée mais il faudra consentir davantage d'efforts pour développer la capacité de production dans le Bassin du Volta. Il n'y a pas d'écloséries privées dans le pays.

Pour réduire les coûts, le Mali aimerait évaluer l'efficacité du centre de reproduction centrale à Akosombo et voir si les centres nationaux dans d'autres pays peuvent gérer le stock et le disséminer localement. Le Mali dispose d'une institution capable de reproduire le poisson et utilise les ONG et le secteur privé aux fins de multiplication et de dissémination des souches améliorées

Le Bénin dispose de plusieurs écloséries à petite échelle qui peuvent être transformées en centres de reproduction avec l'appui du gouvernement mais il n'y a aucun lieu central qui pourraient prendre en charge les activités plus sophistiquées. Un programme pilote d'élevage du Tilapia du Nil dans les lagunes n'a pas bien fonctionné mais il y avait un petit centre d'appui que l'on peut utiliser. Les efforts se concentrent actuellement sur le poisson-chat. Un autre projet au Nord du pays disposait d'une éclosérie assez grande pour le tilapia et le poisson-chat. Ce centre peut entreprendre des activités plus compliquées. Pour assurer l'acceptation d'une lignée améliorée le Département de la Pêche et le Ministère de l'environnement procèderont à une analyse coût efficacité avant toute introduction. Par la suite, les deux centres, l'un relevant du gouvernement et l'autre de l'université vont contrôler la dissémination. Le Fleuve Oti au Nord du Pays se trouve au sein du Bassin du Volta mais il n'existe pas de centre d'aquaculture au sein du Bassin. Il existe une réserve naturelle dans la région et nous devons nous garder de contaminer les souches autochtones. Un réseau de coordination régional serait utile dans la gestion de la dissémination, son rôle serait d'informer, de tenir des consultations avec d'autres pays lors des introductions et d'assurer que le processus est légal. Pour commencer, Akosombo peut être le centre d'activité et sa performance doit être suivie et évaluée.

Le Burkina Faso dispose de quelques écloséries privées à petite échelle qui peuvent contribuer à la gestion du stock ainsi qu'à sa multiplication et dissémination. On pourra les engager sur contrat aux fins de ce projet. Le Burkina a manifesté un grand intérêt et aimerait abriter un projet pilote mais le



pays doit développer une grande partie des systèmes d'appui. Il faudra développer une structure capable de disséminer au moins 10 millions d'alevins par an.

Au Togo, la capacité de l'université est inadéquate, mais il existe un centre agricole qui pourrait être utile. Il dispose d'une capacité de gestion de la reproduction du tilapia du Nil. Il existe également les poissons-chats. Il y a un autre centre de technologie appliquée qui travaille en collaboration avec des ONG et des agriculteurs et pourra disséminer les semences. Le département de la pêche prendra en charge le contrôle du processus et veillera à ce que tout marche comme prévu et conformément aux lois. La recherche coûte chère au Togo et nous pourrions dépendre aussi du centre d'Akosombo au départ et nous préoccuper seulement de la dissémination au niveau local.

Les recommandations détaillées sur la distribution du stock amélioré aux écloseries, leur gestion et stratégies de remplacement sont ci-jointes en annexe.

### **L'évaluation des gains génétiques**

L'élaboration d'une procédure d'évaluation des gains génétiques dans un programme de reproduction n'est un élément essentiel pour obtenir une sélection. Cependant, la mise au point d'une population de vérification peut permettre de voir si les hypothèses posées sont valides et que le programme fonctionne bien ou exige des ajustements.

La mise au point d'une population de vérification est décrite dans la communication présentée par Ponzoni. Cette population de vérification permet d'évaluer les gains génétiques de chaque génération de sélection. Elle est non seulement utile dans l'évaluation du changement génétique de chaque génération, mais aussi elle permet d'estimer les réponses à la sélection des caractéristiques qui ne sont pas documentées de routine et peut fournir du poisson pour des expériences spécifiques (par exemple, les défis environnementaux après plusieurs générations de sélection en matière de taux de croissance et une évaluation des caractéristiques de la chair et du squelette).

### **Les avantages attendus d'un programme de reproduction**

Lorsque la variance génétique additive est présente dans un trait de caractère, il y aura toujours une réponse à la sélection si des méthodes efficaces de sélection sont appliquées. Les estimations suivantes de réponse à la sélection ont été enregistrées (exprimé comme gain génétique en pourcentage par génération de sélection):

- Saumon coho, 10;
- Truite arc-en-ciel, 13;
- Saumon atlantique, 11 to 14;
- Poisson-chat de la Manche, 12 to 20; et
- Tilapia du Nil, 17.

La moyenne de ces estimations est environ 15% de gain génétique en matière de taux de croissance. Cela implique qu'il est possible de doubler le taux de croissance en moins de sept générations. C'est un gain génétique important par rapport à ce qui se produit au niveau des animaux terrestres et ce gain est réalisé parce que les poissons et les crustacés ont une grande variation génétique en matière de taux de croissance et un taux de fécondité élevé.

Dans le cas du programme norvégien de reproduction, qui fournit aujourd'hui des semences génétiquement améliorées de saumon et de truite arc-en-ciel à plus de 70% de l'industrie piscicole, le ratio de coût-efficacité est estimé à 1/15. S'agissant du tilapia, une étude récente a obtenu des ratios allant de 1/8 à 1/240, suivant l'efficacité de reproduction au niveau du noyau et de l'écloserie (Ponzoni, Avantages économiques du présent volume).

Les traits économiques les plus importants pour la production du tilapia du Nil dans le Bassin du Volta se résument comme suit:

- le taux de croissance;
- le retardement de la maturation sexuelle;
- la résistance aux maladies;
- le pourcentage de nettoyage; et
- la couleur.

Le taux de croissance doit être enregistré doit être à un poids qui correspond à celui du marché (250g) qui est actuellement atteint à l'âge 7 à 9 mois. La méthode de sélection proposée pour le tilapia du Nil dans le Bassin du Volta consiste à garder des souches pures et à estimer les valeurs de reproduction en utilisant les procédures BLUP. Au départ le taux de croissance sera le seul centre d'intérêt car il est très important et a des conséquences économiques évidentes.

Cependant, la maturation sexuelle, le pourcentage de nettoyage et la résistance aux maladies peuvent être inclus plus tard si l'on le désire. Cela ne doit pas poser des problèmes car le système de marquage des individus est envisagé. Lorsque la réversion sexuelle hormonale est utilisée dans le système de production, le retardement de la maturation sexuelle devient relativement peu important.

Bien que la résistance aux maladies ne soit pas incluse comme un trait spécifique et enregistré, la sélection d'un individu naturel aura lieu dans la population en reproduction. Le gain génétique de ce trait de caractère sera pris en compte dans le plan de reproduction du tilapia du Nil.

Plusieurs études sur les poissons ont démontré que le pourcentage de nettoyage est positivement lié au taux de croissance et cela s'améliore en tant que réponse à la sélection en matière de taux de croissance.

#### **Thème IV: Habilitation des Écloseries**

La session a commencé par une brève vue d'ensemble de la culture du saumon en Norvège qui dispose de l'une des industries d'aquaculture les plus réussies dans le monde. Des lois sont promulguées en Norvège pour réglementer, entre autres:

- les licences pour les écloseries et les centres d'élevage;
- la réglementation de l'importation et de l'exportation ainsi que les mouvements des poissons (écloseries et fermes);
- la réglementation sur la désinfection des écloseries; et
- la réglementation sur les maladies et la qualité des produits dans les fermes et les écloseries.

Actuellement, la préoccupation majeure au niveau de l'élevage du saumon en Norvège est la différence entre la structure génétique du poisson sauvage et celle du poisson cultivé et le risque de l'introgession des stocks sauvages, compte tenu du nombre important des fuites. Il y a de plus en plus de preuve que cela peut entraîner des changements dans la fréquence des gènes dans les populations sauvages avec des impacts négatifs sur la population sauvage.

Contrairement aux législations strictes qui régissent l'industrie du saumon, il semble qu'il y a peu de systèmes d'habilitation ou de certification des écloserie dans l'industrie mondiale du tilapia. Le Réseau International pour la Génétique dans le domaine de l'aquaculture (INGA) a mis au point un

accord sur le transfert de matériel pour le mouvement du tilapia génétiquement amélioré (Voir annexe) qui peut être indirectement lié au processus d'habilitation.

L'atelier a conclu que l'habilitation des écloséries privées, qui servent de multiplicateurs satellites des centres de reproduction devrait être confiée à une équipe d'évaluation du centre régional de reproduction, probablement celui d'Akosombo. Les écloséries habilitées doivent remplir les conditions techniques et se conformer aux procédures d'opération, de gestion et de dissémination prescrites par les centres de reproduction. Les participants estiment qu'il faudra éviter un système complexe gouvernemental d'habilitation des écloséries car elle peut entraver la mise en œuvre d'un programme d'habilitation et le développement d'une aquaculture responsable dans le Bassin du Volta.

L'objectif principal du développement d'un système d'habilitation est d'assurer la mise en œuvre des principes directeurs sur le maintien de la qualité génétique des alevins fournis par les écloséries et de sauvegarder les ressources génétiques du tilapia indigènes. Le groupe a recommandé que:

- En vue de recevoir les semences améliorées, les opérateurs d'écloserie doivent faire une demande d'habilitation auprès du Centre de reproduction. La demande sera examinée en fonction d'un ensemble de critères comprenant entre autres les éléments énumérés ci-après ainsi que d'autres informations pertinentes (les installations, l'expérience, l'environnement, la performance antécédente;
- Les stocks de géniteurs soient fournis par les centres de reproduction aux écloséries habilitées et remplacés, le cas échéant;
- Un système de documentation efficace des stocks de géniteurs ou d'alevins fournis aux écloséries soit mis en œuvre;
- Un système destiné au suivi de la distribution des alevins à partir des écloséries habilitées aux éleveurs soit mis en œuvre en vue de suivre la distribution géographique du tilapia génétiquement amélioré dans le Bassin du Volta. Cela permettra une évaluation des impacts économiques et environnementaux potentiels de la souche améliorée disséminée;
- L'habilitation des écloséries soit revue régulièrement; et
- Les écloséries qui font l'objet d'examen aux fins d'habilitation soient bien gérées et qu'elles mettent en œuvre les bonnes pratiques d'aquaculture suivant les évaluations du personnel technique.

## COMMUNICATIONS PRÉSENTÉES

### Instruments Internationaux pour une Gestion Responsable des Ressources Génétiques de la Pêche et Dde l'Aquaculture

Devin M. Bartley

#### Introduction

Des instruments internationaux ont été mis au point en vue d'assurer que ces ressources sont exploitées de manière acceptable sur les plans social et environnemental et qu'elles sont conservées au profit des générations futures et pour permettre aux organismes d'évoluer et de s'adapter aux changements naturels ou provoqués par l'homme.

Les principaux instruments internationaux qui prévoient des articles généraux sur les ressources génétiques sont le Code de conduite de la FAO pour une pêche responsable et la Convention sur la diversité biologique. Des principes directeurs et des codes de pratique plus spécifiques ont été également élaborés.

#### Instruments Généraux

**Le Code de conduite de la FAO pour une pêche responsable (CCRF) – Le CCRF** est un instrument international volontaire non exécutoire dont les Membres de la FAO se sont engagés à faciliter, en fonction de leurs moyens, la mise en œuvre le cas échéant.

- **Article 6.2:** L'aménagement des pêcheries devrait promouvoir le maintien de la qualité, de la diversité et de la disponibilité des ressources halieutiques en quantités suffisantes pour les générations présentes et futures, dans un contexte de sécurité alimentaire, de réduction de la pauvreté et de développement durable. Les mesures d'aménagement ne devraient pas seulement assurer la conservation des espèces visées, mais aussi celle des espèces appartenant au même écosystème que ces espèces, ou qui dépendent d'elles ou leur sont associées.
- **Article 7.2.2:** ... la diversité biologique des habitats et écosystèmes aquatiques soit conservée et que les espèces menacées d'extinction soient protégées.
- **Article 9.1.2:** Les États devraient promouvoir le développement et la gestion responsables de l'aquaculture, y compris des évaluations préalables des effets du développement de l'aquaculture sur la diversité génétique et l'intégrité des écosystèmes, fondées sur l'information scientifique la plus fiable disponible.
- **Article 9.3.1:** Les États devraient conserver la diversité génétique et maintenir l'intégrité des communautés et écosystèmes aquatiques grâce à un aménagement approprié (réduire en particulier les effets négatifs des espèces exotiques ou génétiquement modifiées).
- **Article 9.3.3:** Les États devraient... encourager l'adoption de pratiques appropriées pour l'amélioration génétique des stocks de reproducteurs...
- **Article 9.3.5:** Les États devraient, lorsqu'il y a lieu, promouvoir la recherche et, lorsque c'est possible, la mise au point de techniques d'aquaculture pour protéger, régénérer et accroître les stocks d'espèces menacées d'extinction, en tenant compte de la nécessité impérieuse de conserver la diversité génétique des espèces menacées d'extinction.
- **Article 12.8:** Les États devraient effectuer des recherches et assurer un suivi en ce qui concerne les approvisionnements alimentaires d'origine aquatique... et devraient veiller à ce qu'il n'y ait pas d'effets nuisibles sur la santé des consommateurs.

**Convention sur la Diversité Biologique (CDB)** – La CDB encourage la conservation et l'utilisation durable de la biodiversité ainsi qu'une répartition juste et équitable des avantages de cette utilisation. C'est une convention juridiquement obligatoire et dispose d'un très grand nombre de signataires par rapport aux autres conventions internationales.

- **Article 6:** Chacune des Parties contractantes, en fonction des conditions et moyens qui lui sont propres: (a) élabore des stratégies, plans ou programmes nationaux tendant à assurer la conservation et l'utilisation durable de la diversité biologique ou adapte à cette fin ses stratégies, plans ou programmes existants qui tiendront compte, entre autres, des mesures énoncées dans la présente Convention qui la concernent; (b) intègre, dans toute la mesure possible et comme il convient, la conservation et l'utilisation durable de la diversité biologique dans ses plans, programmes et politiques sectoriels ou intersectoriels pertinents.
- **Article 7: Surveillance** (a) Identifie les éléments constitutifs de la diversité biologique importants pour sa conservation et son utilisation durable, b) Surveille par prélèvement d'échantillons et d'autres techniques, les éléments constitutifs de la diversité biologique identifiés en application de l'alinéa a) ci-dessus, et prête une attention particulière à ceux qui doivent d'urgence faire l'objet de mesures de conservation ainsi qu'à ceux qui offrent le plus de possibilités en matière d'utilisation durable; (c) Identifie les processus et catégories d'activités qui ont ou risquent d'avoir une influence défavorable sensible sur la conservation et l'utilisation durable de la diversité biologique et surveille leurs effets par prélèvement d'échantillons et d'autres techniques; et (d) Conserve et structure à l'aide d'un système les données résultant des activités d'identification et de surveillance entreprises conformément aux alinéas a), b) et c) ci-dessus.
- **Article 8: Conservation *in situ*:** (g) Met en place ou maintient des moyens pour réglementer, gérer ou maîtriser les risques associés à l'utilisation et à la libération d'organismes vivants et modifiés résultant de la biotechnologie qui risquent d'avoir sur l'environnement des impacts défavorables qui pourraient influencer sur la conservation et l'utilisation durable de la diversité biologique, compte tenu également des risques pour la santé humaine; (h) Empêche d'introduire, contrôle ou éradique les espèces exotiques qui menacent des écosystèmes, des habitats ou des espèces; (i) S'efforce d'instaurer les conditions nécessaires pour assurer la compatibilité entre les utilisations actuelles et la conservation de la diversité biologique et l'utilisation durable de ses éléments constitutifs;
- **Article 9: Conservation *ex situ*** a) Adopte des mesures pour conserver *ex situ* des éléments constitutifs de la diversité biologique, de préférence dans le pays d'origine de ces éléments; b) Met en place et entretient des installations de conservation *ex situ* et de recherche pour les plantes, les animaux et les micro-organismes, de préférence dans le pays d'origine des ressources génétiques; c) Adopte des mesures en vue d'assurer la reconstitution et la régénération des espèces menacées et la réintroduction de ces espèces dans leur habitat naturel dans de bonnes conditions; d) Réglemente et gère la collecte des ressources biologiques dans les habitats naturels aux fins de la conservation *ex situ* de manière à éviter que soient menacés les écosystèmes et les populations d'espèces *in situ*, excepté lorsque des mesures *ex situ* particulières sont temporairement nécessaires, conformément à l'alinéa c) ci-dessus;...
- **Article 10: Utilisation durable..**b) Adopte des mesures concernant l'utilisation des ressources biologiques pour éviter ou atténuer les effets défavorables sur la diversité biologique; c) Protège et encourage l'usage coutumier des ressources biologiques conformément aux pratiques culturelles traditionnelles compatibles avec les impératifs de leur conservation ou de leur utilisation durable; d) Aide les populations locales à concevoir et à appliquer des mesures correctives dans les zones dégradées où la diversité biologique a été appauvrie;...

- **Article 15: Accès aux ressources génétiques:** Étant donné que les États ont droit de souveraineté sur leurs ressources naturelles, le pouvoir de déterminer l'accès aux ressources génétiques appartient aux gouvernements et est régi par la législation nationale.

**Le Protocole de Carthagène de la Convention sur la diversité biologique**<sup>8</sup> adopté le 29 janvier 2000 à Montréal au Canada fait aussi partie de cette convention. Cet instrument cherche à protéger la diversité biologique contre les risques potentiels que posent les *organismes vivants modifiés* (OVM) issus de la biotechnologie moderne, le Protocole est, en conséquence, d'une portée limitée et ne couvre pas les espèces exotiques sauvage ou les espèces génétiquement modifiées à travers la reproduction sélective, l'hybridation, la manipulation des ensembles de chromosomes ou interversion des sexes. Pour des raisons pratiques le Protocole porte actuellement sur les organismes transgéniques.

**La Convention sur les zones humides ou la Convention Ramsar**<sup>9</sup> est un traité intergouvernemental qui sert de cadre pour les actions nationales et la coopération internationale en vue de la conservation et de l'utilisation judicieuse des zones humides et de leurs ressources. Il y a actuellement 154 parties contractantes à cette Convention avec 1650 sites de zone humide couvrant 149,6 hectares, à inclure dans la Liste des Zones Humides d'importance internationale. (Voir l'annexe).

*Concernant l'aquaculture, la résolution IX.4 sur les ressources halieutiques stipulent que les pratiques d'aquaculture (par exemple en marre et en cage) dans les zone humides doivent être judicieusement contrôlées. En particulier, les gouvernements sont encouragés à mettre en œuvre les législations nationales pertinentes, les principes directeurs techniques pour une pêche responsable et du développement de l'aquaculture de la FAO, la Déclaration de Bangkok et la Stratégie pour le développement de l'aquaculture.*

*L'aquaculture durable peut être facilité à travers l'usage des espèces et génome indigènes dans la mesure du possible et la réduction de l'usage des produits chimiques et en donnant la priorité aux nouvelles technologies durable.* [http://ww/ra,sar/pr/res/leu\\_res\\_ox\\_04\\_e.htm](http://ww/ra,sar/pr/res/leu_res_ox_04_e.htm)

### **Instruments spécifiques**

**Déclaration de Nairobi**<sup>10</sup> – Cette déclaration est une déclaration non obligatoire formulée par un groupe d'experts en aquaculture, en conservation et en gestion des ressources génétiques en 2002 pour servir de guide à la réintroduction de la carpe (et par extension d'autres poissons exotiques ou génétiquement modifiés) en Afrique.

#### **La déclaration affirme que:**

- les aquaculteurs africains doivent avoir accès à des semences de qualité pour l'aquaculture;
- La gestion des stocks de reproduction est nécessaire en vue de maintenir la qualité de l'espèce;
- les introductions doivent se faire de manière responsable et doivent être accompagné de l'analyse des risques, l'application des protocoles d'importation et des principes directeurs internationaux et de suivi;
- les stocks sauvages doivent être conservés et il faudra créer des zones de conservation à cette fin;
- la coopération régionale est essentielle.
- l'information doit s'améliorer;

<sup>8</sup> <http://www.cbd.int/biosafety/default.shtml>

<sup>9</sup> <http://www.ramsar.org>

<sup>10</sup> <http://www.cta.int/pubs/nairobi/declaration.pdf>

- les pathogènes doivent être contrôlés.
- la sensibilisation et la participation des parties prenantes doivent être améliorées;
- il faudra élaborer des politiques appropriées pour établir une responsabilité en cas d'infraction.

NB. Cette déclaration n'interdit pas l'utilisation des espèces ou génotypes exotiques.

**Code de pratique: Conseil international pour l'exploration de la mer (CIEM) et la Commission consultative européenne pour la pêche intérieure (CECPI)** sont des organismes intergouvernementaux qui reconnaissent la nécessité de la coopération internationale en vue de conserver et d'utiliser judicieusement les ressources aquatiques vivantes. Les codes abordent trois principaux défis provenant des espèces exotiques (et par extension des génotypes):

1. réduire la probabilité de transfert des maladies lors du déplacement des espèces aquatiques;
2. réduire les impacts des espèces exotiques sur la biodiversité aquatique indigène; et
3. aborder l'impact que les stocks génétiquement modifiés peuvent avoir sur les populations naturelles pertinentes.

Ces codes et procédures ont été entérinés par la CCRF et ont été adopté en principe par tous les organes régionaux de pêche intérieure.

Les codes exigent que:

- les entités qui déplacent les espèces exotiques mettent au point une proposition comprenant, le lieu des installations, l'usage prévu, information du passeport et la source des espèces exotiques;
- un examen indépendant est faite pour évaluer la proposition et les impacts ainsi que les risques et avantages de l'introduction proposée, par exemple, les pathogènes, les exigences/interactions écologiques, les préoccupations génétiques et socio-économiques et les espèces locales les plus touchées;
- les recommandations et commentaires sont communiqués aux auteurs des propositions, aux évaluateurs et aux décideurs et l'examen indépendant recommande l'acceptation, l'amélioration ou le rejet de la proposition pour que toutes les parties comprennent le fondement des décisions et actions. Par conséquent, les propositions peuvent être peaufinées et l'équipe d'évaluation peut demander des renseignements supplémentaires pour faire des recommandations;
- si l'introduction d'une espèce est approuvée les programmes de QUARANTAINE, de RESTRICTION, de SUIVI et de PRÉSENTATION DES RAPPORTS sont mis en œuvre et les PRATIQUES d'importation sont soumises à un examen et inspection qui permettent de vérifier qu'il n'y a pas de pathogène et que les espèces à expédier sont exactes.

Les éléments ci-dessus sont normalement abordés dans un contexte environnemental, à savoir comment réduire les risques posés à l'environnement et à la biodiversité indigène. Cependant, il faudra accorder plus d'attention aux considérations sociales et culturelles et impliquer les acteurs locaux au processus de prise de décision concernant l'importation des espèces ou génotypes.

**Approche de précaution:** le CCRF reconnaît que l'information ne sera jamais complète et il faudra prendre des décisions de développement avec un certain degré d'incertitude en ce qui concerne leurs impacts. L' Article 7.5 décrit une approche de précaution qui privilégie la protection de l'environnement aquacole. Le manque d'information scientifique adéquate sur l'impact d'une activité comme l'utilisation des espèces exotiques ne doit pas justifier le report ou le refus de prendre les mesures de gestion ou de conservation.

Une approche de précaution telle que définie par la FAO et la Suède prévoit que:

- des points de référence doivent être mis au point;
- des actions convenues ou des plans d'urgence doivent être développés;
- la capacité productive des ressources doit être maintenue;
- les impacts d'un plan de développement doivent être réversibles en 20 ou 30 ans.

Compte tenu de la forte probabilité que les impacts d'une espèce exotique (et d'un génotype par extension) dans l'environnement naturel soient imprévisibles et difficile voire impossible de renverser, si les espèces s'établissent, cela implique que les introductions des espèces n'ont pas suivi l'approche de précaution. Les Codes de pratique décrits ci-dessus sont de bonnes mesures de précaution.

**La Déclaration de Dhaka sur l'évaluation des risques écologiques que posent les poissons génétiquement améliorés.** Cette déclaration est une déclaration non exécutoire formulée par un groupe d'experts en aquaculture, en conservation et gestion des ressources génétiques en 2003. La déclaration recommande que:

- les politiques, les codes, les principes directeurs internationaux soient révisés et renforcés et que des politiques nationales soient élaborées en conséquence, y compris les politiques transfrontalières;
- les risques soient évalués;
- la capacité et la coopération internationale soient améliorées; et
- le public et les décideurs soient sensibilisés.

## **Bibliographie**

**CDB. 1994.** Convention sur Diversité Biologique. Texte et Annexes. [www.biodiv.org](http://www.biodiv.org).

**FAO. 1995.** Le code de conduite pour une pêche responsable, FAO, Rome.

**FAO. 1995a.** L'approche de précaution appliquée à la pêche de capture et à l'introduction des espèces. Directives techniques de la FAO pour une pêche responsable No. 2, FAO, Rome.

**CIEM. 2005.** CIEM Code de conduite sur l'introduction et le transfert des organismes marins. Conseil international pour l'exploration de la mer, Danemark.

**Ramsar. 2007.** [http://www.ramsar.org/res/key\\_res\\_ix\\_04\\_e.htm](http://www.ramsar.org/res/key_res_ix_04_e.htm)



# **Aquaculture et Conservation des Ressources Génétiques Halieutiques: Objectifs et Opportunités de Jumelage**

**Roger S.V. Pullin**

## **Contexte**

Quelque soit le lieu où elle se développe, l'aquaculture n'évolue pas seule et c'est souvent le secteur le plus récent. Elle partage les terres, l'eau et d'autres ressources naturelles (sur le site et) avec de nombreux secteurs tels que l'agriculture, la pêche, la foresterie, l'exploitation minière, le tourisme et autres, y compris la conservation de la nature qui en soi est un secteur. Les liens entre ces secteurs sont souvent caractérisés par des conflits et la concurrence au lieu de faire l'objet d'un partenariat ou d'une synergie. C'est particulièrement le cas de l'aquaculture qui bénéficie des marchés tout trouvés puisque la pêche de capture est à la baisse mais qui ne recherche guère des liens harmonieux avec d'autres secteurs.

La croissance rapide de l'aquaculture surtout en Asie a engendré de nombreux avantages, y compris l'allègement de la pauvreté (BAD, 2005a) mais elle s'est parfois évoluée de manière irresponsable dans un système de laisser-faire, entraînant ainsi des effets environnementaux et sociaux négatifs et une mauvaise sustentation du secteur. L'aquaculture a donc une image ternie aux yeux des donateurs et du public dans quelques régions du monde. Le moment est venu pour le changement: il faudra passer de l'aquaculture en tant que adversaire de la conservation et d'autres secteurs à l'aquaculture en tant que allié.

La réalisation de cet objectif dans le cadre du développement de l'aquaculture en Afrique repose sur l'élaboration des politiques et interventions intersectorielles stratégiques afin d'assurer que l'aquaculture et d'autres secteurs se complètent. La prévalence des institutions et attitudes mono sectoriel entrave la mise en œuvre de cette approche. Cependant, il est dans l'intérêt de l'aquaculture, le secteur le plus récent, de contribuer à l'élaboration des politiques intersectorielles et au renforcement des institutions en établissant des liens avec les autres secteurs qui dépendent du même écosystème. C'est la raison pour laquelle, le jumelage du développement de l'aquaculture avec la conservation des ressources génétiques halieutiques (RGH) est suggéré comme un point d'entrée et la nécessité de développer des programmes de reproduction du tilapia pour une aquaculture responsable, profitable et durable nous donne l'occasion de mettre à l'épreuve ce jumelage.

La principale question qui se pose à cet atelier est de voir comment mettre au point dans les meilleures conditions possibles des programmes de reproduction du tilapia dans le Bassin du Volta en particulier et de déterminer s'il faut introduire le tilapia génétiquement amélioré d'autres régions. Ces questions sont subsidiaires par rapport à une plus grande question de trouver des liens solides entre l'aquaculture et d'autres secteurs, la recherche de réponse à ces questions peut permettre d'avoir un tableau d'ensemble de la situation. Le lien le plus important que l'aquaculture responsable doit rechercher est le lien avec la conservation des ressources génétiques halieutiques. Le développement de l'aquaculture et la conservation des ressources génétiques sont des objectifs inséparables et leur réalisation dans le Bassin du Volta peuvent être considérées comme des opportunités conjointes.

## **L'aquaculture et les ressources génétiques halieutiques (RGH)**

L'aquaculture se développe à une allure rapide dans de nombreux pays et utilise une grande variété d'espèces dont la plupart sont à leur début de domestication. L'aquaculture doit être développée en Afrique pour contribuer ensemble avec d'autres secteurs à sécurité alimentaire et des moyens de

subsistance. L'Afrique dispose d'une grande diversité de ressources génétiques favorables à l'aquaculture (par exemple Agnès Pullin *et al.* 2001) et est la source de toutes les ressources génétiques qui ont permis le développement de la culture du tilapia sur le plan mondial.

Les ressources génétiques halieutiques regroupent les poissons sauvages, les poissons cultivés, les poissons destinés à la recherche d'autres poissons en captivité, ainsi que leurs gamètes, leurs ADN et gènes. Les RGH destinées à l'aquaculture et à d'autres fins (en particulier, les pêcheries et le commerce des aquariums se retrouvent pour la plupart dans les eaux à ciels ouverts, dans les couvoirs et dans les centres d'aquaculture sous forme de populations de poissons domestiqués. Les RGH dans les centres de culture, dans les eaux à ciel ouvert et dans la nature sont tous qualifiées de « *in situ* » parce qu'elles sont dans leur habitat normal, et de « *in vivo* » parce qu'elles sont des poissons vivants et entiers. Les RGH sont aussi gardés dans des conditions « *ex situ/in vivo* » comme des matériels de recherche, dans les aquariums publics et dans des banques de gènes spécialisées; et dans des conditions « *ex situ/in vitro* » sous forme de spermatozoïdes cryopréservés et d'autres tissus préservés (Tiersch, 2006). Les collections *in situ* et *ex-situ* de RGH sont tous des formes de banque des gènes.

Les investissements dans la conservation des RGH jusque là ont été insignifiants par rapport à ceux consacrés aux ressources génétiques végétales et animales, mais, on assiste à un changement après une longue série de consultations et d'examen (FAO 1995; Pullin et Casal, 1996; Harvey *et al.*, 1998; Pullin *et al.*, 1999; Greer and Harvey, 2004; Science Council, 2005; Bartley *et al.*, in press).

### **Jumelage: une situation où tout le monde gagne**

Le jumelage du développement et du suivi de l'aquaculture responsable avec une conservation efficace des RGH est potentiellement une situation où tout le monde gagne mais pour réaliser ce gain, il est nécessaire de remplir des obligations. Le développement de l'aquaculture doit suivre le Code de Conduite de la FAO pour une Pêche Responsable (CCRF) ainsi que les différents principes directeurs de ce Code relatifs à l'aquaculture auxquels sera ajouté un ensemble de directives concernant les RGH qui seront formulées en 2007. Les conservateurs doivent aussi accepter l'aquaculture comme un usage légitime des terres, des eaux et d'autres ressources naturelles en harmonie avec d'autres utilisateurs sectoriels, y compris la conservation des RGH.

En d'autres termes, le jumelage signifie la planification, le suivi et le financement conjoints du développement et de soutien continu à l'aquaculture et à la conservation des RGH. Grâce au jumelage, l'aquaculture sera localisée et pratiquée uniquement dans les zones d'aquaculture afin de réduire au minimum les dégâts causés aux RGH tout en les conservant *in situ* dans les zones de conservation. Les zones de conservation sont en permanence hors des limites de l'aquaculture et en dehors de tout contact avec les eaux des centres de culture. Dans quelques bassins, il est presque impossible de réussir car la pression d'utiliser toutes les espaces d'eau disponibles pour l'aquaculture est très intense ou il n'y a pas de cours d'eau qui peuvent être consacrés à la conservation des RGH. Dans ces cas, le dernier recours pour la conservation à long terme des FGH sauvages de grande importance est de mettre au point des centres de collection *ex situ*. Cependant dans quelques bassins fluviaux nationaux et partagés par plusieurs pays, il y aura quelques sites comme les réserves naturelles, les bosquets sacrés qui peuvent servir de site pour la conservation des RGH (Pullin, 1990).

La plus importante raison pour la séparation des centres d'aquaculture et des zones de conservation est que, s'il s'agit des espèces indigènes ou exotiques, les programmes de reproduction aux fins d'aquaculture aboutissent à des poissons génétiquement modifiés. La conservation des RGH implique non seulement la conservation *in situ* des types sauvages dans les zones de conservation mais aussi une conservation *in situ* et *ex situ* des populations souches, sélectivement reproduites, et

des hybrides ainsi que d'autres populations dans les centres de culture et au niveau des collections destinées à la recherche et à d'autres fins.

L'aquaculture responsable bénéficiera du jumelage sous deux angles. En premier lieu, dans les zones d'aquaculture, qui sont pour autant soumises à la mise en œuvre des mesures de biosécurité nationales et internationales convenues pour sauvegarder les opérations et l'environnement en général, les aquaculteurs seront en mesure d'utiliser les espèces indigènes ou exotiques les plus productives. Cela n'implique pas un laisser-faire en ce qui concerne l'usage de tous les types de poissons cultivables dans les zones d'aquaculture. Il s'agira d'une évaluation préalable et d'un comportement responsable et du respect des procédures convenues en particulier dans le CCRF et dans les conventions internationales (surtout la Convention sur la Diversité Biologique) les principes directeurs de l'IUCN, (IUCN, 2000; 2006). Les protocoles convenus par les membres du Réseau International sur la Génétique en Aquaculture (INGA) constituent un exemple concret du respect de ces obligations. (Voir [www.worldfishcenter.org](http://www.worldfishcenter.org)). Ces instruments et d'autres sont bien résumés par De Moor (2004) et dans la présentation de D. M. Bartley préparée pour cet atelier. Les questions telles que l'usage des espèces exotiques et des poissons génétiquement modifiés dans le domaine aquacole en Afrique comme le "GIFT" peuvent être abordé dans le cadre du jumelage et non de manière ad hoc et dans une perspective mono sectoriel comme c'est souvent la norme. En second lieu, l'aquaculture en bénéficiera parce qu'une conservation bien déterminée d'une grande diversité de RGH rendra disponible des matériels génétiques pour les programme de reproduction à l'avenir.

Le secteur de la conservation des RGH aussi bénéficiera du jumelage avec l'aquaculture. Elle sera inscrite dans les mêmes programmes d'élaboration des politiques et de financement et attirera des ressources pour établir et maintenir les zones de conservation. A titre d'exemple, l'aquaculture des espèces indigènes, à l'exclusion des espèces exotiques, contribue de manière significative à l'allègement de la pauvreté au Sud du Malawi, mais tous les conservateurs des RGH aimeraient que le Lac Malawi ne devienne pas un site d'aquaculture. Par conséquent, on doit apporter un appui financier au Malawi et d'autres pays, qui font face à des choix difficiles, pour leur permettre soutenir leur aquaculture et leur conservation des RGH. Une fois que l'aquaculture est établie, elle devient une source de financement de la conservation des RGH. L'aquaculture occupera une meilleure place dans l'histoire que l'agriculture en ce qui concerne l'entretien des leurs parents sauvages.

Le jumelage commence et se poursuit avec une planification stratégique et en répondant aux questions suivantes: qu'est ce que nous voulons faire ? Qu'est-ce qui est à notre disposition, quels sont nos besoins ?

### **Les ressources génétiques du tilapia pour les programmes de reproduction dans le Bassin du Volta**

#### ***Qu'est ce que nous voulons faire?***

La réponse est claire, soutenir l'expansion d'une culture responsable, rentable et durable du tilapia grâce à des programmes de reproduction qui vont assurer que les aquaculteurs ont accès à des quantités adéquates de semences de tilapia de haute qualité et à coût abordable.

#### ***Qu'est-ce qui est à notre disposition ?***

La réponse dans ce cas est que nous ne sommes pas complètement sûrs. Le développement de l'aquaculture dans le Bassin du Volta peut être fondé sur quelques espèces éprouvées mais le tilapia du Nil (*Oreochromis niloticus*) est l'espèce principale évidente. Il existe des données considérables sur le statut du tilapia du Nil et d'autres espèces ainsi que sur l'état de leurs habitats dans toute la région ouest africaine. Paugy *et al.* (1993) qualifient la faune halieutique de l'Afrique de l'Ouest de la plus connue en Afrique. Mais, les informations les plus accessibles sont au niveau des espèces à

travers FishBase (www.fisbase.org) et les publications nationales comme celle de Dankwa *et al.* (1999) pour le Ghana.

La culture du tilapia du Nil et les recherches y afférentes se poursuivent depuis des décennies dans les pays du Bassin du Volta et il y a eu de nombreuses introductions des populations souches provenant d'autres pays et la dissémination des espèces indigènes, exotiques et hybrides. La Revue des ressources génétiques du tilapia par Pullin et le Résumé de Lazar et Rognon (1997) sur la Côte d'Ivoire et le Niger demeurent des sources utiles d'information bien que le statut actuel de l'espèce de Bouaké ou de la Côte d'Ivoire développé dans le fleuve du Nil, celle du Volta noir (Burkina) et du matériel génétique du Niger, celle du Burkina et des stocks cultivés du Niger ne sont pas clairs.

Par conséquent, l'état actuel des ressources génétiques du tilapia du Nil doit faire l'objet d'une documentation complète et d'un suivi continu. Cela constituera la première étape du jumelage parce que des populations importantes intactes de tilapia indigène et d'autres espèces seront documentées ensemble avec des zones potentielles de conservation et des besoins en matière de mesures *ex situ*.

### ***Quels sont nos besoins ?***

A ce niveau aussi, la réponse n'est pas claire. L'espèce du tilapia du Nil du fleuve Volta exportée du Ghana vers les Philippines aux fins d'évaluation au début du projet GIFT était une espèce à **croissance lente** dans l'environnement d'essai aux Philippines (Eknath, *et al.*, 1993). Cela n'implique pas que cette espèce aura une perspective pire au Ghana par rapport à d'autres espèces provenant d'autres pays africains (Egypte, Kenya et Sénégal) avec laquelle elle a été comparée. En fait, il est probable que les espèces indigènes du Volta apportent une contribution utile aux programmes de reproduction pour l'aquaculture du tilapia du Nil. Elles s'adaptent depuis longtemps à leur environnement. Cependant, il faut noter que toute l'histoire de l'élevage du tilapia indique une bonne performance de quelques espèces riveraines dans des environnements très variés. Par exemple, l'espèce Chitralada développée en Thaïlande et qui subit davantage de transformation au Brésil vient de l'Egypte. La seconde conclusion qui est aussi évidente est qu'il existe une gamme élargie de matériels génétiques de tilapia en dehors du Bassin du Volta, surtout dans d'autres pays africains, en Asie et en Amérique Latine.

L'évaluation requise à ce niveau va au-delà de poser la question: Qui possède la meilleure espèce ? Bon, empruntons une voie raccourcie. Les meilleures espèces de tilapia du Nil à partir desquelles il faut commencer des programmes de reproduction pour la culture dans le Bassin du Volta ne sont pas encore connues. Il est naïf de penser que l'on peut tout simplement commencer avec le tilapia génétiquement amélioré d'autrui et connaître d'avance les résultats. Les choix les plus importants sont ceux qui ont trait aux populations souches et à la conception des programmes de reproduction. Tout programme qui sera lancé aura besoin des installations et des fonds. La fondation GIFT s'est rendue compte que les aquaculteurs ne pourront pas facilement prendre en charge le coût de l'amélioration génétique du tilapia et des banques de gènes. Le partenariat publique/ privé semble être la meilleure voie à suivre, avec des programmes publics de reproduction comme la principale source d'amélioration génétique et des banques de gènes au départ.

### **La question du GIFT en Afrique**

Les principaux résultats attendus du projet GIFT et son successeur le projet DEGITA étaient de mettre en évidence les méthodes et avantages de l'amélioration génétique dans le domaine de l'aquaculture tropicale (ADB 2005b). L'évaluation rigoureuse de nombreuses espèces à travers des tests multiples dans divers environnements et le croisement diallèle potentiel suivi par le développement et la sélection d'une espèce synthétique dans le cadre du projet GIFT a été un processus long et conçu comme un projet de recherche. Il n'est pas nécessaire de le reprendre au niveau des programmes de reproduction des pays ou des bassins. L'espèce GIFT a depuis lors subi

d'avantage d'amélioration et a été croisée avec d'autres espèces pour produire ce qu'on peut dénommer des espèces issues du GIFT ou des hybrides. Introduire ces espèces dans un bassin fluvial africain c'est introduire des gènes de tilapia qui n'y étaient pas au paravant. Cela implique également le transfert des espèces distinctes de tilapia entre des bassins et cours d'eau séparés au sein de l'Afrique. L'espèce de GIFT a été développée à partir des matériels génétiques provenant de 4 pays africains et des espèces cultivées de l'Asie provenant d'autres pays africains et de l'Israël. Selon les définitions de la CBD, le pays d'origine du GIFT est les Philippines si l'on suppose que c'est une espèce cultivée avec des caractéristiques distinctes.

Par conséquent, les programmes de reproduction du Tilapia dans le Bassin du Volta feraient-ils mieux de commencer avec le GIFT introduit ou des espèces souches dérivées du GIFT. Peut-être oui, bien qu'il ait d'autres options et la réponse sera la même. La question qui se pose est de savoir comment les reproducteurs et aquaculteurs africains peuvent avoir accès au meilleur matériel génétique du tilapia dans leur propre région et dans d'autres régions de l'Afrique et ailleurs. La réponse proposée est que si le développement de ces programmes de reproduction dans les zones est jumelé avec la conservation des ressources génétiques halieutiques dans les zones de conservation, il peut y avoir une évaluation rapide des espèces indigènes et des espèces introduites, y compris le GIFT et les espèces dérivées du GIFT.

### **Conclusions**

Les programmes de reproduction du tilapia du Nil doivent être fondés sur l'évaluation des meilleurs matériels génétiques disponibles au sein du Bassin et d'autres sources africaines et ailleurs tout en mettant en œuvre les mesures de sauvegarde prévues dans les conventions, les codes de conduite et protocoles que les pays du Bassin du Volta ont signés.

Le jumelage du développement des programmes de reproduction avec la conservation des RGH est non seulement responsable mais aussi mutuellement bénéfique aux deux secteurs.

Le développement des programmes de reproduction du tilapia du Bassin du Volta peut être le premier étude de cas du jumelage de l'aquaculture avec la conservation des RGH.

### **Bibliographie**

**ADB. 2005a.** An Evaluation of Small-Scale Freshwater Rural Aquaculture Development for Poverty Reduction. Asian Development Bank: Manila, Philippines. 163p.

**ADB. 2005b.** An Impact Evaluation of the Development of Genetically Improved Farmed Tilapia. Asian Development Bank: Manila, Philippines. 124p.

**Agnèse, J.-F., (ed.). 1998.** Genetics and Aquaculture in Africa. Editions de l'Orstom: Paris, France. 326p.

**Bartley, D.M., Harvey, B. et Pullin, R.S.V. (éds). In press.** Status and Trends in Aquatic Genetic Resources, Food and Agriculture Organization of the United Nations: Rome, Italy.

**Dankwa, H.R., Abban, E.K. et Teugels, G.G. 1999.** Freshwater Fishes of Ghana: Identification, Distribution, Ecological and Economic Importance. Vol. 283. Annales Sciences Zoologiques. Royal Museum for Central Africa: Tervuren, Belgium. 53.

**De Moor, I. 2004.** Protocols for moving germplasm among counties in Africa., p. 77-92. In M.V. Gupta, D.M. Bartley and B.O. Acosta (eds.) Use of Genetically Improved and Alien Species for aquaculture and Conservation of Aquatic Biodiversity in Africa. WorldFish Center Conference Proceedings 68.

- Eknath, A.E. et 13 co-authors. 1993.** Genetic improvement of farmed tilapias: the growth performance of eight strains of *Oreochromis niloticus* tested in different farm environments. *Aquaculture* 111: 171-188.
- FAO. 1995.** Report on the Expert Consultation on Utilization and Conservation of Aquatic Genetic Resources. FAO Fisheries Report 491. 58p.
- Greer, D. et Harvey, B. 2004.** Blue Genes: Sharing and Conserving the World's Aquatic Biodiversity. Earthscan: London. 231p.
- Harvey, B., Ross, C., Greer, D. et Carolsfeld, J. (éds). 1998.** Action Before Extinction: an International Conference on Conservation of Fish Genetic Diversity. World Fisheries Trust: Victoria BC, Canada. 259p.
- IUCN. 2000.** IUCN Guidelines for the Prevention of Biodiversity Loss Caused by Alien Species. International Union for the Conservation of Nature: Gland, Switzerland. 14p.
- IUCN. 2006.** Alien Species in Aquaculture. Considerations for Responsible Use. The World Conservation Union: Gland, Switzerland. 32p.
- Lazard, J. et Rognon, X. 1997.** Genetic diversity of tilapia and aquaculture development in Côte d'Ivoire and Niger. *The Israel Journal of Aquaculture – Bamidgah* 49 (2): 90-98.
- Paugy, D., Traoré, K. et Diouf, P.S. 1993.** Faune Ichthyologique des eaux douces d'Afrique de l'Ouest, p. 35-66. In G.G. Teugels, J-F Guégan and J-J Albaret (eds) *Biological Diversity in African Fresh- and Brackishwater Fishes*. Vol. 275. *Annales Sciences Zoologiques*. Royal Museum for Central Africa: Tervuren, Belgium.
- Pullin, R.S.V., (ed.). 1988/1989.** Tilapia Genetic Resources for Aquaculture (1988). *Ressources Génétiques en Tilapias pour l'Aquaculture* (1989; traduit par Catherine L'homme Binudin). ICLARM Conference Proceedings 16. 108p.
- Pullin, R.S.V. 1990.** Down-to-earth thoughts on conserving aquatic genetic diversity. *Naga*. The ICLARM Quarterly 13 (1): 5-8.
- Pullin, R.S.V. 2000.** Management of aquatic biodiversity and genetic resources. *Reviews in Fisheries Science* 8 (4): 379-393.
- Pullin, R.S.V. et Casal, C.M.V. (éds). 1996.** Consultation on Fish Genetic Resources. ICLARM Conference Proceedings 51. 61p.
- Pullin, R.S.V., Bartley, D.M. and J. Kooiman, Editors. 1999.** Towards Policies for Conservation and Sustainable Use of Aquatic Genetic Resources. ICLARM Conference Proceedings 59. 277p.
- Pullin, R.S.V., Casal, C.M.V. et Brummett, R. 2001.** Fish genetic resources of Africa, p. 60-74. In P.H. Skelton and G.G. Teugeis (eds.) *African Fish and Fisheries – Diversity and Utilisation*. Vol. 288. *Annales Sciences Zoologiques*. Royal Museum for Central Africa: Tervuren, Belgium.
- Science Council. 2005.** Conservation of Livestock and Fish Genetic Resources. Science Council Secretariat of the Consultative Group on International Agricultural Research: Rome, Italy. 89p.
- Tiersch, T.R. 2006.** Fish sperm cryopreservation for genetic improvement and conservation in Southeast Asia. *Fish for the People*: 4 (2): 21-31.

# Plan de Reproduction du Tilapia du Nil (*Oreochromis Niloticus*) dans le Bassin du Volta

Raul W. Ponzoni et Randall Brummett

## Avant-propos

Le tilapia (*Oreochromis niloticus*) est l'espèce de poisson d'eau douce cultivée le plus important dans le Bassin du Volta. Pour soutenir et améliorer la performance du tilapia cultivé un programme logique de reproduction et d'amélioration génétique doit être mis en place.

Ce rapport fait état des détails d'un plan proposé pour la reproduction sélective du tilapia du Nil. Le plan pourrait être mis en œuvre au départ à Akosombo au Ghana où des travaux sont déjà en cours et élargi plus tard à d'autres localités

## Introduction

Les programmes d'amélioration génétique des espèces terrestres animales et végétales ont contribué de manière significative à la productivité et à la viabilité des industries (par exemple, les vaches laitières, la volaille et les porcs). Il semble qu'il y a une grande potentialité pour l'amélioration des espèces aquatiques étant donné que la technologie de l'amélioration des gènes n'a pas encore connu une application appréciable dans ce domaine. Ce qui justifie amplement la nécessité de planifier, de concevoir et de mettre œuvre en la recherche, le développement et le transfert des programmes d'amélioration des espèces aquatiques.

Les programmes d'amélioration génétique ont les attributs souhaitables suivants:

- ils permettent de modifier l'animal aux fins d'adaptation à un but ou à un environnement;
- ils peuvent entraîner une meilleure productivité, fiabilité et uniformité et les gains peuvent être permanents;
- ils peuvent offrir des solutions aux pathogènes émergents ou existants et aux défis environnementaux;
- ils peuvent assurer une forte rentabilité sur les investissements;
- ils peuvent permettre de réduire l'écart entre la demande et l'offre sans engendrer des impacts environnementaux négatifs; et
- ils facilitent la gestion de l'autocroisement dans le système de production.

L'expérimentation avec le tilapia du Nil et d'autres espèces démontrent que l'amélioration génétique dans le taux de croissance est d'environ 15% par génération au niveau des programmes bien exécutés. L'intervalle de génération à savoir, l'âge moyenne des parents à la naissance de la progéniture (voir annexe 2) dépendra du temps requis pour atteindre la maturité sexuelle. Il est souhaitable de le maintenir autour de 9 à 12 mois afin d'avoir au moins une génération par an.

Un programme d'amélioration génétique bien conçu doit prendre en compte les éléments suivants:

- la description ou le développement du système de production;
- le choix des espèces, des souches et du système d'élevage;
- la formulation de l'objectif ou du but de l'élevage;
- la formulation des critères de sélection;
- la conception d'un système d'évaluation génétique;
- la sélection des animaux et du système d'accouplement;
- le suivi et la comparaison des programmes alternatifs; et
- la conception du système d'expansion et de dissémination des espèces améliorées.

Généralement, ces mesures seraient prises dans cet ordre mais l'ordre peut être modifié. Il y aura toujours des itérations, le retour à des étapes précédentes, des modifications et la rectification des mesures. Il faut noter que tous les aspects sont nécessaires pour une mise en œuvre efficace des programmes d'amélioration génétique. A ce niveau, je vais examiner quelques-unes des mesures énumérées ci-dessus avec un accent particulier sur la situation dans le Bassin du Volta. Le glossaire de quelques terminologies utilisées est ci-jointe en annexe 2 et une liste indicative des installations nécessaires pour la conduite d'un programme d'amélioration génétique se trouve à l'annexe 3.

### **Systeme de production**

Dans le Bassin du Volta, les systèmes d'aquaculture peuvent être qualifiés, d'extensifs, de semi-intensifs et d'intensif en fonction du volume d'intrants dont ils bénéficient. Les systèmes extensifs comprennent les étangs en terre et d'autres cours d'eau qui bénéficient de peu d'intrant ou pas du tout. Dans les systèmes intensifs, les étangs en terre sont fertilisés avec soit des produits chimiques soit des produits organiques ou les deux à la fois pour améliorer la productivité. Le son de céréale et d'autres aliments locaux peuvent être fournis. Les systèmes intensifs utilisent un niveau plus élevé d'intrants, y compris des aliments artificiels et des cages. Il est envisagé que dans l'avenir proche, les systèmes de production les plus courants seraient les systèmes intensifs et semi intensifs.

L'identification du système de production destiné à l'amélioration génétique est importante car elle influence le choix de l'environnement dans lequel le programme sera mis en œuvre. En principe, les programmes d'amélioration génétique doivent se dérouler dans un environnement aussi similaire que possible au système de production dans lequel le poisson génétiquement modifié doit évoluer. Cela assure que les gains génétiques obtenus dans les centres de reproduction se reflètent aussi dans les étangs des éleveurs. Si l'environnement dans lequel la sélection se fait est très différent de l'environnement de production, il est probable que les gains obtenus dans les centres de reproduction ne se répercutent pas au niveau des fermes. Les preuves d'expérimentation démontrent, cependant, que les poissons supérieurs dans un environnement donné demeurent supérieurs dans un autre environnement ou en terme technique, le génotype fondé sur l'environnement est peu important. Lors du développement de la lignée de sélection d'Akosombo, nous avons fait des expériences dans les trois environnements: extensifs, semi intensif et intensif. Nous avons remarqué que les caractéristiques en matière de poids à la récolte dans le système semi intensif a la plus grande corrélation avec les caractéristiques dans les deux autres systèmes. Il a été donc décidé que les essais seront faits désormais dans le système semi intensif seulement.

### **Choix des espèces, des souches et de système de reproduction**

Les décisions sur le choix des espèces et des souches sont prises partiellement pour nous, lorsqu'il y a des difficultés au niveau de la disponibilité des stocks et des préférences bien définies. Néanmoins, il est important de faire un choix convenable car les gains ainsi obtenus peuvent correspondre à plusieurs générations de sélection.

Le choix des espèces et des souches doit de préférence s'opérer en fonction des informations provenant des expériences bien conçues de comparaison des espèces et des souches ainsi que de l'estimation des paramètres phénotypiques et génétiques (hétérosis, héritabilité, corrélations parmi les traits, interactions génotypes – environnement). Ces expériences sont complexes et coûteuses mais elles sont nécessaires. L'approche GIFT utilisée pour le tilapia (Bentsen *et al.*, 1998) et pour la Carpe Rohu (Gjerde *et al.*, 2002) est un moyen efficace d'aborder la question. A cet effet, l'approche GIFT consiste à prélever des échantillons des stocks prometteurs disponibles des espèces concernées, à opérer tous les croisements possibles, et à procéder à la culture de la progéniture ainsi obtenue sans prendre en compte leur origine. On établit ainsi une population de base ayant une grande variation génétique, ce qui améliore la perspective des gains génétiques à l'avenir. Il faut noter que tous les stocks peuvent renfermer des individus inestimables. Le choix du



meilleur stock ne permettra pas l'usage des individus importants dans d'autres stocks. La procédure indiquée ici permet d'utiliser au maximum les « bons gènes » disponibles quelque soit leur origine.

Les travaux destinés au développement d'une souche améliorée à partir du tilapia local ont démarré à Akosombo en 2001. Nous présentons une vue d'ensemble de la manière dont la population a été établie et l'évolution du programme d'amélioration génétique.

### Population de base

Les individus du Tilapia du Nil ont été recueillis dans trois différentes zones écologiques au sein du Système au Ghana, à savoir: Mawuni, Yeji et Kpandu. Ces populations sauvages ensemble avec une espèce domestiquée par l'Institut de Recherche Aquatique ont contribué à la formation de la population de base pour le programme d'élevage du tilapia du Nil au Ghana.

Au total, 150 à 400 poissons par souche ont été gardés dans de différents récipients et le poids moyen de ces poissons était 8g en février 2001. Ces poissons ont été élevés jusqu'au mois de juin, juillet 2001 et ont atteint un poids corporel de 40 à 50 g. Par la suite 40 poissons (20 mâles et 20 femelles) de chaque souche ont été utilisés dans une expérience de croisement diallèle (4x4) pour produire 16 combinaisons de 5 familles, 80 familles au total. La production des familles est fondée sur la procédure suivante (Tableau 1).

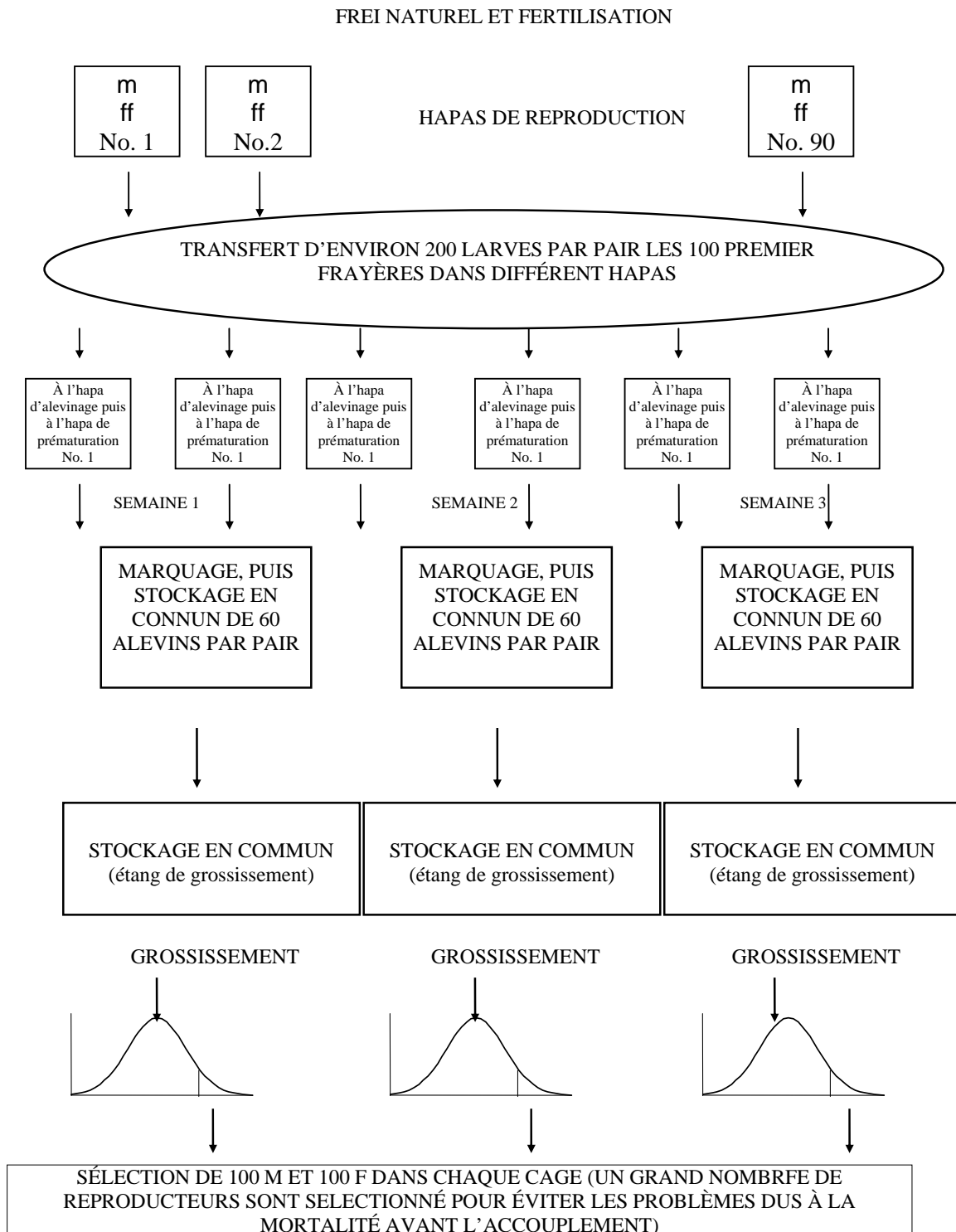
**Tableau 1: Croisement diallèle pour la constitution de la population de base à Akosombo**

Sexe des parents	Mâles			
Femelles	Domestiquée (D)	Kpandu (K)	Nawuni (N)	Yeji (Y)
Domestiquée (D)	<b>D x D</b> 5 familles	<b>D x K</b> 5 familles	<b>D x N</b> 5 familles	<b>D x Y</b> 5 familles
Kpandu (K)	<b>K x D</b> 5 familles	<b>K x K</b> 5 familles	<b>K x N</b> 5 familles	<b>K x Y</b> 5 familles
Nawuni (N)	<b>N x D</b> 5 familles	<b>N x K</b> 5 familles	<b>N x N</b> 5 familles	<b>N x Y</b> 5 familles
Yeji (Y)	<b>Y x D</b> 5 familles	<b>Y x K</b> 5 familles	<b>Y x N</b> 5 familles	<b>Y x Y</b> 5 familles

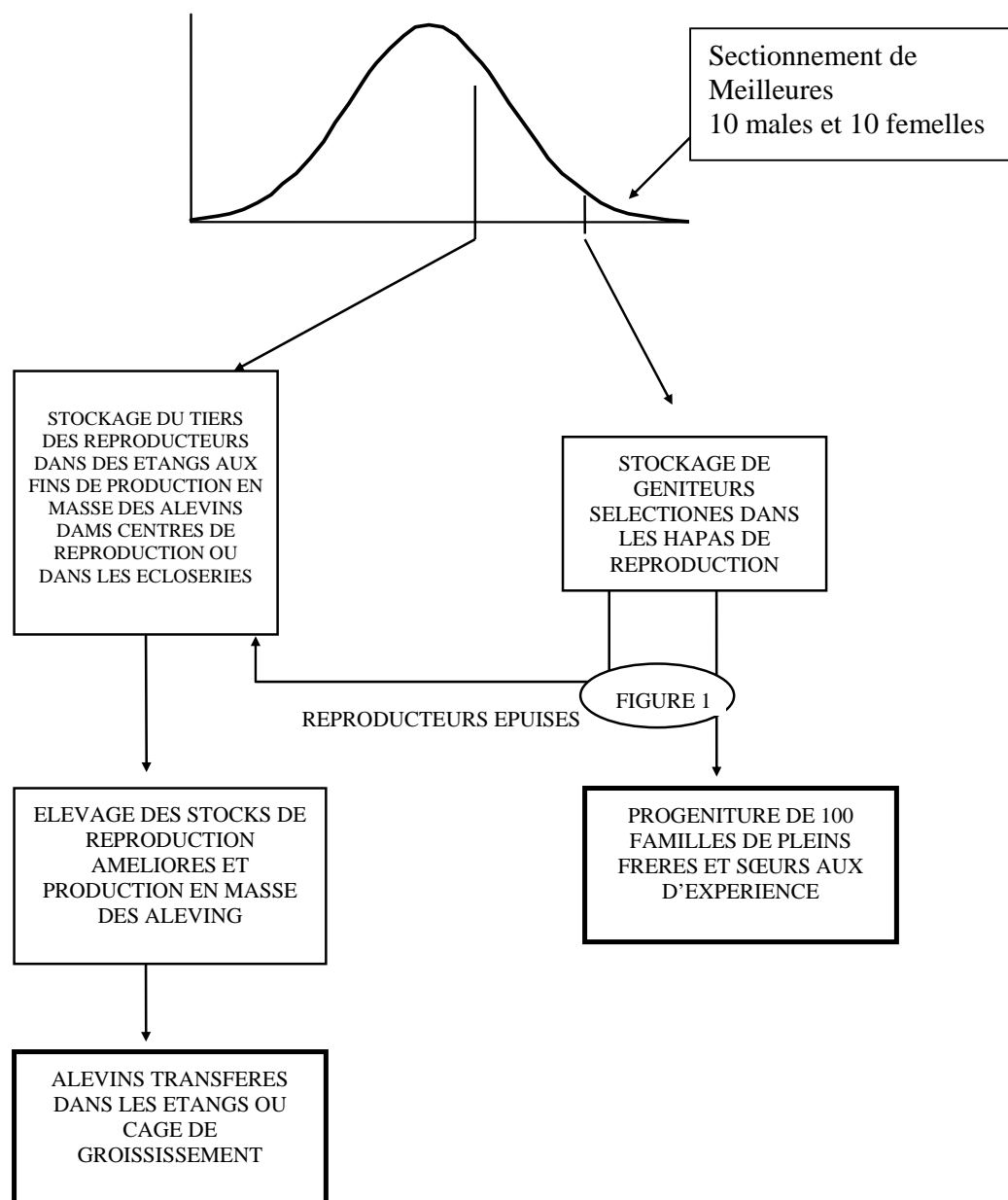
C'est ainsi que la population de base pour le programme d'amélioration génétique à Akosombo a été constituée. Deux générations de sélection ont déjà eu lieu et les poissons de la troisième génération sont prêts pour la récolte au moment de la rédaction de ce document (mars 2007) Lors des travaux, il a été noté que les poissons de Yeji étaient les plus productifs. Cette année, le programme sera renforcé en prélevant un échantillon de 100 individus de chaque sexe dans cette localité.

La procédure suivie lors de la sélection est décrite en détail dans la publication de Worldfish Center (2004). Les géniteurs mâles et femelles sont conditionnés séparément avant la reproduction. Une femelle est mis dans chacune des hapas de reproduction (de taille 1x1x1 m<sup>3</sup>) dans un même étang. L'objectif est de fournir 90 groupes de pleines sœurs ou frères. Chaque mâle est croisé avec deux femelles pour produire des groupes de famille de pleins ou demi sœurs ou frères. Tous les hapas sont inspectés une fois par semaine pour recueillir les swim-up fry. Les swim-up fry sont recueillis séparément de chaque hapa et transférés à une densité standardisée (200 alevins) dans des hapas d'alevinage (de taille 1x1x1 m<sup>3</sup>) placés dans le même étangs. Deux ou plusieurs hapas peuvent être utilisés pour chaque groupe de famille de pleins sœurs ou frères. La date de la collecte des « swim-up fry » est documentée. Cela doit aboutir à 90 familles de pleins sœurs ou frères. Après trois à quatre semaines dans les hapas d'alevinage, les alevins sont transférés à une densité réduite dans des hapas de filet B et sont élevés jusqu'à ce qu'ils atteignent un poids corporel de 10 à 15 g. Les alevins sont individuellement marqués avec des tags PIT suivant la méthode développée dans le cadre du projet GIFT. Au total 60 alevins seront marqués dans chaque famille de pleins frères ou sœurs, soit 5 400 alevins marqués par génération. Ces 60 alevins par famille de pleins sœurs ou frères seront stockés dans un système de cage géré de manière intensive. Au début du projet, les poissons ont fait l'objet de test dans trois différents environnements: intensifs, semi intensifs et extensifs. Compte tenu de la forte corrélation génétique parmi les caractéristiques de poids dans ces environnements, il a été décidé que les essais soit effectués sur ce qui est considéré comme important dans l'avenir proche. La figure A1 donne des détails sur la mise en œuvre du programme.

**Figure A1: Mating of the Parent Broodstock and Rearing of Progeny Until Next Round of Selection**



**FIGURE A2 SELECTION DE REPRODUCTEURS ET DISSEMINATION DU TILAPIA GENETIQUEMENT MODIFIE AUX SECTEURS DE PRODUCTION**



L'introduction de GIFT du WorldFish Center est une option potentiellement utile, étant donné que cette espèce a une potentialité de croissance élevée, et plusieurs autres attributs souhaitables (taux de survie élevé et chair d'une bonne qualité). Il y aura une comparaison de la performance de la ligne améliorée d'Akosombo avec celle de GIFT et un croisement des deux souches sera effectué afin d'indiquer la meilleure méthode à suivre ultérieurement.

### **Formulation du but ou de l'objectif de reproduction**

Formulation du but ou de l'objectif de l'élevage est très important car elle détermine la voie à suivre pour le programme d'amélioration génétique. L'objectif de l'élevage est étroitement lié au système de production. Nous devons veiller à ce que les caractéristiques améliorées sont celles qui sont importantes dans le système de production. Ce sont généralement des traits qui ont un impact sur les dépenses et les revenus dans le système de production ou ceux qui sont associés aux avantages que les usagers peuvent tirer de l'espèce améliorée dans une économie non pécuniaire ou ceux qui influencent les préférences sociales.

L'objectif de l'élevage doit couvrir notamment les caractéristiques telles que: la taille ou taux de croissance, le taux de survie, l'âge de la maturité sexuelle, la résistance aux maladies, la tolérance de la température de l'eau ou d'autres attributs de l'eau, la qualité de la chair du poisson. Parmi ces attributs, le taux de croissance est la plus populaire à cause de son importance capital dans le système de production. Lorsque le poisson d'une taille particulière est désirable, les taux de croissance élevés facilitent leur production dans des délais brefs. Dans tous les cas, le producteur a des avantages. Même s'ils ne sont pas inscrits dans l'objectif de reproduction, les traits considérés comme importants dans le système de production doivent être suivis avec prudence.

Le Programme d'Akosombo se focalise actuellement sur:

- un taux de croissance d'environ 150 g (aussi proche que possible du poids du marché); et
- l'élimination des défauts anatomiques et une forme et couleur acceptable.

Pour ce qui concerne cette dernière caractéristique, la préférence sera accordée à la couleur préférée par les consommateurs sur le plan local.

Il se trouve qu'il y a d'autres caractéristiques sur lesquels on doit se focaliser à l'avenir. Cependant, leur inclusion dans l'objectif de l'élevage à ce niveau n'est pas opportune. Les raisons sous-jacentes de la simplification de l'objectif d'élevage sont indiquées dans l'annexe 1.

### **Méthode de sélection (critères de sélection, système d'évaluation génétique, sélection des animaux et système de croisement)**

Les critères de sélection sont des caractères étroitement liés, mais non nécessairement identiques aux caractéristiques énoncés dans l'objectif d'élevage. L'objectif de l'élevage a trait à l'avenir du programme d'amélioration génétique alors que les critères de sélection portent sur les moyens d'y parvenir. Les critères de sélection sont des caractères que nous utilisons dans l'estimation de la valeur de reproduction de l'élevage et la valeur génétique générale des animaux.

Les critères de sélection peuvent être différent des objectifs d'élevage. Par exemple, nous pourrions être intéressés par le poids du marché mais nous pourrions fonder notre sélection sur des poids prélevé à un âge plus tôt avant d'atteindre le poids du marché dans une tentative d'accélérer le processus de sélection en choisissant les reproducteurs plus tôt. Dans ce cas, nous devons pouvoir choisir les poissons lorsqu'ils sont très proches du poids du marché ainsi le critère de sélection serait le même que le trait de caractère dans l'objectif de reproduction.

Le système d'évaluation génétique peut varier d'une forme simple impliquant une sélection en masse à une forme plus complexe soit faire correspondre un modèle d'animal aux données. Étant donné que les animaux seront libellés individuellement, nous pourrions suivre les pedigrees et utiliser les procédures du meilleur estimateur non biaisé (BLUP), estimer les valeurs de reproduction et la combinaison d'information disponible. Les procédures BLUP sont des meilleurs alternatifs à la sélection en masse ou classique entre et au sein de la famille de sélection. Lors de l'estimation BLUP des valeurs de reproduction les informations sont relatives aux individus et

celles des parentés sont utilisées. La comparaison des valeurs moyennes de reproduction des différentes générations permet l'évaluation des tendances génétiques ou des progrès génétiques au sein de la population.

Dans l'idéal nous n'allons reproduire que les « meilleurs » individus. En pratique, nous avons besoin d'un compromis entre l'intensité de la sélection et l'effectif efficace de la population ( $N_e$ ) en vue de gérer les risques (l'autocroisement par exemple). L'accroissement de l'autocroisement est proportionnel à  $N_e/2$ . Un  $N_e$  relativement grande est nécessaire en vue de:

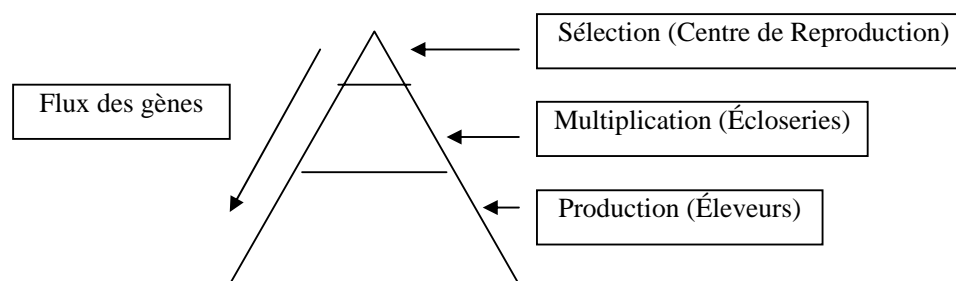
- soutenir la variation génétique à long terme dans la population ;
- gérer l'autocroisement;
- augmenter la limite de sélection; et
- avoir des réponses prévisibles à la sélection.

Grâce à l'information sur le pedigree, l'autocroisement peut être gérée de manière plus efficace en évitant l'accouplement des individus apparentés en vue d'assurer des gains génétiques pendant de nombreuses générations. Il existe un logiciel qui permet la sélection pour les valeurs estimées de reproduction élevées tout en réduisant le taux d'autocroisement à une valeur prédéterminée (Meuwissen, 2002). Après le croisement initial (décrit dans le tableau 1) destiné à la constitution de la population de base, environ 50 mâles et 100 femelles seront utilisés pour chaque génération. Pourvu qu'une grande proportion de ces croisements aboutisse, ce nombre permettra d'obtenir un effectif satisfaisant de population, qui ajouté à d'autres mesures pour éviter l'autocroisement, va assurer des gains génétiques pendant de nombreuses générations.

### Conception d'un système de dissémination des espèces améliorées

L'amélioration génétique a lieu généralement chez une très petite fraction de la population. L'amélioration génétique réalisée au niveau de la population élite dans un Centre d'élevage est multipliée et disséminée aux systèmes de production. Le flux des gènes est illustré dans la figure 1.

**Figure 1:** Flux des gènes du Centre de reproduction au secteur de production



Compte tenu de leur efficacité dans la reproduction, les poissons sont espèces bien adaptées à la dissémination gains génétiques si l'on met en place des structures d'un bon rapport coût – efficacité. La mise en œuvre du programme d'amélioration génétique dans un nombre d'animaux relativement petit peut suffire à servir un grand secteur de production. La taille relative des couches de la population impliquées dans la sélection, la multiplication et la production doit être examinée afin d'assurer un transfert efficace des gains génétiques au secteur de production.

En vue de tirer meilleur profit du programme de reproduction, l'amélioration génétique doit parvenir à la section de production sans retarder. A cette fin, il faudra utiliser les stocks de géniteurs améliorés. La dissémination des semences améliorées sera basée sur la multiplication de stocks de

géniteurs améliorés à un niveau intermédiaire (écloseries Figures 1 et A2). Par ailleurs, après l'achèvement de la production des familles de pleins frères ou sœurs et de demi sœurs ou frères pour le programme d'amélioration génétique, les parents sélectionnés peuvent être utilisés pour la production en masse des semences. Les progénitures des parents sélectionnées deviendront, à l'âge de la maturité sexuelle, des stocks géniteurs de haute qualité génétique suivi par la progéniture des reproducteurs rejetés du meilleur tiers de la population. Une discussion plus détaillée sur la dissémination du poisson amélioré est présentée dans l'annexe sur la Dissémination.

### **Evaluation de gain génétique (suivi)**

L'élaboration d'une procédure d'évaluation des gains génétiques dans un programme de reproduction n'est un élément essentiel pour obtenir une sélection. Cependant, la mise au point d'une population de vérification peut permettre de voir si les hypothèses posées sont valides et que le programme fonctionne bien ou exige des ajustements.

Au même moment que les géniteurs ayant la meilleure valeur de reproduction estimée sont choisis, 30 mâles à l'âge de maturation sexuelle avec une valeur de reproduction estimée moyenne de famille pour le poids du vivant et 30 femelles à l'âge de maturation sexuelle ayant une valeur de reproduction moyenne de famille doivent être sélectionnés. Chaque mâle doit être choisi au hasard parmi toutes les familles disponibles. Ces géniteurs seront utilisés pour produire un groupe de vérification. Leur progéniture peut servir à l'estimation du gain génétique dans chaque génération de sélection. Après que la progéniture issue de l'accouplement d'un seul pair de géniteurs moyens sélectionnés sont élevés dans des hapas différents, le traitement et le nombre de groupes pleins frères ou sœurs de la population de vérification doivent être égale à ceux de la progéniture des parents sélectionnés.

La création d'une population de contrôle est non seulement utile dans l'évaluation du changement génétique de chaque génération, mais aussi elle permet d'estimer les réponses à la sélection des caractéristiques qui ne sont pas documentées de routine et peut fournir du poisson pour des expériences spécifiques (par exemple, les défis environnementaux après plusieurs générations de sélection en matière de taux de croissance et une évaluation des caractéristiques de la chair et du squelette). Le personnel de recherche et les étudiants peuvent exploiter les opportunités offertes la population de vérification dans le cadre de leurs projets.

### **Les avantages attendus d'un programme de reproduction**

Lorsque la variance génétique additive est présente dans un trait de caractère, il y aura toujours une réponse à la sélection si des méthodes efficaces de sélection sont appliquées. Dans la documentation, il y a plusieurs estimations de réponse à la sélection en matière de taux de croissance dans le cadre de expériences d'élevage à grande échelle et des programmes de reproduction. Les estimations suivantes de réponse à la sélection peuvent être mentionnées: Saumon coho, 10; Truite arc-en-ciel, 13; Saumon atlantique, 11 to 14; Poisson-chat de la Manche, 12 to 20; et Tilapia du Nil, 17. La moyenne de ces estimations est environ 15 pour cent de gain génétique en matière de taux de croissance. Cela implique qu'il est possible de doubler le taux de croissance en moins de sept générations. C'est un gain génétique important par rapport à ce qui se produit au niveau des animaux et ce gain est réalisé parce que les poissons et les crustacés ont une grande variation génétique en matière de taux de croissance et un taux de fécondité élevé. Par conséquent, il est possible d'appliquer une intensité de sélection plus élevée.

Les avantages de l'amélioration génétique au titre du taux de croissance sont la réduction des coûts fixes et des coûts de production, la dernière est due au faible niveau d'énergie nécessaire pour l'entretien durant toute la durée de vie. Souvent, on peut observer une réponse de corrélation dans certains cas en matière du taux de conversion des aliments.

Dans le cas du programme norvégien de reproduction, qui fournit aujourd'hui des semences génétiquement améliorées de saumon et de truite arc-en-ciel à plus de 70% de l'industrie piscicole, le ratio de coût-efficacité est estimé à 1/15. Des estimations similaires ont été obtenues au niveau des programmes de reproduction des animaux domestiques terrestres. Le ratio dépendra, cependant, dans une large mesure de l'ampleur du secteur de production qui bénéficie du programme d'amélioration génétique. S'agissant du tilapia, une étude récente a obtenu des ratios allant de 1/8 à 1/240, suivant l'efficacité de reproduction au niveau du noyau et de l'écloserie. En fait le ratio est plus favorable à une plus grande efficacité dans la production (Annexe, Avantages économiques).

## **Bibliographie**

**Bentsen, H.B. et Olesen, I. 2002.** Designing aquaculture mass selection programs to avoid high inbreeding rates. *Aquaculture* 204: 349-359.

**Gjerde, B., Reddy, P.V.G.K., Mahapatra, Kanta D., Saha, J.N., Jana, R.K., Meher, P.K., Sahoo, M., Lenka, S., Govindassamy, P. et Rye, M. 2002.** Growth and survival in two complete diallel crosses with five stocks of Rohu carp (*Labeo rohita*). *Aquaculture* 209: 103-115.

**Meuwissen, T.H.E. 2002.** GENCONT: An operational tool for controlling inbreeding in selection and conservation schemes. *Proc. Wld. Congr. Genet. Appl. Livest. Prod.* 33:769-770

**WorldFish Center 2004.** GIFT Technology Manual: An aid to tilapia selective breeding. WorldFish Center, Penang, Malaysia.



## Annexe 1

Les caractéristiques économiques les plus importantes de la production du tilapia dans le Bassin du Volta se résument comme suit:

- le taux de croissance;
- le taux de survie;
- la maturation sexuelle retardée;
- la résistance aux maladies;
- le pourcentage de nettoyage; et
- la couleur.

Le taux de croissance doit être enregistré à un poids, que l'on peut supposer sans risque, est étroitement lié à la taille en vente (environ 250g). Ce poids est actuellement atteint à l'âge de 7 à 9 mois. La méthode de sélection proposée pour le tilapia du Nil dans le Bassin du Volta implique le maintien des pedigrees pleins et l'estimation des valeurs de reproduction en utilisant les procédures du meilleur estimateur non biaisé (BLUP). Au départ, le taux de croissance serait le seul élément à prendre en compte lors de la sélection. Le taux de croissance est d'une importance capitale et a des conséquences économiques évidentes. D'autres caractéristiques peuvent être ajoutées aux objectifs de reproduction au fur et à mesure que le programme évolue.

La maturation sexuelle, le pourcentage de nettoyage et la résistance aux maladies sont des caractéristiques qui peuvent être prises en compte plus tard, le cas échéant. Cette mesure ne doit pas poser des problèmes car un système de marquage individuel est envisagé. Cependant, il faut noter que lorsque la réversion sexuelle hormonale est utilisée dans le système de reproduction, le retardement de la maturation sexuelle devient relativement peu important.

Bien que le taux de survie et la résistance aux maladies ne soient pas incluses comme des traits spécifiques et enregistrés dans l'objectif de reproduction, une certaine sélection naturelle aura lieu dans la population en reproduction (les individus qui ne sont pas en bonne santé auront peu de progéniture). Dans ce cas, un changement génétique favorable dans ces traits de caractère sera pris en compte dans le plan de reproduction du tilapia du Nil. Plus tard, ces traits de caractère peuvent être formellement inclus dans l'objectif de reproduction.

Plusieurs études sur les poissons ont démontré que le pourcentage de nettoyage est positivement lié au taux de croissance et cela s'améliore en tant que réponse à la sélection en matière de taux de croissance. Il faut noter que l'enregistrement du pourcentage de nettoyage est laborieux et exige l'abattage des poissons.

## Annexe 2

Quelques définitions des expressions communes de la génétique quantitative et des plans de reproduction sélective:

**Autocroisement** signifie l'accouplement d'individus qui ont des liens ancestraux. Ceci est inopportun pour deux raisons: 1) Il mène à la dépression consanguine (rendement faible) dans plusieurs traits, en particulier les traits de forme physique (par exemple la survie et la fertilité), et 2) il mène à la baisse de la différence génétique.

**Demi-frères et sœurs:** Progéniture d'un père mais de mère différente (à savoir frères et sœurs de parents paternels différents), ou d'une seule mère mais de père différent (à savoir frères et sœurs de parents maternels différents).

**Héritabilité** exprime jusqu'à quel point les phénotypes, à savoir la valeur observée de ce trait, sont déterminés par les gènes transmis des parents. Il est donné par le coefficient: (différence génétique additive) / (différence phénotypique)

**Intervalle de génération:** L'âge moyen des parents à la naissance de leur progéniture sélectionnée.

**Mère:** Parent de sexe féminin.

**Père:** Parent de se

**Pleins frères et sœurs:** Progéniture du même père et de la même mère, à savoir la même paire de parents.

**Population de base:** La population initiale d'accouplement au hasard qui constitue la base de l'expérience de sélection ou du programme de sélection. D'habitude, on suppose que le coefficient de reproduction interne est zéro au niveau de la population de base, et ceci constitue donc le point de référence pour évaluer la reproduction interne des générations futures. On ne peut pas toujours satisfaire à cette condition requise; il faut tout faire pour créer une population de base d'individus qui n'ont aucuns rapports les uns avec les autres.

**Sélection de familles:** Sélection basée sur les informations sur les frères et sœurs de mêmes parents et (ou) les frères et sœurs de parents différents pour évaluer la valeur de reproduction (peut aussi inclure les informations d'autres parents). La sélection est faite parmi les familles et non dans la famille, étant donné qu'aucune informations n'est disponible pour distinguer entre les membres de la famille (elles peuvent toutefois être combinées avec d'autres informations au niveau d'un indice à trait multiple qui nous permet de sélectionner le meilleur candidat de reproduction dans la famille). La méthode demande que les informations fournies par les parents soient enregistrées, ce qui signifie que les groupes de frères et sœurs à part entière doivent être élevés séparément jusqu'à ce que les poissons aient atteint une taille à laquelle on peut appliquer un système de marquage.

**Sélection d'indices:** Il s'agit d'une sélection fondée sur une combinaison de sources d'information pour évaluer la valeur de la reproduction, fournies par l'individu lui-même, et par les parents, en particulier les informations relatives aux frères et sœurs à part entière ou de parents différents. La méthode demande que les liens de parenté entre les individus soient enregistrés, ce qui signifie que les groupes de frères et sœurs à part entière doivent être élevés séparément jusqu'à ce que les poissons atteignent une taille pour laquelle un système de commercialisation peut s'appliquer.

**Sélection individuelle:** La sélection est fondée sur le seul rendement de l'individu lui-même, à distinguer de *la sélection de famille et d'indice*. Cette méthode ne demande pas un système de commercialisation, mais le nombre de progéniture de chaque famille qui peut contribuer leurs gènes à la génération suivante doit être limité pour contrôler la *consanguinité*.

**Structure d'accouplement hiérarchique:** Une structure d'accouplement où, par exemple, un mâle est accouplé avec deux femelles.

### Annexe 3: Installations et Equipements de Recherche

L'envergure des installations et équipement de recherche nécessaire pour initier et gérer un programme de reproduction sélective du tilapia dépendra de l'importance du programme, à savoir, le nombre de mâles et de femelles employés, le nombre de progéniture introduit et testé au niveau de chaque génération. Comme il a été indiqué plus haut, pour limiter l'accumulation de consanguinité dans la population de reproduction, il est recommandé d'employer environ 50 mâles et 100 femelles.

Les estimations des infrastructures et des besoins consommables nécessaires pour initier et gérer un programme de reproduction sélectif décrit dans cette proposition sont fournies dans les tableaux suivants. Les coûts peuvent y être déduits.

#### *Besoins en infrastructures pour initier un programme de reproduction sélective du tilapia*

Infrastructures	Quantité
<u>Étangs</u>	
Capacité et conditionnement (2.000 m <sup>2</sup> )	1
Reproduction (1.000 m <sup>2</sup> )	1
Élevage (2.000 m <sup>2</sup> )	1
Grossissement (1.000 m <sup>2</sup> )	1
Machine à coudre (facultatif)	1
Pompe à eau	1
Aérateur (taille d'aquarium)	5
Compteurs	2
Balance de pesage	1
Ordinateur et imprimante	1

*Les besoins minimums de consommables pour initier et gérer un programme de reproduction sélectif de tilapia pour trois générations. Il est présumé que 100 familles de 60 poissons chacune soient testées dans chaque génération*

Produit de consommation	Quantité	Unités <sup>1</sup>
<u>Filets Hapa polyéthylène</u>		
Reproduction et nurseries	1.800	M
Filet B	1.800	M
Hangars Hapa <sup>2</sup>	1.000	Pcs
Etiquettes pour les Alevins		
Etiquettes PIT	18.000	Pcs
Applicateurs	8	Pcs
Scanners	6	Pcs
Epuisettes	10	Pcs
Filets de senne	2	Pcs
Bassins	10	Pcs
Anesthésiques	200	G

<sup>1</sup> Unités: m = mètre (100 cm); pcs = pièces; g = gramme <sup>2</sup> Piquets de bois ou de fer galvanisé, auxquels sont attachés les filets hapa.

# Considérations Génétiques sur la Dissémination Efficace des Espèces Halieutiques Améliorées

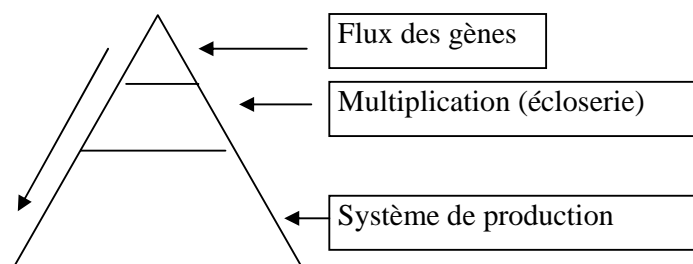
Dr Raul W. Ponzoni

## Introduction

Les systèmes d'aquaculture dans les pays en développement sont essentiellement fondés sur l'usage des espèces et souches non améliorées. Au fur et à mesure que les connaissances et les expériences s'accroissent en matière de gestion, d'alimentation et de santé des animaux, la disponibilité de stocks génétiquement plus productifs devient impérative pour pouvoir utiliser de façon efficace les ressources. A titre d'exemple, il est presque inutile d'assurer les conditions aquatiques idéales et une alimentation de qualité optimale pour des poissons qui n'ont pas le potentiel de se développer plus rapidement et d'être récoltés en temps voulu, ainsi que de garantir un produit d'une qualité voulue. Le perfectionnement du système de production et l'amélioration de la souche utilisée doivent aller de pair.

Dans les industries animales bien structurées, l'amélioration génétique a lieu généralement chez une fraction minime de la population. L'amélioration génétique réalisée dans cette « élite » d'animaux supérieurs est multipliée et disséminée au niveau des systèmes de production. Le flux de gènes est illustré très clairement dans la Figure 1.

**Figure 1:** Flux de gènes à partir du centre d'élevage vers les systèmes de production



Il faut noter que dans ce document j'emploie 'poisson' au sens large du terme pour inclure les animaux aquatiques invertébrés et vertébrés. Compte tenu de leur efficacité de reproduction, les poissons sont espèces bien adaptées à la dissémination gains génétiques si l'on met en place des structures d'un bon rapport coût-efficacité. La mise en œuvre du programme d'amélioration génétique dans un nombre relativement restreint d'animaux peut suffire pour servir une population engagée dans la production.

Malheureusement, l'expérience montre que lorsqu'une souche et un marché destinés à une telle souche se développent, il y a prolifération de mauvaises pratiques qui sont facilitées par le taux de reproduction très élevé du poisson, et la qualité de la souche se détériore en raison de l'autocroisement et de la taille restreinte de la population. Le seul moyen de résoudre ce problème est de mettre en place une structure formelle qui est efficace non seulement du point de vue technique mais qui permet aussi de réglementer le processus et de mettre en œuvre des pratiques d'assurance de la qualité. Dans ce document, je présente les considérations génétiques dont il faut tenir compte pour assurer la livraison aux éleveurs des semences de haute qualité et je formule des recommandations à cet effet.

### **Gestion des géniteurs dans les écloséries: situation générale**

Pour de nombreuses espèces halieutiques élevées, les écloséries fonctionnent sans l'existence d'un programme correspondant d'amélioration génétique. La mauvaise gestion des stocks de géniteurs du point de vue génétique a mené au scénario fréquent de performances faibles et fléchissant au niveau des écloséries. La détérioration peut être attribuée à l'effet conjugué de sélection dans le mauvais sens et à l'autocroisement (Eknath, 1991). Des efforts ont été faits pour expliquer la base génétique de la détérioration de la performance des stocks, et pour prescrire des méthodes pour l'éviter. Toutefois, lorsqu'une souche génétiquement améliorée est disponible, le rôle que jouent les écloséries ne doit pas être la gestion du stock, mais plutôt la multiplication rapide de la toute dernière génération de la souche. Ici, j'expose ce que l'on peut considérer comme la méthode idéale pour la dissémination d'une souche halieutique améliorée. Je donne aussi les principes directeurs pour la gestion des géniteurs au cas où la mise en œuvre de la méthode idéale ne serait pas une option.

### **Politique idéale de la gestion des géniteurs pour les écloséries**

Supposons que nous ayons une souche améliorée de performance supérieure démontrée par rapport à d'autres populations de la même espèce utilisée par les éleveurs, et qu'elle suive un programme continu d'amélioration génétique. Du point de vue de la production de semences de qualité supérieure, il est idéal que les écloséries reçoivent régulièrement des stocks de géniteurs du centre de reproduction où le programme d'amélioration génétique est mis en œuvre et produisent des semences à partir de ces géniteurs, et les remplacent quand leur efficacité reproductive baisse ou cesse. De cette manière, les écloséries multiplieraient et distribueraient les semences aux pisciculteurs à partir de la toute dernière génération du noyau au centre de reproduction, avec le plus grand nombre de générations de sélection déjà accomplie. Ces géniteurs ne se reproduiraient pas dans le but de générer leurs propres géniteurs de remplacement.

Le taux requis de remplacement du stock de géniteurs dépendrait des besoins individuels des écloséries; ce taux serait lié à la détérioration du stock de géniteurs et du rendement anticipé des souches. Compte tenu du fait que dans ce programme les écloséries ne produisent pas leur propre stock de géniteurs de remplacement, les considérations à propos des nombres sont d'un type différent. Il y a, néanmoins, quelques principes directeurs simples à suivre.

D'abord, le nombre de stock de géniteurs dans l'éclosérie à n'importe quel moment devra être compatible avec le rendement anticipé des larves ou des alevins. Ce nombre peut être facilement calculé à partir du taux de reproduction de l'éclosérie en question. En deuxième lieu, il faut prendre des mesures pour s'assurer que, dans l'éclosérie, les parents proches ne s'accouplent pas. Ceci peut se réaliser en fournissant, au centre d'élevage, des stocks de géniteurs en deux groupes, disons A et B, à condition que le Groupe A soit la progéniture d'un ensemble différent de parents du Groupe B. Si nous imposons en outre la condition selon laquelle, dans l'éclosérie, les **mâles** du Groupe A peuvent être uniquement croisés avec les femelles du Groupe B, et *vice versa*, nous éliminons toute possibilité de croiser les individus qui sont entièrement de mêmes parents ou ne sont pas de mêmes parents. Bien entendu, le stock de géniteurs pourrait être fourni en plus de deux groupes, si cela s'avère nécessaire pour une raison ou une autre.

Le stock de géniteurs fourni aux écloséries par le Centre d'élevage comprendrait généralement des individus excédentaires du programme d'amélioration génétique, des individus provenant de croisement spéciaux (en plus de ceux menés dans le cadre du programme d'amélioration génétique) de parents choisis, ou de parents superflus (à savoir ceux qui sont déjà employés dans le noyau mais qui ne sont plus nécessaires parce qu'une nouvelle génération est, ou sera bientôt disponible). L'usage de parents superflus par les écloséries pourrait être très utile dans la dissémination rapide des gènes, des meilleurs individus de la souche améliorée, réduisant ainsi l'écart génétique entre le noyau et le secteur de production

Un changement de la perception selon laquelle les écloséries doivent élever leurs propres remplacements serait dans l'intérêt de l'industrie dans l'ensemble. La réalisation d'un tel changement nécessitera l'éducation des gestionnaires des écloséries et la mise en œuvre des procédures d'habilitation des écloséries qui adhèrent au programme et sont disposés à suivre les protocoles nécessaires. A noter que c'est l'approche qui a été suivie par la Fondation GIFT.

### **Principes directeurs en gestion des stocks de géniteurs quand les remplacements sont élevés au sein de l'éclosérie**

**Informations générales:** Si une souche améliorée était mise à la disposition des écloséries sans des conditions ou restrictions imposées à l'usage du stock, leur multiplication par la reproduction d'un nombre limité de parents dont les parents ne sont pas déterminés mènera inévitablement à l'autocroisement et à une performance affaiblie, ce qui aurait au moins deux conséquences peu souhaitables. D'abord, les pisciculteurs ne tireraient pas parti des gains génétiques réalisés dans le noyau, car ces gains auraient été érodés par la dépression de l'autocroisement au moment où ils recevaient les souches. En deuxième lieu, la performance médiocre réalisée par les pisciculteurs donnerait un mauvais renom à la souche améliorée, rendant plus difficile sa dissémination auprès d'autres pisciculteurs. Étant donné les ressources et l'effort consentis dans la mise au point d'une souche améliorée, ce serait une évolution malheureuse. D'où le programme extrêmement formalisé de la multiplication par le remplacement continu de stock préconisé et exposé dans les paragraphes précédents, et les réserves exprimées à l'égard de la notion selon laquelle les érosions doivent produire leur propre stock de remplacement.

**Autocroisement:** l'autocroisement est l'accouplement d'individus qui sont apparentés parce qu'ils ont un ou plusieurs ancêtres en commun. La progéniture d'un tel accouplement est dite autocroisée à un degré qui dépend de l'étroitesse des relations entre leurs parents. Ce sont les relations entre les parents qui rendent la progéniture autocroisée. L'un ou les deux parents peuvent être autocroisés mais s'ils ne sont pas de la même lignée, les progénitures ne peuvent pas être autocroisées. La première conséquence de l'autocroisement est de réduire le nombre d'individus qui sont des hétérozygotes pour chaque pair de gènes et d'accroître le nombre d'individus qui sont des homozygotes. On peut calculer la réduction du nombre d'hétérozygote et l'accroissement du nombre des homozygotes et trouver le degré d'autocroisement, dénommée coefficient d'autocroisement. Le coefficient d'autocroisement varie entre 0% au départ et 100% lorsque l'autocroisement est complète.

Il y a deux conséquences pratiques de l'autocroisement provenant de la réduction des hétérozygotes et de l'accroissement des homozygotes. La conséquence la plus évidente est la dépression consanguine. La résistance des animaux devient généralement faible et ils sont susceptibles aux maladies et leur capacité reproductive diminue en raison d'une efficacité reproductive et d'un taux de survie faibles. Cet effet provient du fait que la plupart des gènes nuisibles sont récessifs. Dans une souche hétérocroisée, ces gènes se retrouvent dans les hétérozygotes où ils ne sont pas visibles dans le phénotype à cause de leur caractère récessif. Cependant, au fur et à mesure l'autocroisement se poursuit, ils apparaissent de plus en plus dans les homozygotes où ils exercent leurs effets nuisibles sur le phénotype. La seconde conséquence pratique de l'autocroisement est le changement du taux de variabilité génétique chez les animaux. Lorsque l'autocroisement est due à l'effectif de la population au lieu d'une fécondation délibérée des parentés dans une large population, la variation génétique diminue, réduisant ainsi la portée des gains génétiques.

### **Éviter l'autocroisement dans les écloséries: principes directeur**

Dans cette section, les principes directeurs visant à maintenir la qualité du stock reproducteur sont énoncés et quelques propositions pratiques sont faites.

Effectif efficace de la population L'effectif efficace de la population est l'un des principes importants dans la gestion d'une population. Il dépend de plusieurs facteurs tels que le nombre total d'individus reproducteurs, le ratio du sexe, le système d'accouplement et la variance de l'effectif de la famille. Dans une population de croisement aléatoire,  $N_e$  est calculée comme suit:

$$N_e = 4N_f N_m / (N_f + N_m)$$

$N_f$  et  $N_m$  représente respectivement le nombre de stocks reproducteurs femelles et mâles.

L'effectif efficace de la population est inversement lié au taux d'autocroisement par génération (AF):

$$AF = 1/2N_e$$

Nous pouvons aussi écrire:

$$AF = 1/(8N_f) + 1/(8N_m)$$

Les équations ci-dessus ont quelques conséquences pratiques très importantes. Tout d'abord, l'effectif efficace de la population n'est pas égal à la population recensée. Par exemple, deux populations, l'une composée de cinq mâles et 15 femelles et une autre composée de 10 mâles et 10 femelles ont le même effectif au recensement. Deuxièmement, suivant les calculs opérés ci-dessus, l'effectif efficace de la population est maximisée lorsque le nombre de femelles et le nombre de mâles sont les mêmes. Troisièmement, si nous fixons une limite maximale pour l'accroissement de l'autocroisement par génération soit à 1,0%, nous pourrions donc calculer l'effectif efficace de la population exigée (50). Cet effectif efficace de la population peut être réalisé en croisant 25 mâles avec 25 femelles et en supposant qu'ils ont tous une progéniture et que la progéniture de tous les paires contribue à la génération suivante. Certes, cela peut être réalisé par d'autres moyens.

Ces considérations doivent être minutieusement appliquées aux espèces comme le tilapia. Fessehave *et al.* (2006) ont découvert qu'en cas de reproduction en masse dans de grands hapas, il y a une forte variance au niveau du succès de la reproduction des mâles, avec un tiers des mâles représentant plus de 70% de la progéniture. Cela donne un taux d'autocroisement environ deux fois le taux prévu à partir de l'effectif efficace de la population. En pratique, cela implique que pour atteindre un taux faible d'autocroisement, on doit avoir le double de l'effectif indiqué dans la théorie.

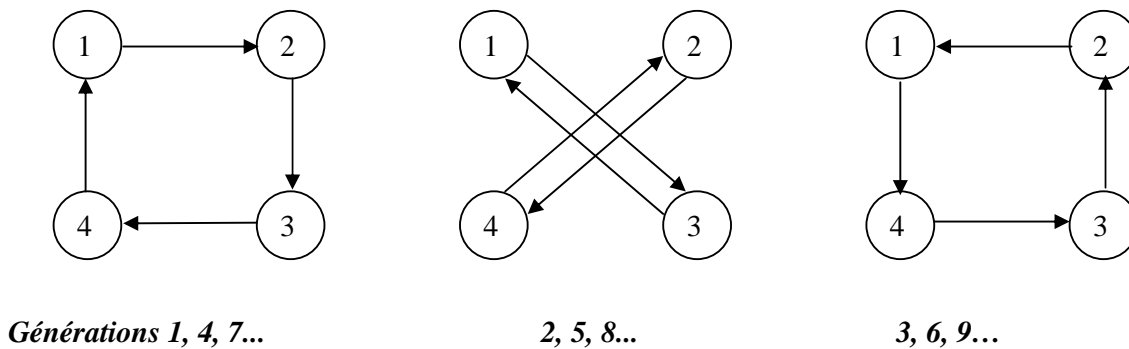
Il faut noter que dans une population cloisonnée ayant un effectif limité, l'autocroisement est inévitable. Le fait que plus le  $N_e$  est faible plus le taux d'autocroisement augmente doit être prise en compte. Si les remplaçants des stocks reproducteurs sont produits dans l'écloserie, l'objectif des responsables de l'écloserie serait de réduire le taux d'autocroisement en augmentant l'effectif efficace de la population. Les grandes écloseries publiques et privées ont besoin des conseils et de surveillance dans ce domaine puisqu'en général, ils n'ont pas assez de connaissance sur les principes génétiques et la gestion efficace des stocks reproducteurs. Souvent, les écloseries privées ont une espace limitée pour les poissons reproducteurs car elles sont naturellement tournées vers le profit. Les gains à court terme peuvent être en conflit avec les considérations d'autocroisement. De préférence, les écloseries qui s'occupent eux-mêmes de l'entretien de leur stock de reproducteur doivent avoir une unité séparée en dehors de celle de la production des semences.

Considérations pratiques Vous trouverez ci-dessous la liste des questions pratiques que les écloseries qui s'occupent elles-mêmes de la production des remplaçants de leurs stocks reproducteurs. Elle ne constitue pas un substitut aux discussions personnelles avec les gérants des écloseries et au suivi des opérations.



- Augmenter l'effectif efficace de la population car cela réduit le taux d'autocroisement. Il n'y a pas de nombre idéal de stock reproducteur qui peut être universellement recommandé mais la production d'une progéniture à partir de 50 paires de parents dans chaque cycle de reproduction est conseillée. L'usage à plusieurs reprises des mêmes stocks de reproduction à tel enseigne qu'il y ait une fécondation entre parent et progéniture doit être évité.
- Pour un effectif de recensement, maintenir un ratio de 1 mâle pour 1 femelle au niveau des stocks reproducteurs peut réduire considérablement le taux d'autocroisement.
- Au lieu de la reproduction en masse, on peut adopter le dépouillement des poissons puisque cela peut permettre une meilleure maîtrise de la production et la contribution des parents à la génération suivante. Il peut également permettre d'éviter la fécondation entre des parentés proches.
- Les responsables des écloseries doivent avoir une connaissance détaillée de leurs stocks reproducteurs. Par exemple, ils doivent documenter là où se trouve chaque stock. (étang ou cuve). Il est utile de les regrouper par groupe d'âge.
- Le marquage ou le découpage des nageoires peut se faire afin d'identifier les différents groupes de stocks reproducteurs. Même dans les cas où on ne peut pas identifier les poissons individuellement, leur répartition en différents groupes peut faciliter l'organisation de l'accouplement de manière à retarder l'autocroisement et cela aboutit à un taux uniforme d'autocroisement au niveau de la population par rapport au croisement aléatoire. La figure 2 démontre comment l'accouplement peut être organisé pour trois groupes. Ce système d'accouplement est dénommé « accouplement par cohorte ». Ces groupes peuvent être en fonction de l'âge ou identifiés par le centre de reproduction suivant la lignée. Les flèches indiquent le transfert des mâles. Le principe est qu'une progéniture mâle est croisée avec des femelles issues d'un groupe différent de celui de la naissance de ces mâles. Le transfert suit le modèle indiqué dans le schéma. Les mâles sont transférés suivant la direction des flèches alors que les femelles demeurent dans leur groupe de naissance. Le modèle de transfert varie avec le chiffre de la génération. C'est un système d'accouplement relativement simple et réduit considérablement l'autocroisement par rapport au croisement aléatoire (Nomura et Yonezawa 1996). Ce système est applicable un plus grand nombre de groupes et plus le nombre de groupe est grand, plus le taux d'autocroisement est faible.

Figure 2: Schéma d'accouplement cyclique pour éviter l'autocroisement



- Les introductions périodes voire fréquentes des stocks reproducteurs améliorés ou provenant des écloséries de renom doivent s'effectuer. Le croisement avec les stocks de l'éclosérie empêchera l'autocroisement et permettra une variation génétique. Cependant, il faudra préserver l'identité du stock introduit et le garder séparément pour les accouplements futurs.
- L'utilisation de la laitance cryopréservée peut permettre d'accroître l'effectif efficace de la population et épargner l'espace d'élevage qu'il faudrait consacrer au stock reproducteur mâle. La laitance doit provenir d'un stock amélioré ou des mâles d'une autre éclosérie reconnue pour sa bonne performance. L'usage de la laitance cryopréservée va non seulement réduire les exigences en matière d'espace d'élevage des mâles mais aussi faciliter le déplacement d'une place à l'autre.

### Conclusions

En vue de tirer profit des efforts de développement des souches améliorées, la dissémination de ces souches aux aquaculteurs doit être efficace. En effet, les effectifs relatifs de la population, les secteurs impliqués dans la sélection, la multiplication et la production doivent être examinés afin d'assurer un transfert efficace des gains génétiques au secteur de production.

Il faudra préconiser la mise en œuvre des politiques de remplacement continu des stocks reproducteurs grâce aux approvisionnements auprès des Centres de Reproduction. Cela va certainement exiger un processus de certification des écloséries conformément à un protocole établi de remplacement et de gestion des stocks reproducteurs. La certification permettra d'assurer la qualité des stocks reproducteurs utilisés dans les écloséries et des larves ou des juvéniles produits. C'est l'option préférée en ce qui concerne la multiplication et la dissémination des souches améliorées.

La production des stocks reproducteurs au niveau des écloséries doit être découragée. Il est fort probable que cela aboutisse à l'autocroisement et à une mauvaise performance et mettent en péril la réputation de la souche améliorée. Il faut cependant reconnaître que la pratique suivant laquelle les écloséries produisent leur propre stock reproducteur est enracinée dans l'industrie. Pour ce faire, les principes directeurs visant à réduire l'autocroisement et la détérioration de la performance ont été énoncés plus haut.

La leçon apprise dans le cas des autres espèces est que les processus de multiplication et de dissémination se déroulent de manière plus systématique lorsque des ressources spéciales y sont consacrées. A mon avis, on doit assigner à une ou deux personnes ayant des connaissances sur l'industrie de l'élevage et de l'aquaculture la responsabilité d'établissement et de supervision des écloséries concernées. Il faudra mettre à la disposition de ces personnes les ressources nécessaires pour accomplir cette tâche. Dépendre du personnel existant qui a d'autres responsabilités va réduire la probabilité de réussite. Les feed-back fournis par ces personnes aux Centres de Reproduction constitueront un aspect inestimable de cette activité.

### Bibliographie

**Ek Nath, A.E. 1991.** Simple brood stock management to control indirect selection and inbreeding: Indian Carp example. NAGAN°738, pp 13-14.

**Fessehaye, Y., El-Bialy, Z., Rezk, M.A., Croojimans, R., Bovenhuis, H. et Komen, H. 2006.** Mating systems and male reproductive success in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) in breeding hapas: a microsatellite analysis. Aquaculture 256: 148-158.

**Nomura, T. et Yonezawa, K. 1996.** A comparison of four systems of group mating for avoiding inbreeding. Genet. Sel. Evol. 28: 141-159.

## Evaluation Economique des Programmes d'Amélioration Génétique du Tilapia du Nil (*Oreochromis Niloticus*)

Raul W. Ponzoni, Nguyen Hong Nguyen, Hooi Ling Khaw

Les programmes d'amélioration génétique des espèces terrestres animales et végétales ont contribué de manière significative à la productivité et à la viabilité des industries. Par contre, la plupart des stocks d'aquaculture utilisés dans les pays en développement sont génétiquement similaires ou inférieurs aux espèces sauvages non domestiquées. Il y a des preuves que les programmes d'amélioration génétique des espèces aquatiques peuvent avoir les mêmes effets positifs obtenus au niveau des plantes et des animaux. GIFT (le tilapia cultivé génétiquement amélioré) et Jayanti Rohu sont deux exemples dans les pays en développement. Ce sont respectivement des souches améliorées d'*Oreochromis* et *niloticus* et de *Labeo rohita* qui sont attractifs et très utiles pour les aquaculteurs en raison de leur croissance rapide et de leur taux de survie. Cependant, les programmes d'amélioration génétique ont besoin des investissements d'établissement et des dépenses courantes annuelles pour fonctionner. Compte tenu de ces coûts, les institutions publiques peuvent avoir des doutes à propos du bien fondé des investissements dans de tels programmes à moins qu'il ait des avantages qu'elles peuvent prévoir avec certitude.

Les réponses annuelles à la sélection sont souvent insignifiantes par rapport aux gains qui peuvent être réalisés grâce à l'expansion, la nutrition améliorée et à l'intensification du système de production. Cependant, la réponse de sélection évaluée au niveau d'une seule population ne donne pas une idée claire de l'impact des gains génétiques. Avec une structure industrielle adéquate, l'agrégation des réponses réalisées au niveau d'un nucleus qui est soumis à une amélioration génétique peut être transmise aux couvoirs et par la suite aux aquaculteurs. Ce potentiel de mise en évidence des petits changements qui se produisent chez des milliers ou des millions d'animaux est ce qui rend les programmes d'amélioration génétique l'un des moyens les plus efficaces et moins chers d'accroître l'efficacité dans le domaine de l'aquaculture.

Dans cette communication, nous allons examiner les avantages des programmes d'amélioration génétique sur le plan national et pour une gamme élargie de scénarios. En utilisant le tilapia du Nil (*Oreochromis niloticus*) comme un exemple, nous avons conclu que même suivant les hypothèses les plus modestes, ils sont très bénéfiques du point de vue économique.

Les avantages économiques du programme d'amélioration génétique du tilapia sont examinés dans une perspective nationale. L'on a utilisé l'hypothèse d'une structure industrielle au niveau duquel un programme d'amélioration génétique est appliqué à un noyau qui fournit des stocks reproducteurs pour les couvoirs, qui à leur tour produisent des alevins pour les aquaculteurs qui s'occupent de l'élevage jusqu'à ce les poissons atteignent une taille commercialisable. Des rabais ont été utilisés dans le calcul des profits et coûts en fonction de la valeur actuelle nette. L'avantage économique (taux de rentabilité réduit moins des coûts réduits (EB) et le ratio bénéfice/cout (BCR) a été évaluée pour une période de dix ans. La sensibilité de l'EB et de la BCR à quelques facteurs est examinée. Il s'agit de:

- des facteurs biologiques (les valeurs d'héritabilité qui représente la quantité d'aliment consommé);
- des facteurs économique (les frais d'établissement, taux d'escompte, prix du poisson); et
- des facteurs opérationnels (l'année des premiers bénéfices, l'efficacité reproductive).

Les risques en jeu ont été évalués en fonction de la variabilité des réponses de sélection. Les valeurs d'héritabilité ont des effets modérés alors qu'il a été démontré que le coût de l'accroissement de la consommation des aliments en raison de la sélection d'un taux de croissance plus rapide doit être pris en compte en vue d'éviter une estimation excessive de EB et BCR. Les investissements d'établissement, les coûts annuels et le choix des taux d'escompte ont eu des effets relativement insignifiants sur l'EB et le BCR alors que l'effet sur le prix du poisson a été remarquable. Les retards au niveau des premiers gains du programme ont entraîné un EB et BCR réduit. Cependant les principales sources de variation au niveau du EB et BCR étaient les améliorations au niveau de l'efficacité reproductive du nucleus et des couvoirs. Les risques d'échec du programme pour des raisons techniques sont très faibles. Pour conclure, même avec les hypothèses les plus modestes les programmes d'amélioration génétique sont très bénéfiques du point de vue économique et pour le cas étudié, l'EB peut s'élever à plus de 4 millions de dollars avec un BCR correspondant de 8,5 à 60.

## Vers des Systèmes d'Habilitation pour les Couveuses dans l'Aquaculture du Tilapia dans le Bassin du Fleuve Volta: Une Leçon à Apprendre de la Salmoniculture

Ian Mayer et Emil Olafsson

### La salmoniculture en Norvège: Une étude de cas

La salmoniculture en Norvège a été sans doute l'histoire d'une réussite incroyable. Jusqu'au début des années 80, la salmoniculture n'était qu'une industrie de subsistance qui, dans l'ensemble, n'avait aucune importance économique pour la Norvège. Cependant, depuis le début des années 80, la production halieutique à partir de la salmoniculture a augmenté d'une façon sensible, et est devenue l'une des industries les plus importantes du pays. En 2005, la Norvège occupait la neuvième position en tant que nation d'aquaculture et était le producteur le plus important du saumon élevé dans le monde (FAO, 2005).

Pour de nombreux espèces halieutiques élevées, la salmoniculture comprend deux phases de production, à savoir la production de jeunes poissons (smolt) dans des couveuses terrestres et puis une phase d'élevage en cages en mer jusqu'à ce qu'ils pèsent 3-5 kilos après un ou deux ans. En 2004, presque deux millions de saumons étaient élevés en cages en mer le long de la côte norvégienne, avec une production annuelle de presque 600 000 tonnes métriques.

L'essor dramatique de la salmoniculture au cours de ces deux dernières décennies est accompagné de l'adoption de nouvelles législations visant le contrôle/la protection de l'industrie salmonière. La législation est avant tout mise en œuvre par le **Ministère norvégien des pêches et des affaires côtières**, alors que celles liées à la santé du poisson sont mises en œuvre par la **Régie norvégienne de la sécurité alimentaire**. La législation couvre en particulier les domaines suivants:

- **Permis** (couveuses et fermes d'élevage)  
Une autorisation pour la salmoniculture est un permis délivré par les autorités, qui permet la salmoniculture sous les auspices de la Loi régissant les maladies du poisson et la Loi sur la lutte contre la pollution. Par ailleurs, les demandeurs de permis sont évalués sur le plan des intérêts de la conservation, de la récréation, de la pêche et de la faune. Un demandeur doit remplir toutes les règles énoncées par la Loi du 17 juin 2005 No.79 (la Loi sur Aquaculture).
- **Règles régissant l'importation, l'exportation et le mouvement de poissons** (couveuses et fermes d'élevage)  
Ces règles visent particulièrement la lutte contre la propagation des maladies par le mouvement de stocks halieutiques. La documentation sur le transport doit comprendre un état de santé indiquant que le poisson remplit les conditions requises de la Directive 91/67/EEC du Conseil européen qui couvre les conditions sanitaires des animaux élevés par aquaculture (*Loi du 4 juillet 1991 No. 509, Loi du 20 décembre 1998 No. 1484, Loi du 30 mai 2003 No. 661*).
- **Loi sur la désinfection** (couveuses)  
Ces règles ont trait au nettoyage et à la désinfection des sites d'aquaculture et à la désinfection de la prise d'eau et des eaux usées provenant des activités liées à l'aquaculture (*Loi du 20 février 1997 No. 194, Loi du 29 février 1997 No. 192*).
- **Règles relatives à la maladie et à la qualité du produit** (couveuses et fermes d'élevage)  
Ces règles sont mises en œuvre par la Régie norvégienne de sécurité alimentaire, et sont couvertes par la législation suivante (*Loi du 22 décembre 2004 No. 1785 - Loi sur la lutte contre les maladies*). Les règles qui sont relativement strictes précisent les grandes lignes pour

la surveillance de la santé et du bien-être du saumon et de la truite, et pour assurer la qualité d'eau et d'autres facteurs environnementaux. Les inspections sanitaires doivent être assurées par les vétérinaires agréés qui sont au service de la Régie norvégienne de la sécurité alimentaire. Les géniteurs et les jeunes poissons (couveuses) doivent bénéficier d'un minimum de 12 inspections sanitaires par an. Les poissons plus grands destinés à la production d'aliments (fermes de salmoniculture) doivent bénéficier d'un minimum de six inspections sanitaires par an.

## Considérations environnementales

### Effets directs

- **Déchets organiques**

La salmoniculture intensive mène à des niveaux élevés de la production de déchets organiques, à savoir des matières organiques, en particules (aliments non consommés et matières fécales) et des nutritifs (N/P). L'impact environnemental de ces déchets peut être réduit si la ferme de salmoniculture de la région est bien choisie (eau profonde et courants forts). De cette manière, le permis ne sera délivré que si ces conditions sont remplies d'une façon satisfaisante.

- **Polluants chimiques**

*Pesticides* - A l'heure actuelle, les pesticides sont principalement utilisés dans l'industrie norvégienne du saumon pour lutter contre les infestations marines de poux. Ceci est une préoccupation environnementale à cause de leur toxicité aiguë et de leur demi-vie longue.  
*Métaux lourds* - le cuivre (Cu<sub>2</sub>O) est utilisé comme agent anti-polluant sur les cages à saumon en mer. Presque 250 tonnes métriques de cuivre ont été utilisées en 2004, dont 80-90 % ont été relâchées dans l'environnement marin. Le cuivre est extrêmement toxique pour les organismes aquatiques.

*Antibiotiques* - Vu les améliorations enregistrées au niveau des pratiques de gestion et plus particulièrement de la mise au point de vaccins spéciaux pour le saumon, la quantité d'antibiotiques utilisée dans l'industrie salmomière de Norvège a baissé d'une façon sensible depuis les années 90.

### Effets indirects

- **Impact du saumon échappé - interactions avec le poisson sauvage**

Jusqu'à présent, la préoccupation environnementale majeure concernant les nombres importants de saumon échappé est l'introgression génétique éventuelle entre ces poissons et les stocks sauvages. Ces préoccupations concernent:

le saumon atlantique élevé, grâce aux programmes d'élevage sélectif de grande envergure, est génétiquement distinct des populations sauvages ; et

à l'heure actuelle, plus de 70 % de tous les œufs utilisés dans les fermes de salmoniculture et la moitié des œufs utilisés ailleurs dans le monde proviennent des descendants de pas plus de deux populations sauvages du saumon atlantique norvégien.

Ainsi, le saumon élevé échappé a le potentiel de modifier la constitution et la diversité génétique au sein des populations sauvages de saumon et entre celles-ci. Le maintien de niveaux suffisants de variation génétique au sein des populations et entre celles-ci est essentiel pour la durabilité à long terme et le potentiel d'évolution d'une population. L'introduction de différentes formes de gènes du saumon élevé au saumon sauvage (introgression génétique) réduira la homogénéité génétique au sein des populations sauvages et entre celles-ci parce que le saumon élevé dispose de moins de variabilité génétique et quelques espèces seulement sont utilisées à grande échelle. Il y a des preuves que des populations localisées et génétiquement distinctes du saumon atlantique existent en Norvège. La perte de cette homogénéité

génétique réduira le potentiel adaptif de cette population. L'introgression réduira la variabilité génétique dans les populations sauvages, ce qui mènera à la dépression de croisement. Il y a des preuves croissantes que cela peut entraîner des changements dans la fréquence des gènes dans les populations sauvages et des conséquences négatives possibles pour le bien être des populations sauvages (McGinnity *et al.*, 2003; Hindar *et al.*, 2006).

Pour déterminer l'impact environnemental de l'introgression génétique entre le saumon élevé et le saumon atlantique sauvage, McGinnity *et al.* (1997) a entrepris une expérience d'élevage dans un territoire de frai naturel sur la côte ouest d'Irlande. A la suite du frai croisé de différents groupes de saumon, McGinnity *et al.* (1997) ont pu comparer les performances de la progéniture du saumon sauvage, élevé et hybride. Les conclusions de l'étude ont montré que, alors que le saumon élevé est plus agressif et se développe plus vite, le poisson sauvage a une tendance à migrer plus, car Peperlan vit plus longtemps (condition physique). Ces résultats montrent plus clairement que le saumon atlantique élevé échappé peut produire des modifications génétiques à long terme dans les populations naturelles de saumon sauvage, ce qui mène à la baisse de la condition physique et de la productivité. Plusieurs autres études ont donné des résultats similaires et ont conclu que le nombre de saumon qui s'échappe doit être gardé au minimum en vue de la protection des populations sauvages (par ex. McGinnity *et al.*, 2003; Hindar *et al.*, 2006).

### ***Vers un système d'habilitation pour les couveuses du tilapia du Nil***

A l'instar de la réussite de l'industrie salmonière en Norvège, l'aquaculture du tilapia, surtout en Asie, a connu un essor majeur au cours de ces vingt dernières années et les tilapias sont les espèces halieutiques les plus cultivées dans le monde. L'une des principales raisons avancées pour cette réussite est les programmes sélectifs d'élevage mis en œuvre en Asie et qui ont mené à une croissance plus vite des stocks et des tailles beaucoup plus grandes que leurs homologues sauvages. A la différence de la législation relativement stricte concernant l'industrie salmonière, il paraît qu'il n'y a aucun système d'habilitation pour les couveuses dans l'industrie du tilapia dans le monde entier. Toutefois, au cours de ces dernières années, plusieurs organisations de l'aquaculture et différents consortiums ont demandé que les gouvernements mettent en place des systèmes d'habilitation pour les couveuses et les fermes d'élevage du tilapia. La raison principale avancée pour le manque de tels systèmes est la nature compliquée des composantes à adopter. On a besoin d'un ensemble d'experts juridiques, de biologistes, d'écologistes, d'ingénieurs, de producteurs et d'autorités gouvernementales pour élaborer un plan détaillé sur les règles à mettre en œuvre.

### **Bibliographie**

**FAO 2007.** The state of the World Fisheries and Aquaculture 2006. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.

**Hindar, K., Fleming, I. A., McGinnity, P., et al. 2006.** Genetic and ecological effects of salmon farming on wild salmon: modelling from experimental results, ICES JOURNAL OF MARINE SCIENCE 63 (7): 1234-1247 AUG 2006

**McGinnity, P., Stone, C., Taggart, J. B., et al. 1997.** Genetic impact of escaped farmed Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) on native populations: use of DNA profiling to assess freshwater performance of wild, farmed, and hybrid progeny in a natural river environment, ICES JOURNAL OF MARINE SCIENCE 54 (6): 998-1008 DEC 1997

**McGinnity, P., Prodohl, P., Ferguson, K., et al. 2003.** Fitness reduction and potential extinction of wild populations of Atlantic salmon, *Salmo salar*, as a result of interactions with escaped farm salmon. Proceedings of the Royal Society of London. Series B. Biological Sciences 270: 2443-2450.

**Porters, G., 2005.** Protecting wild Atlantic salmon from impact of salmon aquaculture: A country-by-country progress report 2<sup>nd</sup> Edition. Published by jointly by World Wildlife Foundation and Atlantic Salmon Federations 57pp. (copies available: [www.asf.ca](http://www.asf.ca) and [worldwildlife.org](http://worldwildlife.org))

**Roberge, C., Einum, S., Guderley, H. et Bernatchez, L. 2006.** Rapid parallel evolutionary changes of gene transcription profiles in farmed Atlantic salmon. Molecular Ecology 15: 9-20.



# PROGRAMAS PIONEROS DE GESTIÓN DE LOS RECURSOS GENÉTICOS PISCÍCOLAS Y DE DISEMINACIÓN DE SEMILLA EN ÁFRICA: ADAPTACIÓN DE LOS PRINCIPIOS DE CRÍA SELECTIVA A LA MEJORA DE LA ACUICULTURA EN LA CUENCA DEL VOLTA Y ÁREAS ADYACENTES

## RESUMEN

Este resumen representa una síntesis de los artículos de fondo aportados y de las deliberaciones que tuvieron lugar durante las jornadas.

A medida que se desarrolla la acuicultura en África, la mejora genética de las especies objeto se convierte en una herramienta importante para el aumento de la producción, la eficacia y los beneficios, tal y como ha ocurrido con otras formas de cría de animales. Sin embargo, estos organismos mejorados deben utilizarse de forma responsable, con la consiguiente consideración a la conservación de la biodiversidad y el impacto de este tipo de introducciones en el medio ambiente.

Los participantes en estas jornadas, ahondaron en diversos aspectos de un plan para el desarrollo, uso y diseminación de tilapia del Nilo genéticamente mejorada en la Cuenca del Volta y áreas adyacentes. Se pretende que el plan sirva como base para un programa subregional para el uso de tilapia genéticamente mejorada y la conservación de los recursos genéticos en los seis países riparios. Este plan dará una perspectiva integrada al cultivo de peces genéticamente mejorados, y al mismo tiempo, sentará las bases para una posible asistencia externa de cara a la implementación inicial del programa.

El plan tiene cinco componentes: (i) un marco práctico para el desarrollo, uso y ordenación de los cultivos mejorados genéticamente; (ii) un resumen de los elementos necesarios para que se alcancen los acuerdos de intercambio de las cepas mejoradas dentro de la Cuenca del Volta, que incluya un modelo de acuerdo para la transferencia de material dentro de la cuenca; (iii) medidas de caracterización y conservación y los elementos para los estudios de impacto ambiental necesarios (EIAs); (iv) descripción de los métodos utilizados en los programas de cría selectiva y mecanismos de distribución de semilla; y (v) propuestas para la certificación de semilla y acuerdos/preparativos para la acreditación de productores.

El **marco** para la implementación de un plan, dentro de los parámetros de los contratos y convenciones internacionales, requerirá de una acción concurrente en tres ejes: (a) Institucional – incluyendo la armonización de las políticas nacionales, regulaciones, códigos, protocolos de control y conservación, así como otros principios a lo largo y ancho de la cuenca en un procedimiento subregional coherente y factible para el desarrollo y movimiento de material genético, además de la creación de mapas de diversidad genética de la tilapia del Nilo dentro de la cuenca; (b) Técnico – que incluya el establecimiento inicial de un número limitado de unidades regionales de cría y conservación a escala piloto (núcleos) y la capacidad de desarrollar unidades satélite de multiplicación de semilla; y, (c) Operacional – para establecer canales de distribución eficaces así como las metodologías para identificar y constituir áreas de conservación y zonas de elevado potencial para la acuicultura.

Las discusiones relativas a los temas centrales de las jornadas se resumen a continuación.

**Tema I: ELEMENTOS PARA UN ACUERDO RELATIVO AL INTERCAMBIO DE GERMOPLASMA ACUÁTICO DENTRO DE LA CUENCA DEL VOLTA**

El intercambio de germoplasma acuático dentro de la Cuenca del Volta será necesario para el desarrollo y posterior mejora del sector de la acuicultura en la región. Sin embargo, hará falta un acuerdo entre los reguladores y usuarios del germoplasma de tilapia para que se consigan los objetivos deseados de ordenación y desarrollo de la acuicultura, y para reducir las posibilidades de que la introducción, transferencia y subsiguiente uso del germoplasma de tilapia cause impactos adversos.

Estos elementos deben armonizarse dentro de la cuenca antes de que se lleve a cabo la introducción de germoplasma de tilapia.

Las partes que entren en este acuerdo deberán adherirse a los artículos correspondientes contenidos en el Código de Conducta de la FAO para la Pesca Responsable, el Convenio de Diversidad Biológica y otros mecanismos internacionales. Elementos más específicos de un posible acuerdo podrían incluir:

- el seguimiento de Códigos de Prácticas y Directrices tales como las del Consejo Internacional para la Exploración del Mar (CIEM)/Comisión Asesora Europea sobre Pesca Continental (CAEPC).
- desarrollo de acuerdos de transferencia de material (MTA) para definir las condiciones para el intercambio de germoplasma.
- granjas acreditadas – ver Tema IV.
- distribuir tilapia mejorada sólo entre granjas aprobadas y en lugares apropiados.
- establecer programas de control, evaluación e información.
- establecer un foro de consulta con otros países e instituciones cuando se vaya a introducir o intercambiar germoplasma de tilapia.

Se prefiere un enfoque a nivel de cuenca para abordar el intercambio de germoplasma y los países deben cooperar; es posible que sea necesaria la asistencia externa.

**Tema II: EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL (EIA) Y PLANIFICACIÓN DE LA CONSERVACIÓN DE LOS RECURSOS GENÉTICOS PISCÍCOLAS (FiGR, siglas en inglés)**

Las introducciones y transferencias de especies y genotipos de peces foráneos, incluyendo a la tilapia genéticamente mejorada para su uso en acuicultura, podrían tener impactos adversos en los recursos genéticos piscícolas (FiGR) y otra biodiversidad local, y por tanto requieren una valoración previa exhaustiva. Los estudios de impacto ambiental (EIAs) se utilizan con frecuencia con este fin. En los países de la Cuenca del Volta, los EIAs son llevados a cabo por una agencia medioambiental nacional gubernamental o por una unidad equivalente en consulta con su ministerio de agricultura, pesca o ganadería, que es la que concede o deniega el permiso para actuar. El enfoque utilizado debería ser preventivo y siguiendo un procedimiento de análisis por caso. Este procedimiento no siempre ha funcionado de forma eficaz y suele verse frenado por una falta de criterios y directrices acordados y estandarizados para la evaluación de los impactos genéticos. Los países de la Cuenca del Volta pueden beneficiarse de compartir sus experiencias en EIAs para la introducción y transferencia de recursos piscícolas.

La conservación de los recursos genéticos piscícolas es esencial para los programas de cultivo que garantizan los beneficios y la sostenibilidad de la acuicultura, pero no ha recibido aun la prioridad

adecuada a la hora de establecer la política, planificación y asignación de los recursos. En los países de la Cuenca del Volta, la responsabilidad de conservar los recursos piscícolas recae principalmente sobre el gobierno, con diversos roles contributivos para las universidades, organizaciones no gubernamentales (ONG), organizaciones de las comunidades locales y el sector privado. Es importante que se le dé un enfoque participativo. Tendrá que completarse una caracterización de los recursos genéticos piscícolas de la Cuenca del Volta, y en especial de los recursos genéticos de tilapia, para que aquellos recursos genéticos piscícolas de importancia y ahora amenazados, puedan ser identificados y pueda continuar su conservación, tanto *in situ* como *ex situ*, de forma bien asesorada. Las oportunidades para conservar los recursos genéticos piscícolas *in situ* en la Cuenca del Volta – en parques de vida salvaje, lugares sagrados u otras áreas protegidas, incluyendo algunos lugares Ramsar – no han sido documentadas completamente aun. La conservación *ex situ* de los recursos genéticos piscícolas en los países de la Cuenca del Volta todavía no ha sido planificada o apoyada de forma significativa y actualmente se encuentra limitada a las poblaciones de peces depositados en instituciones de investigación gubernamentales o universitarias. Las propuestas de introducción de cepas de tilapia del Nilo genéticamente mejoradas, tales como la GIFT, han aumentado la urgencia de documentar el estado de los recursos genéticos naturales de tilapia y de planificar e implementar medidas para su conservación. El hermanamiento del desarrollo de la acuicultura y la conservación de los recursos genéticos piscícolas podría reportar un beneficio mutuo.

### **Tema III: PLANIFICACIÓN DE LA CRÍA Y DISEMINACIÓN DE SEMILLA DE TILAPIA DEL NILO EN LA CUENCA DEL VOLTA**

Un programa de mejora genética bien diseñado considerará los siguientes aspectos en algún detalle:

- Descripción o desarrollo del (los) sistema(s) de producción
- Elección de especies, cepas y sistema de cría
- Formulación del objeto de la cría u objetivo del programa de cría
- Desarrollo de los criterios de selección
- Diseño del sistema de evaluación genética
- Selección de animales y sistema de cruzamiento
- Control y comparación de los programas alternativos
- Diseño del sistema de expansión y diseminación del stock mejorado

La experiencia adquirida con la tilapia del Nilo y otras especies muestra que la mejora genética del ritmo de crecimiento puede ser del orden del 15 por ciento por generación, en programas bien dirigidos. El *Intervalo generacional* debería mantenerse entre 9 y 12 meses para poder obtener al menos una generación al año.

El trabajo para el desarrollo de una cepa mejorada basada en las poblaciones de tilapia disponibles a nivel local se inició en Akosombo en 2001. Con este fin, se muestrearon peces de tres zonas diferentes de Ghana (Nawuni, Yeji y Kpandu), así como de una cepa local doméstica disponible en aquella época en la Estación de Investigación de Akosombo. Estas cuatro poblaciones se utilizaron en un diseño de apareamiento dialélico para establecer la población base para el programa de selección. Ya se han producido dos generaciones de selección.

El procedimiento de selección implicó la cría de cada macho con dos hembras en hapas para producir familias de medio-hermanos y hermanos completos. Los juveniles nadadores se recogieron una vez a la semana de cada hapa y fueron transferidos en densidades de almacenamiento estandarizadas a las hapas de engorde. Después de tres o cuatro semanas en las hapas de engorde, las crías se marcaron individualmente con marcadores PIT. Tras el marcaje,

todas las familias de hermanos completos se almacenaron de forma común en un sistema de estanques con alimentación artificial.

La introducción de GIFT por el WorldFish Center es una opción potencialmente útil, dado que esta cepa ha demostrado un potencial de crecimiento alto, unido a otros cuantos atributos deseables (por ejemplo, tasas de supervivencia elevadas, excelente calidad de carne). Para saber cuál es la mejor línea de acción a seguir se llevaría a cabo una comparación entre el rendimiento de la línea mejorada de Akosombo con la cepa GIFT, así como de los cruzamientos entre las cepas.

La mejora genética tiene lugar normalmente en una fracción muy pequeña de la población, que es entonces utilizada para producir la generación siguiente de semilla mejorada. Esto suele tener lugar en un centro de cría. La mejora genética conseguida en el centro de cría se multiplica y disemina a todos los sistemas de producción.

Dado que los peces tienen una elevada eficacia reproductora y producen una gran cantidad de juveniles, es relativamente fácil desarrollar estructuras rentables para la diseminación de la ganancia genética. La implementación de un programa de mejora genética en un número relativamente pequeño de animales puede ser suficiente para servir a un sector de producción bastante grande.

Para maximizar el beneficio obtenido con el programa de cultivo, la mejora genética debería llegar al sector productivo sin demora alguna. La diseminación de la semilla mejorada estará basada en la multiplicación de los reproductores mejorados a un nivel intermedio (criaderos, tanto públicos como privados). También, una vez completada la producción de las familias de hermanos completos y medio hermanos para el programa de mejora genética, los padres seleccionados pueden ser utilizados para la producción masiva de semilla.

Las jornadas pusieron de manifiesto la ventaja de enfocar este trabajo inicialmente en un número limitado de instalaciones, con una posterior expansión gradual a otros países e instalaciones. Mientras tanto, se podría establecer la multiplicación de criaderos y distribuir la tilapia genéticamente mejorada como se considerase oportuno.

#### **Tema IV: ACREDITACIÓN DE CRIADEROS**

Los objetivos principales del desarrollo de sistemas de acreditación de granjas son: asegurar la adopción de directrices relativas a la calidad genética de los juveniles proporcionados por los criaderos, y salvaguardar los recursos genéticos de la tilapia nativa. **Las jornadas recomendaron que:**

- Los gestores de criaderos interesados deberían tener que solicitar ser acreditados por el centro de cría; la solicitud se revisaría en base a una serie de criterios.
- Los criaderos cuyas solicitudes de acreditación estén siendo evaluadas deberán estar bien gestionados y seguir las mejores prácticas de acuicultura.
- Se debería implementar un sistema de registro fiable de los reproductores o juveniles suministrados al criadero.
- El centro de cría proporcionará los reproductores a los criaderos acreditados en base a un protocolo acordado, y los reproductores serán sustituidos como corresponda.
- Se debería implementar un sistema para controlar la distribución de alevines desde los criaderos acreditados a los productores.
- Se debería revisar de forma periódica el estado de acreditación de los criaderos.

## INTRODUCCIÓN

La necesidad de obtener cepas mejoradas de tilapia para la acuicultura en África se ha identificado como uno de los principales factores limitantes para el desarrollo del sector. La competencia con los productores asiáticos, en particular, está manteniendo a los peces africanos fuera del mercado internacional e incluso está disminuyendo los márgenes en algunos mercados regionales. Las cepas mejoradas podrían doblar la producción a corto plazo, con importantes beneficios en cuestión de ganancias económicas y empleo para las comunidades ribereñas. Sin embargo, la simple introducción de una cepa nueva de tilapia hará poco para resolver el problema y podría suponer riesgos ambientales si no se gestiona con cuidado.

Los criaderos de peces africanos no son en la actualidad, capaces de gestionar las cepas mejoradas de forma satisfactoria. Existe la necesidad de codificar las mejores prácticas de gestión que permitan a los gobiernos acreditar a los criaderos como competentes y adecuadamente equipados para mantener la calidad genética y minimizar los riesgos de contaminación por el cruce del material mejorado y las poblaciones salvajes.

El movimiento de peces de un país a otro es a menudo problemático y está en contra de las normativas nacionales o internacionales, lo que limita el uso de las cepas mejoradas en la Cuenca del Volta. Dado que el riesgo de introducir un pez mejorado a la cuenca se va a compartir, también deberían compartirse los beneficios de la cepa mejorada.

Existe toda una serie de opciones para la cría selectiva y la acreditación de criaderos que ha sido desarrollada en los principales países productores de acuicultura en Asia. Las lecciones aprendidas de los esfuerzos pasados para asegurar que las mejores razas posibles se proporcionaban a los criadores cualificados, deberían explotarse al máximo de forma previa a la elección de un plan de adaptación para la Cuenca del Volta.

Puede que existan riesgos medioambientales asociados a la utilización y escape accidental de las líneas de peces mejoradas para la acuicultura al medio natural (por ejemplo, introgresión genética). Las mejores prácticas de gestión para la contención y la conducta de evaluación de impacto ambiental deberían dilucidarse e implementarse de forma paralela a la implementación de cualquier programa de mejora genética.

## LAS JORNADAS

Para abordar todos estos aspectos y desarrollar los protocolos necesarios para la implementación de un programa de mejora genética de la tilapia del Nilo, *Oreochromis niloticus*, en la Cuenca del Volta y en otros lugares, se reunió a un grupo de expertos internacionales para trabajar con representantes de las agencias medioambientales, de pesca y de desarrollo de las políticas correspondientes de seis países riparios (Ghana, Côte d'Ivoire, Mali, Burkina Faso, Togo y Benin). La lista de participantes aparece en el Apéndice A, con la Agenda del evento en el Apéndice B y un resumen de la situación de la acuicultura en la Cuenca del Volta en el Apéndice C. El objetivo de las jornadas fue *Desarrollar un plan de implementación para el uso y la diseminación de tilapia del Nilo genéticamente mejorada en la Cuenca del Volta y áreas adyacentes.*

Las jornadas se organizaron en torno a los siguientes temas:

- Acuerdos internacionales sobre movimiento de germoplasma mejorado.
- EIA y Plan de Conservación para los Recursos Genéticos.
- Programa de cría selectiva.
- Acreditación de criaderos.

Las secciones que siguen a continuación representan los resultados de las jornadas y los informes de las cuatro sesiones temáticas que trataron sobre los aspectos críticos implicados en el uso y disseminación de organismos mejorados de cultivo.

## **Tema I: Elementos para un Acuerdo Relativo al Intercambio de Germoplasma Acuático Dentro de la Cuenca del Volta**

### **Introducción**

En las jornadas se facilitó una breve presentación acerca de la necesidad y los elementos potenciales para un acuerdo sobre el intercambio de recursos genéticos mejorados de tilapia dentro de la cuenca. Los participantes reconocieron que el movimiento de plantas y animales mejorados genéticamente entre y dentro de los diferentes países ha sido la base para el desarrollo de la agricultura durante milenios. De igual modo, el intercambio de germoplasma acuático dentro de la Cuenca del Volta será necesario para el desarrollo y ulterior mejora del sector de la acuicultura en la región. Sin embargo, a diferencia del sector de la agricultura, en el que muchas de las reservas salvajes de especies cultivadas ya no existen, todavía existen parientes salvajes de la tilapia cultivada. Estos parientes salvajes pueden contener recursos genéticos valiosos que no deberían ponerse en peligro por un movimiento y uso inadecuados de la tilapia genéticamente mejorada.

En las jornadas se decidió que el objetivo de estos elementos es alcanzar los objetivos deseados de gestión y desarrollo de la acuicultura, y reducir las posibilidades de que se den impactos adversos derivados del movimiento y posterior uso del germoplasma de tilapia.

Las jornadas pusieron de manifiesto que estos elementos representan un acuerdo entre los legisladores gubernamentales y los usuarios (por ejemplo, granjas de peces u otros negocios que deseen importar tilapia). Estos elementos conciernen a los movimientos de tilapia genéticamente mejorada dentro de los países, así como al movimiento de otros genotipos de tilapia localmente ausentes.

### **Elementos de un acuerdo**

Éstos son elementos generales que se recomendaron en las jornadas para que sean considerados cuando se realicen movimientos de germoplasma de tilapia hacia y dentro de la Cuenca del Volta. Cuando se realicen peticiones específicas para la introducción o el movimiento de tilapia, estos elementos deberían servir como material de base para desarrollar acciones más específicas, acuerdos o normativas. Estos elementos deberían armonizarse dentro de la cuenca antes de que se produzca la introducción de germoplasma de tilapia.

#### **1. Principios generales**

Las partes que suscriban este acuerdo deberán adherirse a los artículos relevantes contenidos en el Código FAO de Conducta para la Pesca Responsable (CCRF, siglas en inglés), el Convenio sobre Diversidad Biológica (CDB), el convenio Ramsar y otras directrices y mecanismos apropiados, aceptados internacionalmente, como por ejemplo aquellos principios acordados por la Red Internacional de Genética en Acuicultura (INGA, siglas en inglés) (Apéndice MTA; Bartley, en este volumen).

#### **2. Elementos específicos**

**Códigos de Prácticas y Directivas** – El Código FAO de Conducta para la Pesca Responsable recomienda que se siga el Código CIEM/CAEPC de Prácticas para la Introducción y Uso de Organismos Genéticamente Mejorados (Bartley, en este volumen). El Código requiere que:

- Se lleve a cabo un estudio de impacto ambiental que incluya un análisis de beneficios;
- Se realicen y controlen introducciones a escala piloto, a discreción de los países o importadores;
- Se establezca un grupo de consejeros dentro de la cuenca que armonice la forma en la que se cumplan los requerimientos del código y atienda las peticiones específicas para el intercambio de tilapia dentro de la cuenca.

**Acuerdos de Transferencia de Material (MTA, en inglés)** – La Red Internacional de Genética en Acuicultura (INGA) y otras agencias han requerido que se esbocen acuerdos específicos para definir las condiciones para el intercambio de germoplasma. En el Apéndice MTA se adjunta un Acuerdo de Transferencia de Material, pero se necesitará crear MTAs específicos caso por caso para poder atender los requerimientos concretos que se den. Se deberá realizar un seguimiento y control de la parte receptora de modo que se garantice su cumplimiento del MTA y sus acciones correctoras, incluyendo la acción legal, a ser puesta en marcha en caso de que no se produjese el citado cumplimiento.

**Granjas acreditadas** – ver Tema IV.

**Situación aprobada y apropiada** – Las granjas de peces o criaderos que reciban tilapia mejorada genéticamente o cualquier otra tilapia no indígena deberían localizarse en áreas declaradas como zonas especiales para acuicultura. Las granjas deberían ser operadas de forma legal y ajustarse a la legislación nacional pertinente. Se debería poner especial atención en asegurar que las granjas no están situadas en áreas de conservación, o en vías de agua conectadas a ellas.

**Control, evaluación e informes** – Las granjas de peces o los criaderos que reciban tilapia mejorada genéticamente u otra tilapia no indígena deberían aceptar realizar un control y seguimiento de los nuevos stocks para evaluar el rendimiento, en materia de que se alcancen los objetivos de producción, e informar de estos resultados a aquellas personas responsables de las estadísticas pesqueras nacionales. La granja debería notificar también a la oficina que corresponda en caso de que se dé una distribución ulterior de tilapia. Deberá ser responsabilidad de la industria acuicultora y de cada granja el ser autogobernable en materia de seguimiento y control y de la realización de informes. Las jornadas pusieron de manifiesto que se necesitan directrices concretas en este sentido.

**Consultar (informar)** a otros países cuando se introduzca o intercambie germoplasma de tilapia – Los códigos CCFR e ICES/EIFAC requieren que los países de la región que realicen una introducción lo notifiquen al resto de los países de la misma. Hay instituciones en la Cuenca del Volta (por ejemplo, la autoridad ECOWAS de la Cuenca del Volta) que podrían servir como foros apropiados para este tipo de notificaciones, pero que también, y con mayor relevancia, podrían servir de foros para la consulta y la discusión documentada.

**Capacidad** – Las jornadas reconocieron que la capacidad para implementar estos elementos varía entre los diferentes países de la Cuenca del Volta. Sin embargo, es esencial que se dé un enfoque a nivel de cuenca para abordar el intercambio de germoplasma y que los distintos países cooperen. Por tanto, es razonable que se busque asistencia externa, de modo que se aumente la capacidad de los países a un nivel que permita una colaboración eficaz a nivel regional y la implementación de estos elementos.

## **Tema II: Evaluación del Impacto Ambiental y Planificación de la Conservación de los Recursos Genéticos Piscícolas**

### **Introducción**

La sesión comenzó con una discusión general sobre las Evaluaciones de Impacto Ambiental (EIAs) y su importancia a la hora de planificar e implementar medidas para la conservación de los recursos genéticos piscícolas (FiGR, en inglés). Se reconoció que las introducciones a los países de la Cuenca del Volta y las transferencias entre masas de agua entre los países con especies y genotipos de peces foráneos, incluyendo la tilapia genéticamente mejorada para su uso en acuicultura, podrían tener impactos adversos sobre los recursos genéticos piscícolas salvajes y cultivados y sobre otra biodiversidad. Estas introducciones y transferencias por lo tanto, requieren una evaluación previa exhaustiva. También se reconoció que las EIA, en lo que concierne a la introducción y transferencia de peces, son fundamentales para la conservación de los FiGR, *in situ* y *ex situ*, pero que el carácter tan a corto plazo de muchas de estas EIA y el posterior seguimiento y control de estos impactos, han limitado el grado en que estas dos actividades pueden integrarse en la actualidad. El hermanamiento del desarrollo de la acuicultura y la conservación de los FiGR, unidos a una co-financiación, podrían mejorar esta situación.

### **Evaluación de impacto ambiental**

Se puso de manifiesto que las EIA tienen una larga historia de éxitos en lo que respecta a la protección ambiental de impactos potencialmente adversos de muchos tipos de intervenciones y que la FAO está evaluando los riesgos asociados a la acuicultura<sup>11</sup>, así como las experiencias globales relativas a los EIA y las de EIAs en África, si bien no con un énfasis especial en los peces foráneos y sus impactos genéticos o de otra índole.

Los principales motivos de preocupación con respecto a la introducción y la transferencia de peces se identificaron como la competencia y el desplazamiento de las poblaciones de peces residentes, las alteraciones a sus hábitats, la propagación de enfermedades y, en el contexto de estas jornadas, especialmente los impactos genéticos. Los impactos genéticos de las introducciones y transferencias de peces cultivados sobre parientes conespecíficos y otros parientes salvajes en África, todavía no han sido investigados de forma apropiada.

Se mantuvo una discusión acerca de algunas limitaciones de los EIAs, estructurada en torno a en qué medida están o son:

- por lo general centrados en la intervención propuesta, a pesar de que otros factores constituyan siempre líneas de fondo cambiantes en los ecosistemas;
- por lo general la función de una Agencia de Protección Medioambiental o cuerpo equivalente;
- a veces aceleradas y simples;
- por lo general ex-ante, sin suficiente seguimiento ex-post;
- a veces ignoradas;
- por lo general basadas en los impactos negativos, no en los positivos;
- especialmente difíciles cuando se refieren a impactos sobre la biodiversidad (es decir, poblaciones de tipos cultivados y salvajes, y ecosistemas); y
- por lo general no responden de forma eficaz a las cuestiones relativas a los impactos genéticos sobre los peces salvajes y/o cultivados.

Los principales puntos que emergieron fueron los siguientes:

---

<sup>11</sup> Jornadas FAO/NACA sobre el Entendimiento y la Aplicación de Análisis de Riesgo en Acuicultura, 8-11 Junio, 2007, Rayong, Tailandia, en preparación.



- Los EIAs tienen un papel importante en la evaluación previa de las introducciones y transferencias de peces, siempre y cuando se identifiquen una serie de puntos de referencia preventivos. Los EIAs también se utilizan para las propuestas de expansión de la acuicultura; por ejemplo, ha habido EIAs en Ghana para la introducción de cultivo de tilapia en jaulas en zonas de acuicultura aprobadas en el lago Volta.
- En todos los países de la Cuenca del Volta, los EIAs son llevados a cabo por una agencia medioambiental gubernamental nacional o un cuerpo de consulta equivalente dentro de sus ministerios de agricultura, pesca o ganadería, que concede o deniega el permiso para proceder, sopesando los posibles riesgos frente a los beneficios económicos y sociales. El enfoque utilizado es siempre preventivo y caso por caso. Para la introducción y las transferencias de peces esto no siempre ha funcionado de forma eficaz. Por ejemplo, en Ghana, existe una granja privada que recientemente ha recibido la orden de interrumpir el cultivo de tilapia del Nilo GIFT que fue traída con el permiso correspondiente pero que posteriormente se ha desaprobado para uso comercial.
- Por lo general existen recursos limitados disponibles para los EIAs y cualquier control posterior, así como un tiempo limitado para su consecución. Por ejemplo, en Ghana, el máximo tiempo permitido para completar un EIA son 90 días, a pesar de que las peticiones posteriores de información suelen resultar en extensiones de este periodo.
- Los EIAs relativos a los impactos genéticos sobre peces salvajes y/o cultivados suelen verse entorpecidos por la falta de criterios acordados y estandarizados y de directrices para evaluar los impactos genéticos. Es importante adelantar un estado-del-arte para evaluar estos impactos genéticos desde el nivel de la investigación básica, en el que se encuentran en la actualidad estancados en la mayoría de los países, a métodos estandarizados acordados internacionalmente, con la consiguiente creación de capacidad para implementarlos. En 2007/2008 dos publicaciones ayudarán a que se ponga en marcha este proceso: 1. Nuevas directrices relativas a los FiGR, que cubrirán los métodos para el análisis de riesgo genético; 2. Directivas del WorldFish Center, en prensa en la actualidad, relativas al uso de peces transgénicos, algunos de cuyos aspectos son aplicables a un rango mayor de genotipos foráneos.<sup>12</sup>
- Los países de la Cuenca del Volta pueden beneficiarse del establecimiento de redes y de compartir su experiencia en materia de EIAs para la introducción y la transferencia de peces, lo que conducirá a procedimientos a nivel de cuenca más armoniosos. La Red Internacional de Genética en Acuicultura (INGA; ver [www.worldfishcenter.org](http://www.worldfishcenter.org)) podría ser una fuente útil de orientación en esta materia. Côte d'Ivoire y Ghana son miembros antiguos de INGA y el WorldFish Center es el Coordinador de Miembros del INGA. En la actualidad, sin embargo, el INGA carece de los recursos económicos necesarios para acometer actividades adicionales.
- Existen pocos recursos e instalaciones disponibles en los países de la Cuenca del Volta para someter a cuarentena a los peces introducidos y distribuidos para acuicultura. Los enfoques globales han sido: depender sólo de los proveedores de peces introducidos para certificar su buena salud, y desaprobado o prohibir las importaciones de peces vivos, excepto para el negocio de los acuarios. Por ejemplo, Ghana no permite en la actualidad ninguna importación de peces vivos a excepción de los ornamentales, para los que no requiere cuarentena. Togo nunca ha aprobado ninguna importación de peces vivos. Las necesidades para someter a los peces a cuarentena deberán ser consideradas y las capacidades mejoradas, para asegurar la bioseguridad del incremento de las introducciones de peces y las transferencias de peces dentro de la Cuenca del Volta.

---

<sup>12</sup> Kapuscinski

## **Planificación de la conservación de los recursos genéticos piscícolas**

Se reconoció que la conservación de los recursos genéticos piscícolas puede ser importante para los programas de cría que asegurarán la rentabilidad y sostenibilidad de la acuicultura para una seguridad alimentaria a largo plazo, y para que tanto los peces salvajes como los cultivados sean capaces de adaptarse al cambio climático. Hubo consenso en que la conservación de los recursos genéticos piscícolas todavía no ha sido dada la prioridad adecuada a la hora de legislar o en la planificación o asignación de recursos.

Las actividades actuales y limitaciones relativas a la planificación de la conservación de los FiGR en la Cuenca del Volta se discutieron alrededor de las cuestiones fundamentales que los planificadores deberán plantearse: ¿qué FiGR conservar, dónde y en qué forma conservarlos?; y ¿quién debe hacerlo? Estas cuestiones se ampliaron como sigue:

### ***¿Conservación de qué FiGR?***

El rango de tipos a conservar incluye:

- Tipos salvajes: razas riparias y lacustres
- Tipos asilvestrados: establecidos a partir de introducciones y transferencias históricas
- Poblaciones fundadoras
- Poblaciones que resulten de la cría selectiva, incluyendo las líneas de control

Una vez conservados los anteriores, los siguientes tipos que pueden ser útiles a la acuicultura pueden derivarse de:

- híbridos;
- otras formas alteradas genéticamente, por ejemplo: poliploides, machos genéticos de tilapia.

### ***Conservación de FiGR ¿dónde?***

Las localizaciones disponibles para la conservación incluyen:

- *In situ/in vivo* en aguas abiertas y humedales
- *In situ/in vivo* en granjas
- *Ex situ/in vivo* en núcleos de cría, colecciones de investigación, acuarios públicos y privados, etc.
- *Ex situ/in vitro* en instalaciones públicas y privadas, incluyendo núcleos de cría/criaderos
- En zonas de acuicultura y zonas de conservación
- En países de origen y otros lugares

### ***Conservación de FiGR ¿en qué formas?***

- Poblaciones salvajes en su hábitat natural
- Poblaciones cautivas en laboratorios, estaciones experimentales o en granjas
- Esperma criopreservado
- DNA, tejidos

### ***Conservación de FiGR ¿por quién?***

- Gobierno
- Organizaciones del sector público, como las universidades
- ONGs, como fundaciones para la conservación
- Organizaciones comunitarias
- Corporaciones de acuicultura privadas
- Asociaciones de granjeros
- Granjeros individuales
- Asociaciones público-privadas

Los participantes discutieron sobre las actividades actuales llevadas a cabo para la conservación de los FiGR en la Cuenca del Volta y esta discusión reveló que dichas actividades son bastante limitadas, principalmente debido a la falta de recursos adecuados y en algunos casos, por la falta de claridad respecto al reparto de roles y responsabilidades. Las principales conclusiones fueron las siguientes:

- Benin – Hay marcos que regulan la pesca y la legislación medioambiental para controlar las introducciones de peces foráneos, pero todavía no existen regulaciones específicas para la protección de las especies nativas y hay pocas actividades dirigidas específicamente a la conservación de los FiGR.
- Burkina Faso – Todavía no existen políticas formales o medidas para la conservación de los FiGR, pero ya se reconoce su importancia en la ordenación de las pesquerías y en áreas de conservación de la vida salvaje.
- Côte d’Ivoire – No existen políticas específicas de conservación de los FiGR, pero los ministerios implicados están formando en la actualidad un comité y esbozando el borrador de un artículo blanco que remedie esta falta.
- Ghana – El Instituto de Investigación del Agua ha realizado un gran trabajo en relación con la conservación de los FiGR y conserva poblaciones de tilapia del Nilo recogidas de cuatro estaciones diferentes del lago Volta en el Centro de Investigación y Desarrollo de Akosombo.
- Mali – Los recursos humanos y económicos disponibles para la conservación de los FiGR son escasos pero están siendo maximizados por medio de un enfoque participativo que implica a muchos actores y partes implicadas (“stakeholders”), incluyendo el Programa de Investigación Genética de la Universidad de Bamako.
- Togo – Existen leyes para la conservación de los FiGR, pero su aplicación es problemática dada la gran demanda de pescado, y se necesitan áreas protegidas en las que la pesca esté limitada o prohibida.

Hubo consenso sobre el hecho de que en todos los países de la Cuenca del Volta, la conservación de los FiGR es responsabilidad del Estado y sus instituciones. La promulgación e implementación de las medidas de conservación de FiGR salvajes y asilvestrados, el acogimiento de núcleos de cría de peces y la consecución de programas de cría selectiva para la acuicultura, y el acopio *ex situ* de los FiGR en bancos de genes, podrá ser llevado a cabo de forma eficaz sólo por organizaciones que garanticen una cierta durabilidad y perspectivas de financiación continuada. Esto significa que las organizaciones gubernamentales deben ser los actores de primera línea para la conservación de los FiGR, con la contribución de las universidades, ONGs, organizaciones comunitarias locales y el sector privado, según convenga.

Las corporaciones de acuicultura privadas y los granjeros individuales, por lo general no serán capaces de invertir en la conservación de los FiGR más allá del mantenimiento de sus propias cepas comerciales. Es de extrema importancia que se dé un enfoque participativo en el caso de la conservación de las poblaciones de peces salvajes que no hayan tenido ningún contacto con peces introducidos o transferidos de algún otro lugar, y que se encuentran en masas de agua aisladas bajo el cuidado de las comunidades locales. Se puso de manifiesto que en África occidental no existen los acuarios públicos que en otras regiones tienen un papel, aunque limitado, en la conservación *ex situ* de algunos FiGR.

Se reconoció que las propuestas para la introducción de cepas de tilapia del Nilo genéticamente mejorada, como la GIFT, a la Cuenca del Volta, han aumentado la urgencia de documentar el estado de los recursos genéticos de tilapia y de planificar e implementar medidas para su conservación. Existió consenso relativo a que la caracterización de los FiGr de la Cuenca del Volta, en particular los recursos genéticos de Tilapia, debe completarse de forma que se puedan identificar

los FiGR importantes y amenazados de la Cuenca del Volta y pueda procederse a una conservación *in situ* y *ex situ* bien documentada.

Los participantes hicieron ver que las oportunidades para conservar los FiGR salvajes y asilvestrados *in situ* en la Cuenca del Volta – en parques de vida salvaje, santuarios y otras áreas protegidas, incluyendo algunos sitios Ramsar – todavía no han sido documentadas del todo y que pueden y deberían incluirse más. Por ejemplo, el parque natural y las áreas de conservación de la vida salvaje de la captación del río Penjari, o zonas crecientes del norte de Benin, Burkina Faso y Togo, tienen un papel importante en la conservación de los FiGR nativos. Desde 1995, el convenio Ramsar ha reconocido la presencia de poblaciones importantes de peces como un criterio válido para la designación de un sitio con estatus Ramsar. Sin embargo, los sitios Ramsar permiten el uso racional, incluyendo la pesca y algunos están cauce abajo de áreas que los ponen en peligro de contaminación, introducciones de peces, etc. Esta vulnerabilidad se extiende a muchas áreas acuáticas protegidas y limita las posibilidades de establecer zonas estrictas de conservación para los FiGR. Las jornadas carecieron de información sobre si la acuicultura ha sido permitida o debería permitirse en sitios Ramsar. Este punto debería clarificarse de cara a determinar el potencial de conservación de los FiGR salvajes. También se puso de manifiesto que los cambios en las responsabilidades administrativas de áreas protegidas específicas y el aflojamiento de las restricciones sobre la pesca y otras actividades en estas áreas, incluyendo los parques nacionales y santuarios, son factores que amenazan la sostenibilidad de su función como conservadores de los FiGR. En conjunto, la zonación se reconoció como la mejor estrategia para la conservación de los FiGR salvajes *in situ*, con el establecimiento de áreas de conservación estrictas en la medida de lo posible, por ejemplo: sin desarrollo, medidas de conservación menos estrictas en áreas de un estatus menor, por ejemplo: desarrollo limitado de actividades medioambientalmente amigables, y conservación *ex situ* donde la estrategia *in situ* no sea posible.

### **Tema III: Planificación de la Cría y Diseminación de Semilla de Tilapia del Nilo en la Cuenca del Volta**

La sesión comenzó con una presentación y discusión de los programas de mejora genética en acuicultura. Parece haber un gran potencial para la mejora en las especies de animales acuáticos, dado que hasta la fecha, ha habido una aplicación escasa de las tecnologías de mejora genética, comparando con otros sectores. Los programas de mejora genética tienen los siguientes, muy deseables, atributos:

- la capacidad de modificar al animal para que se acomode a un propósito o ambiente;
- esto puede por tanto resultar en una mayor productividad, fiabilidad y consistencia, mientras que la ganancia puede ser permanente;
- puede ofrecer soluciones a patógenos existentes o emergentes, y a desafíos medioambientales;
- puede proporcionar un rendimiento de las inversiones favorable;
- puede ayudar a rellenar el espacio entre la elevada demanda y la oferta, sin causar un impacto ambiental negativo; y
- ayudará a ordenar la endogamia en el sistema de producción.

La experiencia con la Tilapia del Nilo y otras especies, muestra que la mejora genética en el ritmo de crecimiento puede ser del orden del 15% por generación, en programas bien dirigidos.

Un programa de mejora genética bien diseñado considerará los siguientes aspectos:

- descripción o desarrollo de los sistemas de producción;
- elección de las especies, cepas y sistema de cría;

- formulación del objetivo de cría o el fin de la cría;
- desarrollo de criterios de selección;
- diseño de un sistema de evaluación genética;
- selección de animales y del sistema de apareamiento;
- control y seguimiento, y comparación de los programas alternativos; y
- diseño de un sistema para la expansión y diseminación del stock mejorado.

### **El sistema de producción**

En la Cuenca del Volta, los sistemas de producción en acuicultura pueden clasificarse como extensivos, semi-intensivos e intensivos, dependiendo del nivel de inversión que reciban. La identificación del sistema de producción para el que la mejora genética se destina es importante, ya que influye sobre la elección del ambiente en el que se habrá de llevar a cabo el programa. En principio, el programa de mejora genética debería llevarse a cabo en un ambiente lo más similar posible al del sistema de producción en el que habrán de vivir los peces genéticamente mejorados. Esto asegura que la ganancia genética alcanzada en el centro de cría también se expresará en los estanques de los piscicultores. Si el ambiente bajo el cual tiene lugar la selección es muy diferente al de producción, existe el riesgo de que al menos parte de la ganancia conseguida en el centro de cría no se exprese a nivel de granja. Sin embargo, las pruebas experimentales muestran que afortunadamente, los peces que son superiores en un determinado ambiente también lo suelen ser en otros ambientes. Los sistemas de cría semi-intensiva tienen muchas probabilidades de convertirse en el tipo común en la Cuenca del Volta. Los datos de crecimiento de los sistemas semi-intensivos muestran una correlación genética muy alta con los datos de crecimiento tanto de los sistemas extensivos como de los intensivos. Por lo tanto, un programa basado en analizar el sistema semi-intensivo, también servirá para los sistemas extensivos e intensivos.

### **Elección de las especies, cepas y sistema de cría**

Las decisiones sobre la elección de especies y cepas están a veces hechas de antemano, como cuando existen limitaciones relativas a la disponibilidad de poblaciones, o ya hay unas preferencias locales bien definidas. Sin embargo, siempre que sea posible, es importante hacer una buena elección porque los beneficios alcanzados de esta forma pueden ser equivalentes a varias generaciones de selección.

La elección de especies y cepas debería hacerse, preferentemente, en base a la información derivada de experimentos bien diseñados en los que se comparen las distintas especies y cepas disponibles. El enfoque GIFT consiste en muestrear las poblaciones disponibles y prometedoras de las especies en cuestión, realizando todos los cruzamientos posibles entre ellas, y después realizar una cría selectiva a partir de la progenie generada, independientemente de su origen. De esta forma, se establece una población de base con una variación genética aumentada, lo que incrementa, en gran medida, las posibilidades de un beneficio genético futuro.

En 2001 se inició en Akosombo el trabajo sobre el desarrollo de una cepa mejorada basada en las poblaciones locales disponibles de tilapia. Aquí esbozamos la forma en la que se estableció la población, así como la forma en la que se está dirigiendo el programa de mejora genética (Ponzoni y Brummett, este volumen).

### **Población base**

Los individuos de tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) se recogieron de tres zonas ecológicas diferentes dentro del sistema del Volta, en Ghana – Nawuni, Yeji y Kpandu. Estas poblaciones salvajes, así como una cepa domesticada en el Instituto de Investigación del Agua, contribuyeron a la formación de la población base para el programa de cría de la tilapia del Nilo en Ghana (los detalles se encuentran en Ponzoni y Brummett, este vol.).

El establecimiento de la población base se hizo siguiendo los procedimientos estandarizados para este fin. Comenzamos con un cruzamiento dialélico 4x4 tal y como se describió anteriormente, que resultó en 16 cruces distintos. Dado que la heterosis fue baja o inexistente, se concluyó que la selección de los mejores individuos, con independencia del cruce en el que se originaron, era el mejor camino a seguir. Por lo tanto, en las generaciones siguientes al cruzamiento dialélico, la selección se basó en los valores de cría estimados en esta nueva población base compuesta (se conoce normalmente como compuesta porque está hecha de muchos cruces). Los individuos, y no las líneas o cruces, son el objeto de selección dado que los mejores individuos de los cruces que peor funcionan son por lo general mejores que los peores de los que lo hacen mejor. Por supuesto, los mejores cruces tienden a contribuir más genes a las generaciones futuras que los peores.

De los cruces dialélicos también obtenemos una comparación de cepa pura, ya que pusimos cepas puras en la matriz guía diagonal 4x4. De esta comparación se desprende que una de las líneas está, en promedio, por delante de las demás. La cepa de Akosombo necesita fortalecerse en términos del tamaño de su población efectiva para que pueda ser sostenible a largo plazo. Este fortalecimiento puede conseguirse trayendo material genético a la línea, y para no perder en rendimiento, estamos trayendo ese material de la mejor línea del dialélico. Hay que tener en cuenta, sin embargo, que tras la introducción, continuaremos tratando a toda la progenie como parte de la población compuesta. No llevamos a cabo la cría considerando el cruce del que se origina cada animal, sino de su valor de cría estimado, basado en su propio rendimiento y en el de sus parientes.

De este modo se estableció la población base para el programa de mejora genética de Akosombo. Ya se han producido dos generaciones de selección, y los peces de la tercera generación están listos para ser recogidos mientras se escribe este documento (Marzo, 2007).

La introducción de GIFT por el WorldFish Center es una opción potencialmente útil para la Cuenca del Volta, dado que su cepa ha probado un alto potencial de crecimiento, asociado a otros varios atributos deseables (por ejemplo: alta tasa de supervivencia, excelente calidad de la carne). En ese caso, no habría problemas en integrar la cepa GIFT a los programas existentes. Por ejemplo, la integración se llevaría a cabo de forma que resultase en la comparación del rendimiento de la línea mejorada de Akosombo con la GIFT. La GIFT y las líneas locales se mantendrían, así como los cruces entre ellas. Los resultados indicarán la mejor línea a seguir después.

### **Formulación del objetivo de mejora o fin de la cría**

La formulación del objetivo de mejora es crucial, ya que determina “a dónde ir” con el programa de mejora genética. El objetivo de mejora está íntimamente relacionado con el sistema de producción. Tenemos que asegurarnos de que el/los rasgo(s) que mejoremos son los relevantes en el sistema de producción actual.

El objetivo de mejora puede incluir rasgos tales como:

- la tasa o tamaño de crecimiento;
- la tasa de supervivencia;
- la edad de madurez sexual;
- la resistencia a las enfermedades;
- la tolerancia a la temperatura del agua u otros atributos de la misma;
- la calidad de la carne; y
- el factor de conversión del alimento.

De todos ellos el más popular ha sido la tasa o ritmo de crecimiento (o el tamaño a una determinada edad).

El programa en Aksombo se centra en la actualidad en:

- una velocidad de crecimiento a aproximadamente 150 g (lo más cercano posible al peso de mercado)
- la falta de defectos anatómicos y una forma y color aceptables

Con respecto al último rasgo, se dará preferencia a los que tengan un color en concordancia con las preferencias del consumidor local, si las hubiere.

Somos conscientes de que existen otros rasgos importantes y que quizá sean merecedores de una atención directa en el futuro. Sin embargo, su inclusión en el objetivo de mejora en esta etapa no se considera apropiada. El razonamiento detallado que ha llevado a la simplificación del objetivo de cría se da en Ponzoni y Brummett (este vol.).

**Método de selección** (criterios de selección, sistema de evaluación genética, selección de animales y sistema de apareamiento)

Los criterios de selección son caracteres estrechamente relacionados, pero no necesariamente idénticos a los rasgos del objetivo de mejora. El objetivo de mejora es “a dónde ir” con el programa de mejora genética, mientras que los criterios de selección se refieren a “cómo llegar hasta ahí”. Los criterios de selección son caracteres que utilizamos al estimar los valores de cría y el mérito genético global de los animales.

El sistema de evaluación genética puede variar de algo muy simple, que sólo implique la selección en masa, a algo mucho más complejo, que requiera el ajuste de un modelo animal a los datos. Dado que los peces se identificarán de forma individual y única (serán marcados), seremos capaces de seguir el rastro de los pedigrís y utilizar el procedimiento BLUP (mejor predicción lineal objetiva), y valores estimados de cría (EBVs) combinando la información disponible.

De forma ideal, sólo reproduciríamos a los “mejores” individuos. En la práctica, necesitamos llegar a un equilibrio entre la intensidad de la selección y un tamaño de población efectivo ( $N_e$ ) para poder manejar el riesgo (por ejemplo: endogamia). Se necesita un  $N_e$  relativamente grande para:

- sostener la variación genética de la población a largo plazo
- controlar la endogamia
- aumentar el límite de selección
- tener respuestas predecibles a la selección

Con una información de pedigrí completa, se puede controlar la endogamia más fácilmente, evitando cruzamientos de individuos emparentados estrechamente, de modo que se produzca una ganancia genética sostenible durante muchas generaciones.

### **Diseño de un sistema de diseminación de las razas mejoradas**

La mejora genética, por lo general, se da en una fracción muy pequeña de la población. La mejora genética alcanzada en esa “élite” de animales superiores en un Centro de Cría se multiplica y disemina por los sistemas de producción. El flujo de genes se ilustra gráficamente en la Figura 1 de Ponzoni (Dissemination, este vol.).

La implementación de un programa de mejora genética en un número relativamente pequeño de animales puede ser suficiente para suplir a una población muy grande implicada en la producción.

La diseminación de la semilla mejorada se basará en la multiplicación de unos reproductores mejorados a un nivel intermedio (criaderos, del sector público o privado). Tras la producción de las

familias de hermanos completos y medio hermanos para la población de cría, los padres seleccionados deberían usarse para la producción masiva de semilla. La progenie de los progenitores seleccionados, al llegar a la madurez sexual, estará formada por reproductores de la más alta calidad genética, seguida por la progenie de los reproductores descartados del mejor tercio de la población.

En el caso particular de los estados riparios de la Cuenca del Volta, el siguiente resumen caracteriza el contexto global en cada uno de los países e indica dónde encajaría cada uno en una estructura de diseminación de la semilla a nivel de cuenca:

Ghana parece ser el país con la mejor infraestructura, tanto pública como privada, y el mayor potencial a corto plazo para la expansión. El centro de cría de Akosombo tiene la capacidad de producir líneas mejoradas y servir como depósito para estas líneas mejoradas y para los importantes recursos genéticos salvajes y cultivados. Guiados por un grupo consultor (el grupo de Cultivo de Peces y Genética de WorldFish), otros centros públicos de cría son capaces de probar nuevas cepas frente a las locales mientras que un número más pequeño de instalaciones de los sectores público y privado (algunos grandes piscicultores junto con un par de estaciones del gobierno), podrían servir como sistemas de multiplicación. Los criaderos más pequeños venden directamente a los piscicultores.

Côte d'Ivoire tiene poca infraestructura en la Cuenca del Volta. En general, las comparaciones de cepas entre las instalaciones del gobierno podrían contribuir a un mejor entendimiento de los beneficios potenciales de una cepa mejorada, pero aún hace falta mucho trabajo para que se pueda desarrollar la capacidad de producción dentro de la Cuenca del Volta. No existen criaderos privados en el país.

Para mantener los costes bajos, Mali estaría dispuesta a analizar de forma inicial la eficacia de un centro de cría central en Akosombo y ver si los centros nacionales de los demás países pueden gestionar sus poblaciones con éxito y diseminarlas de forma local. Mali tiene una institución que podría reproducir los peces y utilizar a las ONGs y al sector privado para multiplicar y diseminar las cepas mejoradas.

Benin tiene varios criaderos (100 kg al año) que podrían transformarse en centros de cría con ayuda del gobierno, pero no existe ningún sitio central real que pueda llevar a cabo actividades más sofisticadas. Hubo un programa piloto para tilapia del Nilo en lagunas que no funcionó muy bien, pero existía un pequeño centro de apoyo que podría utilizarse. Los mayores esfuerzos se dirigen en la actualidad al pez gato. Este centro del gobierno podría acometer actividades más complicadas. Para que se pudiese aceptar una línea mejorada, el Departamento de Pesca del Ministerio de Medio Ambiente hará un análisis de coste/beneficio previo a cualquier introducción. Así, los dos centros, uno gubernamental y otro de la universidad controlarán la diseminación. La parte alta del río Oti, al norte del país está en la Cuenca del Volta, pero no existe ningún centro de acuicultura en la cuenca. Hay un parque en el área y la contaminación de las cepas indígenas debería ser motivo especial de preocupación. Sería de gran ayuda una red de coordinación regional para gestionar la diseminación, informar, realizar consultas con otros países relativas a las introducciones y garantizar que el proceso sea legal. Para empezar, Akosombo podría ser el centro de actividad y su rendimiento ser controlado y evaluado.

Burkina Faso tiene un par de pequeños criaderos privados que podrían gestionar el material y colaborar con la multiplicación y la diseminación. Se les podría contratar de alguna forma para que supliesen las necesidades del proyecto. Burkina tiene mucho interés y estaría interesada en ver un proyecto piloto, pero necesita desarrollar muchos de los sistemas de apoyo necesarios para una



gestión correcta. Es necesario desarrollar una estructura que pueda diseminar al menos 10 millones de juveniles mejorados al año.

En Togo, la Universidad carece de la capacidad adecuada, pero hay un centro agrícola que podría ayudar. Tiene capacidad de gestión de la reproducción y tiene tilapia del Nilo (que ya ha sido legalizada en el país). También hay algunos siluros (peces gato). Hay otro centro de tecnología aplicada que trabaja con ONGs y granjeros y que podría también diseminar semilla. El departamento de pesca controlará el proceso y se asegurará de que todo va de acuerdo con el plan y la legislación. No hay centros en la zona del Oti, pero sí muchas granjas de peces familiares. La investigación es cara en Togo y probablemente necesitaríamos apoyarnos en el centro de Akosombo, al menos al principio, preocupándonos sólo de la diseminación a nivel local.

En el apéndice sobre Diseminación se dan recomendaciones detalladas acerca de la distribución de las poblaciones mejoradas a los criaderos y sobre el manejo de esos stocks, así como de las estrategias de sustitución.

### **Medida de la ganancia genética**

Establecer un procedimiento para medir el beneficio genético de un programa de cría no es un requerimiento esencial para obtener una respuesta a la selección. Sin embargo, el establecimiento de una población de control hará posible comprobar si las asunciones hechas son válidas y el programa está funcionando bien, o si necesita ajustes.

En Diseminación, por Ponzoni (este volumen), se describe el establecimiento de una población de control. La población de control se utiliza para estimar el beneficio genético de cada generación de selección. El establecimiento de una población de control no es sólo útil para estimar el cambio genético de cada generación, sino que también puede ayudar a estimar las respuestas correlativas a la selección en rasgos que habitualmente no se registran, pudiendo proporcionar peces para experimentos con fines concretos que pueden ser llevados a cabo de forma paralela (por ejemplo: un desafío medioambiental tras varias generaciones de selección por el ritmo de crecimiento, un estudio de las características de los cadáveres y de la carne).

### **Beneficio esperado de un programa de cría**

Cuando se presenta una variación genética aditiva en un determinado rasgo, siempre habrá una respuesta a la selección si se aplican métodos de selección eficaces. Se han presentado las siguientes estimas de respuesta a la selección (expresadas como beneficio genético en porcentaje por generación de selección):

- Salmon Coho, 10;
- Trucha arcoiris, 13;
- Salmón atlántico, de 11 a 14;
- Siluro de canal, de 12 a 20; y
- Tilapia del Nilo, 17.

La media de estas estimas es de alrededor del 15 por ciento de beneficio genético por generación para la velocidad de crecimiento. Esto significa que debería ser posible doblar la velocidad de crecimiento en menos de siete generaciones, lo que supone una mayor ganancia genética que la obtenida normalmente en los animales de granja, y se debe a que los peces, crustáceos y moluscos tienen una variación genética mayor en lo que respecta a su velocidad de crecimiento, así como una fecundidad más elevada.

En el programa de cría noruego, que hoy en día proporciona huevos de salmón atlántico y trucha arcoiris mejorados genéticamente a más del 70% de la industria piscicultura, el cociente coste-

beneficio se ha estimado en 1/15. En el caso de la tilapia, un estudio reciente informó de tasas que variaban desde 1/8 a 1/240, dependiendo de la eficacia reproductora a nivel del núcleo y del criadero (Ponzoni Beneficio Económico, este volúmen).

Los aspectos económicos más importantes de la producción de tilapia del Nilo en la Cuenca del Volta se pueden resumir en:

- velocidad de crecimiento
- maduración sexual retardada
- resistencia a las enfermedades
- rendimientos a la canal
- color

La velocidad de crecimiento debería registrarse a un peso al que podamos asumir con seguridad que existe una correlación con el tamaño de mercado (alrededor de 250 g), lo que en la actualidad se consigue a los 7 o 9 meses de vida. El método de selección propuesto para la tilapia del Nilo en la Cuenca del Volta implica el mantenimiento de pedigrís completos y la estimación de valores de cría (EBVs) utilizando el procedimiento BLUP. Inicialmente, la velocidad de crecimiento será el único objetivo de la selección. La velocidad de crecimiento es de extrema importancia y tiene unas consecuencias económicas claras.

La maduración sexual tardía, el rendimiento a la canal y la resistencia a las enfermedades pueden, sin embargo, ser incluidos más tarde si así se desea. Esto no debería suponer ningún problema para el sistema de marcaje individual que se prevé aplicar. Cuando se utiliza una inversión hormonal del sexo en el sistema de producción, la maduración sexual retardada se vuelve relativamente irrelevante.

A pesar de que la resistencia a las enfermedades no se incluye como un rasgo específico y registrado, tendrá lugar una selección natural individual en la población de cría. Por tanto, cabe esperar cierta ganancia genética sobre este rasgo en el plan de cría propuesto para la tilapia del Nilo.

El rendimiento a la canal ha mostrado en varios estudios realizados con peces estar genéticamente (positivamente) correlacionado con la velocidad de crecimiento, por lo que se espera que mejore como una respuesta correlacionada a la selección sobre la velocidad de crecimiento.

#### **Tema IV: Acreditación de Criaderos**

La sesión comenzó con una breve introducción al cultivo de Salmón en Noruega, que ha supuesto uno de los mayores éxitos en lo que respecta a las actividades de acuicultura a nivel mundial. La legislación se ha promulgado en Noruega para abordar, entre otras:

- licencias para los criaderos y las granjas;
- regulaciones en lo relativo a la importación, exportación y movimiento de peces (criaderos y granjas);
- regulaciones sobre la desinfección en los criaderos; y
- regulaciones relativas a las enfermedades y la calidad del producto en criaderos y granjas.

En la actualidad uno de los mayores motivos de preocupación relativo al cultivo de salmón en Noruega es la diferente estructura genética entre los peces salvajes y los cultivados, y el riesgo de introgresión de las poblaciones salvajes, por la gran cantidad de escapes. Existen pruebas crecientes

de que esto puede resultar en cambios en las frecuencias genéticas de las poblaciones salvajes con impactos adversos probables sobre las mismas.

En contraste con la estricta legislación relativa a la industria del salmón, en la industria global de tilapia parece que haya en funcionamiento unos sistemas de acreditación y certificación de los criaderos, bastante limitados. La red internacional de genética en Acuicultura (INGA) ha desarrollado unos acuerdos de transferencia de material para el movimiento de tilapia genéticamente mejorada (Apéndice MTA) que podrían relacionarse directamente con un proceso de acreditación.

En las jornadas se llegó a la conclusión de que la acreditación de los criaderos privados, que funcionan como multiplicadores satélite de los centros de cría, debería estar en manos de un equipo de evaluación del Centro Regional de Cría (BC), erigiéndose como más probable el de Akosombo. Los criaderos acreditados deberían cumplir con una serie de requerimientos técnicos y estar de acuerdo con el BC en lo relativo a la gestión de operación estándar y los métodos de disseminación. Los participantes consideraron también que se debería evitar un sistema de acreditación de criaderos estricto y complejo operado por el gobierno, ya que podría actuar como un freno a la implementación de un programa de acreditación, y obstaculizar el desarrollo de una acuicultura responsable en la Cuenca del Volta.

El principal objetivo del desarrollo de un sistema de acreditación de criaderos parece ser el de garantizar la implementación de directrices para el mantenimiento de la calidad genética de los juveniles proporcionados por los criaderos y salvaguardar los recursos genéticos de la tilapia nativa. El grupo recomendó que:

- Los operadores de criaderos interesados, para poder recibir semilla mejorada, necesitarían solicitar su acreditación (al centro de cría, BC); la solicitud sería revisada en base a una serie de criterios que incluirían, entre otros, los elementos relacionados aquí, así como otra información relevante (por ejemplo: instalaciones, experiencia, localización, rendimientos anteriores).
- Los centros de cría suministrarían reproductores al criadero acreditado y los sustituirían en base a las necesidades del mismo.
- Se debería implementar un sistema de buen registro de los reproductores o juveniles suministrados a los criaderos.
- Se debería implementar un sistema para controlar la distribución de los juveniles desde los criaderos acreditados a los productores, para poder controlar la distribución geográfica de la tilapia genéticamente mejorada en la Cuenca del Volta. Esto permitiría realizar evaluaciones de los impactos económicos y medioambientales potenciales de las cepas mejoradas que vayan siendo disseminadas.
- El estatus de acreditación de los criaderos debería revisarse de forma regular.
- Los criaderos que estén siendo considerados para su acreditación deberían estar bien gestionados y seguir las mejores prácticas en acuicultura, de acuerdo con el juicio de un personal técnico cualificado.

## ARTÍCULOS APORTADOS

### Instrumentos Internacionales para la Gestión Responsable de los Recursos Genéticos en Pesca y Acuicultura

Devin M. Bartley

#### Introducción

Se han desarrollado instrumentos internacionales para garantizar que estos recursos se utilizan de forma ambiental- y socialmente correcta y que son conservados, de manera que las generaciones futuras puedan disfrutar de sus beneficios y los organismos puedan evolucionar y adaptarse a los cambios, ya sean estos naturales o inducidos por el hombre.

Los instrumentos internacionales principales que contienen artículos relativos a los recursos genéticos son el Código FAO de conducta para la Pesca Responsable y el Convenio sobre la Diversidad Biológica. También se han elaborado códigos de buenas prácticas y directrices más específicas.

#### Instrumentos generales

**Código FAO de Conducta para la Pesca Responsable (CCPR)** – El CCPR es un instrumento internacional voluntario y no vinculante que los estados miembros de la FAO se comprometen a implementar de la forma más apropiada y mejor que puedan. Los artículos de la CCPR sobre recursos genéticos incluyen:

- **Artículo 6.2.** La ordenación de la pesca debería fomentar el mantenimiento de la calidad, la diversidad y disponibilidad de los recursos pesqueros en cantidad suficiente para las generaciones presentes y futuras, en el contexto de la seguridad alimentaria, el alivio de la pobreza, y el desarrollo sostenible. Las medidas de ordenación deberían asegurar la conservación no sólo de las especies objetivo, sino también de aquellas especies pertenecientes al mismo ecosistema o dependientes de ellas o que están asociadas con ellas.
- **Artículo 7.2.2.**...se preserve la biodiversidad de los hábitat y ecosistemas acuáticos y se protejan las especies en peligro;
- **Artículo 9.1.2** Los Estados deberían promover el desarrollo y la ordenación responsable de la acuicultura incluyendo una evaluación previa, disponible de los efectos del desarrollo de la acuicultura sobre la diversidad genética y la integridad del ecosistema basada en la información científica más fidedigna.
- **Artículo 9.3.1** Los Estados deberían conservar la diversidad genética y mantener la integridad de las comunidades y ecosistemas acuáticos mediante una ordenación adecuada. En particular, deberían tomarse medidas para reducir al mínimo los efectos perjudiciales de la introducción de especies no nativas o poblaciones alteradas genéticamente.
- **Artículo 9.3.3.** Los Estados, ..., deberían alentar la adopción de prácticas adecuadas en el mejoramiento genético de los reproductores, ...
- **Artículo 9.3.5.** Los Estados, cuando proceda, deberían promover la investigación y, cuando sea viable, el desarrollo de técnicas de cultivo adecuadas para las especies en peligro a fin de proteger, rehabilitar y aumentar sus poblaciones, teniendo en cuenta la imperiosa necesidad de conservar la diversidad genética de las especies en peligro.

- **Artículo 12.8** Los Estados deberían realizar investigaciones y actividades de seguimiento en relación con los suministros alimentarios humanos procedentes de fuentes acuáticas, ... y asegurar que no se produzcan efectos perjudiciales para la salud de los consumidores.

**Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB) (CBD 1994)** – El CDB promueve la conservación y uso sostenible de la biodiversidad y el reparto justo y equitativo de los beneficios derivados de este uso. Es un documento legalmente vinculante y contiene más Miembros que ningún otro convenio internacional. Las secciones clave del CDB concernientes a los recursos genéticos acuáticos y la biodiversidad son:

- **Artículo 6** Cada Parte Contratante, con arreglo a sus condiciones y capacidades particulares: (a) Elaborará estrategias, planes o programas nacionales para la conservación y la utilización sostenible de la diversidad biológica o adaptará para ese fin las estrategias, planes o programas existentes, que habrán de reflejar, entre otras cosas, las medidas establecidas en el presente Convenio que sean pertinentes para la Parte Contratante interesada; y (b) Integrará, en la medida de lo posible y según proceda, la conservación y la utilización sostenible de la diversidad biológica en los planes, programas y políticas sectoriales o intersectoriales.
- **Artículo 7 Identificación y Seguimiento** (a) Identificará los componentes de la diversidad biológica que sean importantes para su conservación y utilización sostenible... (b) Procederá, mediante muestreo y otras técnicas, al seguimiento de los componentes de la diversidad biológica identificados de conformidad con el apartado (a), prestando especial atención a los que requieran la adopción de medidas urgentes de conservación y a los que ofrezcan el mayor potencial para la utilización sostenible; (c) Identificará los procesos y categorías de actividades que tengan, o sea probable que tengan, efectos perjudiciales importantes en la conservación y utilización sostenible de la diversidad biológica y procederá, mediante muestreo y otras técnicas, al seguimiento de esos efectos; y (d) Mantendrá y organizará, mediante cualquier mecanismo, los datos derivados de las actividades de identificación y seguimiento de conformidad con los apartados (a), (b) y (c) de este artículo.
- **Artículo 8 Conservación in situ** (g) Establecerá o mantendrá medios para regular, administrar o controlar los riesgos derivados de la utilización y la liberación de organismos vivos modificados como resultado de la biotecnología que es probable tengan repercusiones ambientales adversas que puedan afectar a la conservación y a la utilización sostenible de la diversidad biológica, teniendo también en cuenta los riesgos para la salud humana; (h) Impedirá que se introduzcan, controlará o erradicará las especies exóticas que amenacen a ecosistemas, hábitats o especies; (i) Procurará establecer las condiciones necesarias para armonizar las utilidades actuales con la conservación de la diversidad biológica y la utilización sostenible de sus componentes;
- **Artículo 9 Conservación ex situ** (a) Adoptará medidas para la conservación *ex situ* de componentes de la diversidad biológica, preferiblemente en el país de origen de esos componentes; (b) Establecerá y mantendrá instalaciones para la conservación *ex situ* y la investigación de plantas, animales y microorganismos, preferiblemente en el país de origen de recursos genéticos; (c) Adoptará medidas destinadas a la recuperación y rehabilitación de las especies amenazadas y a la reintroducción de éstas en sus hábitats naturales en condiciones apropiadas; (d) Reglamentará y gestionará la recolección de recursos biológicos de los hábitats naturales a efectos de conservación *ex situ*, con objeto de no amenazar los ecosistemas ni las poblaciones *in situ* de las especies, salvo cuando se requieran medidas *ex situ* temporales especiales conforme al apartado c) de este artículo;...
- **Artículo 10 Uso sostenible** ... (b) Adoptará medidas relativas a la utilización de los recursos biológicos para evitar o reducir al mínimo los efectos adversos para la diversidad biológica; (c) Protegerá y alentará la utilización consuetudinaria de los recursos biológicos,

de conformidad con las prácticas culturales tradicionales que sean compatibles con las exigencias de la conservación o de la utilización sostenible; d) Prestará ayuda a las poblaciones locales para preparar y aplicar medidas correctivas en las zonas degradadas donde la diversidad biológica se ha reducido;...

- **Artículo 15 Acceso a los recursos genéticos** En reconocimiento de los derechos soberanos de los Estados sobre sus recursos naturales, la facultad de regular el acceso a los recursos genéticos incumbe a los gobiernos nacionales y está sometida a la legislación nacional.

También bajo este Convenio se encuentra el **Protocolo de Cartagena del Convenio sobre la Diversidad Biológica**<sup>13</sup>, adoptado el 29 de Enero de 2000 en Montreal, Canadá. El objetivo de este instrumento es *proteger la diversidad biológica de los riesgos potenciales que puedan representar los organismos vivos modificados resultantes de la biotecnología moderna*. Por tanto, el campo de acción del Protocolo es limitado y no incluye a las especies salvajes invasoras, o a aquellas especies alteradas genéticamente por medio de la cría selectiva, la hibridación, la manipulación del juego de cromosomas, o la inversión del sexo. A efectos prácticos, en la actualidad el Protocolo se refiere a los organismos transgénicos.

**La Convención sobre los Humedales**<sup>14</sup>, también conocida como **Convenio Ramsar**, es un tratado intergubernamental que sirve de marco para la acción nacional y la cooperación internacional para la conservación y uso racional de los humedales y sus recursos. Hay actualmente 154 Partes Contratantes en la Convención y 1650 humedales, con una superficie total de 149.6 millones de hectáreas, designados para ser incluidos en la Lista de Humedales de Importancia Internacional de Ramsar (ver Anexo).

En relación con la acuicultura, la Resolución IX.4 de los recursos pesqueros determina

*que las prácticas de Acuicultura (por ejemplo, el cultivo en estanques o jaulas) llevadas a cabo en sitios Ramsar o que puedan causar un impacto sobre los sitios Ramsar deberán ser controladas cuidadosamente. En particular, se insta a los gobiernos a que apliquen la legislación nacional pertinente, apliquen las provisiones de las Directrices Técnicas de la FAO para la pesca responsable- Desarrollo de la Acuicultura), y la Declaración de Bangkok para el Desarrollo de la Acuicultura.*

*La acuicultura sostenible puede facilitarse mediante el uso de especies y genomas nativos cuando esto sea posible, y mediante la minimización del uso de productos químicos y la priorización de tecnologías sostenibles [http://www.ramsar.org/res/key/resix\\_04\\_e.htm](http://www.ramsar.org/res/key/resix_04_e.htm)*

### **Instrumentos específicos**

**La Declaración de Nairobi**<sup>15</sup> – Esta declaración es un documento no vinculante creado por un grupo de expertos en acuicultura, conservación y ordenación de los recursos genéticos en 2002 para servir de guía a la reintroducción de tilapia (y por extensión otras especies foráneas o peces genéticamente alterados) en África.

La declaración afirma que:

- los granjeros africanos deben tener acceso a semilla de calidad para su uso en acuicultura;
- es necesaria una ordenación de los reproductores para mantener la calidad de las crías;

<sup>13</sup> <http://www.cbd.int/biosafety/default.shtml>

<sup>14</sup> <http://www.ramsar.org>

<sup>15</sup> <http://www.cta.int/pubs/nairobi/declaration.pdf>

- las introducciones deben hacerse de forma responsable y analizando los riesgos, aplicando los protocolos de importación y las directrices internacionales, y realizando los controles pertinentes;
- los recursos salvajes deben ser conservados y se deben establecer zonas para la conservación con este fin;
- la cooperación regional es esencial;
- se debe mejorar la información;
- se debe controlar a los patógenos;
- se debe incrementar la concienciación y la implicación de los sectores interesados; y
- la responsabilidad por el no-cumplimiento de las premisas debe ser perseguida por una política apropiada.

Nótese que esta declaración no prohíbe el uso de especies o genotipos foráneos.

**Códigos de Prácticas: Consejo Internacional para la Exploración del Mar (CIEM) y Comisión Asesora Europea sobre Pesca Continental (CAEPC)** – El Consejo Internacional para la Exploración del Mar (ICES) y la Comisión Europea para la Pesca Continental (EIFAC) son dos cuerpos intergubernamentales que reconocen la necesidad de la cooperación internacional para la conservación y el uso responsable de los recursos vivos acuáticos. Los códigos abordan tres retos fundamentales relativos a las especies foráneas (y por extensión a los genotipos foráneos):

1. reducir las posibilidades de que se produzcan transferencias de enfermedades debidas al movimiento de especies acuáticas;
2. reducir el impacto de las especies foráneas en la biodiversidad acuática nativa; y
3. abordar el posible impacto que los stocks genéticamente alterados puedan tener en las poblaciones naturales emparentadas.

Estos códigos y procedimientos han sido aprobados por el CCPR y en principio, han sido adoptados por todos los cuerpos de pesca regionales de la FAO relacionados con la pesca continental y la acuicultura.

Los códigos requieren que:

- la entidad que traslade a las especies exóticas desarrolle una **PROPUESTA**, que incluya la localización de las instalaciones, el uso que se prevé dar de dichas especies, documentación (pasaporte), y origen de las especies exóticas;
- se lleve a cabo una **REVISIÓN** independiente que evalúe la propuesta y los impactos y riesgos/beneficios de la introducción que se propone, por ejemplo: patógenos, requerimientos/interacciones ecológicas, problemas genéticos, problemas socio-económicos, y especies locales que vayan a ser principalmente afectadas;
- se comuniquen las **RECOMENDACIONES** y comentarios entre los proponentes, evaluadores y los tomadores de decisiones, así como las **RECOMENDACIONES** resultado del análisis independiente para aceptar, refinar o rechazar la propuesta, de modo que todas las partes entiendan los fundamentos de cualquier decisión o acción. Así, las propuestas podrán ser refinadas y el panel de evaluación podrá requerir información adicional en base a la cual realizar sus recomendaciones.
- si se aprueba la introducción de una especie, se implementen los **PROGRAMAS DE CUARENTENA, CONTENCIÓN, CONTROL, E INFORMACIÓN**; y
- La **PRÁCTICA CONTINUADA** de importar la (anteriormente) especie exótica se someta a revisiones e inspecciones que comprueben la calidad general de los envíos, por ejemplo: comprobar que no existen patógenos, que se introduce la especie correcta, etc.

Los elementos anteriores se suelen abordar desde un contexto medioambiental, es decir, cómo minimizar el riesgo para el medio ambiente y la biodiversidad nativa. Sin embargo, se ha notado que se debería dar más importancia a aspectos sociales y culturales y a implicar a los sectores interesados a nivel local de forma previa a que se tomen decisiones importantes relativas a especies o genotipos foráneos.

**Enfoque preventivo** – El CCPR asume que la información nunca estará completa y que las decisiones relativas al desarrollo a menudo deberán de tomarse con un cierto nivel de incertidumbre con respecto a sus posibles impactos. El Artículo 7.5 describe un enfoque preventivo en el que se da preferencia a la protección del ambiente acuático. La falta de información científica adecuada sobre el impacto de determinada actividad, como por ejemplo el uso de especies foráneas, no debería utilizarse como argumento para posponer o no conseguir tomar las pertinentes medidas de conservación o gestión.

Un enfoque preventivo, tal y como lo definen FAO y Suecia (FAO 1995a) establece que:

- se deben establecer puntos de referencia;
- se deben desarrollar acciones pre-acordadas o planes de contingencia;
- debe mantenerse la capacidad productiva del recurso; y
- el impacto de cualquier plan de desarrollo debe ser reversible en un plazo de 20 – 30 años.

Dada la elevada probabilidad de que el impacto de una especie foránea (y por extensión, un genotipo foráneo) en el ambiente natural sean impredecibles y difíciles, si no imposibles, de revertir si las especies se establecen en el mismo, la introducción de muchas especies no es preventiva. Los códigos de prácticas, tales como los códigos ICES/EIFAC descritos anteriormente, son medidas preventivas recomendables.

**Declaración de Dhaka sobre la Evaluación de Riesgo Ecológico de los Peces Mejorados Genéticamente** – Esta declaración es un documento no vinculante creado por un grupo de expertos en conservación de acuicultura y gestión de los recursos genéticos, en 2003. La declaración recomienda que:

- Las políticas, códigos y directivas internacionales sean revisadas y fortalecidas y que las políticas nacionales y locales sean desarrolladas en función de estas modificaciones, incluyendo las políticas transfronterizas;
- Se evalúe el riesgo;
- Que la capacidad y la cooperación internacionales se mejoren; y
- Se conciencie al público general y a los tomadores de decisiones.

## Referencias

**CBD. 1994.** Convention on Biological Diversity. Text and Annexes. [www.biodiv.org](http://www.biodiv.org).

**FAO. 1995.** The FAO Code of Conduct for Responsible Fisheries. FAO, Rome.

**FAO. 1995a.** The Precautionary Approach to Capture Fisheries and Species Introductions. FAO Technical Guidelines No. 2. FAO, Rome.

**ICES. 2005.** ICES Code of Practice on the Introductions and Transfers of Marine Organisms. International Council for the Exploration of the Sea, Denmark.

**Ramsar. 2007.** [http://www.ramsar.org/res/key\\_res\\_ix\\_04\\_e.htm](http://www.ramsar.org/res/key_res_ix_04_e.htm)



## **Acuicultura y Conservación de los Recursos Genéticos Piscícolas: Hermanando Objetivos y Oportunidades**

**Roger S. V. Pullin**

### **Antecedentes**

Allá donde se esté desarrollando, la acuicultura no está sola, y suele ser por lo general, el sector más nuevo. Comparte tierras, aguas y otros recursos naturales (*in situ* y *ex situ*) con otros muchos sectores, tales como la agricultura, las pesquerías, la silvicultura, la minería, el turismo y otros – incluyendo la conservación de la naturaleza, que es un sector en sí mismo. Las interrelaciones entre estos sectores se caracterizan a menudo por la competencia y el conflicto, más que por la asociación y la sinergia. Esto es especialmente cierto en el caso de la acuicultura, que se ha encontrado con nichos de suministro de pescado disponibles a medida que las capturas han ido disminuyendo, pero pocas veces ha buscado ajustes armoniosos con otros sectores.

El rápido crecimiento de la acuicultura, especialmente en Asia, ha traído numerosos beneficios, incluyendo el alivio de la pobreza (por ejemplo: ADB, 2005a), pero su desarrollo se ha llevado a cabo en ocasiones de forma irresponsable y bajo una actitud permisiva por parte de los gobiernos, lo que ha resultado en impactos sociales y medioambientales adversos, así como en una pobre sostenibilidad. La acuicultura, por tanto, tiene una imagen manchada entre algunos donantes y entre el público en algunas partes del mundo. Es tiempo de que se produzca un cambio – de la acuicultura como adversario de la conservación y otros sectores, a la acuicultura como aliado de los mismos.

La clave para alcanzar este desarrollo de la acuicultura en África es una estrategia de desarrollo de políticas e intervenciones intersectoriales, de modo que la acuicultura y otros sectores puedan, cuando sea posible, complementarse. Este enfoque se ve entorpecido por la prevalencia de instituciones y actitudes monosectoriales. Sin embargo, es a la acuicultura, como sector más nuevo, a la que más interesa contribuir a la elaboración de políticas intersectoriales y a la construcción de instituciones, tendiendo la mano hacia los sectores afines, que dependen de los mismos ecosistemas. El hermanamiento del desarrollo de la acuicultura y su supervisión, con la conservación de los recursos genéticos piscícolas (FiGR) se sugiere aquí como el punto de partida, y la necesidad para desarrollar programas de cultivo de tilapia para una acuicultura responsable, beneficiosa y sostenible en la Cuenca del Volta supone la oportunidad de ponerlo a prueba como tal.

Las cuestiones fundamentales planteadas en estas jornadas son cómo implantar programas de cultivo de tilapia en la Cuenca del Volta de la mejor forma posible, y en especial, si conviene introducir tilapia genéticamente mejorada de algún lugar a otro. Estas cuestiones son secundarias a la cuestión principal, que es cómo encontrar buenos ajustes entre la acuicultura y los otros sectores, pero su respuesta puede ayudar a desvelar la idea global. El ajuste más importante que una acuicultura responsable debe intentar lograr es con la conservación de los FiGR, dado que sus perspectivas de futuro son interdependientes. El desarrollo de la acuicultura y la conservación de los FiGR son objetivos gemelos y la acometida de ambos en la Cuenca del Volta puede considerarse también como el aprovechamiento de oportunidades gemelas.

### **Acuicultura y FiGR**

El desarrollo de la acuicultura se está llevando a cabo de forma rápida en muchos países, utilizando una gran diversidad de especies, muchas de las cuales están todavía en etapas tempranas de domesticación. La acuicultura debe desarrollarse en África de forma que se una a otros sectores a la

hora de hacer contribuciones sostenibles a la seguridad alimentaria y al sustento de las comunidades rurales. África tiene una enorme diversidad de FiGR para la acuicultura (e.g. Agnése, 1998; Pullin *et al.*, 2001) y es la fuente original de todos los recursos genéticos que han permitido el desarrollo global del cultivo de tilapia.

Los recursos genéticos piscícolas (FiGR) se componen de peces salvajes, asilvestrados, cultivados, y otros tipos de peces cautivos o para la investigación, como poblaciones o como individuos, así como sus gametos, ADN y genes. Los FiGR destinados a la acuicultura y otros propósitos (principalmente pesquerías y el comercio de acuarios) se encuentran sobre todo en aguas abiertas y en criaderos o granjas como poblaciones de peces domesticados. Los FiGR de las granjas y los salvajes o asilvestrados se denominan “*in situ*”, porque están en sus hábitat normales y “*in vivo*”, porque son peces completos vivos. Pero los FiGR también se mantienen “*ex situ/in vivo*” – como material de investigación, en acuarios públicos, y en los cada vez más especializados bancos de genes – y “*ex situ/in vitro*”, en forma de espermatozoides criopreservados y de otros tejidos almacenados (por ejemplo: Tiersch, 2006). Las colecciones de FiGR *in situ* y *ex situ* son todas tipos de bancos de genes.

Las inversiones en conservación de FiGR han sido muy pequeñas hasta la fecha, comparadas con las de los recursos genéticos de las plantas y el ganado, pero esto está cambiando tras un largo periodo de consultas y revisiones (por ejemplo: FAO, 1995; Pullin y Casal, 1986; Harvey *et al.*, 1998; Pullin *et al.*, 1999; Greer y Harvey, 2004; Science Council, 2005; Bartley *et al.*, en prensa).

### **El hermanamiento – una situación en la que todos pueden ganar**

El hermanamiento del desarrollo y la supervisión de una acuicultura responsable con la conservación eficaz de los FiGR puede ser potencialmente una situación en la que todos ganen, pero esta ganancia se consigue mediante el cumplimiento de ciertas obligaciones. Requiere que el desarrollo de la acuicultura siga el Código FAO para la Pesca Responsable (CCRF, siglas en inglés), y las diversas directrices de este código para la acuicultura, para las que se prepararán una serie de directrices adicionales relativas a los FiGR en 2007. También requiere que los conservacionistas acepten a la acuicultura como una usuaria legítima y responsable de las tierras, las aguas y otros recursos naturales, en armonía con otros usuarios sectoriales, incluyendo la conservación de los FiGR.

En términos prácticos, el hermanamiento significa una co-planificación, co-seguimiento y co-financiación del desarrollo y apoyo continuado a la acuicultura y a la conservación de los FiGR. Mediante este hermanamiento, la acuicultura se localizará y practicará sólo en zonas reservadas para la acuicultura, de modo que se causen los mínimos daños a los FiGR, mientras que los FiGR salvajes de importancia serán conservados *in situ* en zonas reservadas para ello. Estas zonas de conservación se mantendrán de forma permanente fuera de los límites de la acuicultura y de cualquier contacto con aguas de cultivo. En algunas cuencas, las posibilidades de llevar esto a cabo serán pocas o ninguna, porque la presión para utilizar todo el espacio disponible para acuicultura y otros propósitos sea muy fuerte y/o porque no haya masas de agua o cursos de agua evidentes que puedan ser destinados permanentemente a la conservación de los FiGR. En estos casos, el único recurso restante para la conservación a largo plazo de los FiGR salvajes importantes es establecer colecciones *ex situ*. Sin embargo, en algunas cuencas riparias compartidas de forma nacional o internacional, habrá algunos sitios – por ejemplo en parques de vida salvaje, plantaciones sagradas, etc. – que podrían cumplir este papel de conservadores de FiGR (Pullin, 1990).

La razón más importante para la separación de la acuicultura de las zonas de conservación es que, sin tener en cuenta si están basados en especies o cepas nativas o foráneas, los programas de cría para la acuicultura resultan inevitablemente en peces alterados genéticamente con respecto a los tipos salvajes. La conservación de los FiGR supone no sólo la conservación *in situ* de los tipos

salvajes en las zonas de conservación, sino también la conservación *in situ* y *ex situ* de los fundadores importantes, los cultivos seleccionados, los híbridos y otras poblaciones, en granjas, en centros de investigación y en otras colecciones.

La acuicultura responsable se beneficiaría del hermanamiento de dos maneras. Primero, en las zonas destinadas a la acuicultura, a pesar de seguir sometidas a las medidas nacionales e internacionales de bioseguridad y bioestabilidad acordadas tanto para proteger sus operaciones, como para lograr un medioambiente más amplio, los granjeros tendrían más posibilidades de utilizar las especies nativas o foráneas más productivas. Esto significaría una actitud permisiva de cara a la utilización de cualquier pez cultivable en cualquier zona destinada a la acuicultura. Significaría una evaluación previa y un comportamiento responsable, siguiendo procedimientos acordados: fundamentalmente el CCFR, convenios internacionales (principalmente el Convenio sobre Diversidad Biológica), y directivas IUCN (IUCN, 2000, 2006). Los protocolos acordados por los miembros de la Red Internacional de Genética en la Acuicultura (INGA), son un ejemplo de cómo traducir estas obligaciones en un uso práctico (ver las Redes en [www.worldfishcenter.org](http://www.worldfishcenter.org)). Éstos y otros instrumentos están bien resumidos en las contribuciones de De Moor (2004) y de D.M. Bartley a estas jornadas. Cuestiones como el uso en la acuicultura africana de especies foráneas o peces alterados genéticamente, como la GIFT, podrían entonces abordarse desde el marco del hermanamiento, y no *ad hoc* o desde una perspectiva monosectorial, como viene siendo la norma. En segundo lugar, la acuicultura se beneficiaría porque la conservación decidida de una amplia variedad de FiGR proporcionará material genético para futuros programas de cultivo.

La conservación de los FiGR también se beneficiaría de este hermanamiento con la acuicultura. Se pondría en las mismas agendas políticas, de planificación y financiación y sus necesidades atraerían más recursos nacionales e internacionales para establecer y mantener las zonas destinadas a la conservación. Por ejemplo, la acuicultura de especies nativas, una vez excluidas las especies foráneas, está contribuyendo sustancialmente al alivio de la pobreza en pequeñas granjas del sur de Malawi, pero todos los conservacionistas de FiGR preferirían ver el lago Malawi fuera de los límites de la acuicultura. Por lo tanto, Malawi, y otros países que se enfrentan a elecciones difíciles deberían ser ayudados económicamente para poder mantener tanto su acuicultura como la conservación de sus FiGR. El hermanamiento puede traer más recursos para desarrollar y sostener tanto la acuicultura como la conservación de sus FiGR. La acuicultura, una vez establecida, puede convertirse en una fuente de subvenciones para la conservación de los FiGR. La acuicultura podría entonces conseguir un lugar mejor en la historia que la agricultura, en lo que respecta al cuidado de sus parientes salvajes.

El hermanamiento empieza y continúa con una planificación estratégica, preguntándose: ¿Qué queremos hacer? ¿Qué tenemos? ¿Qué necesitamos?

### **Recursos genéticos de Tilapia para programas de cría en la Cuenca del Volta**

#### ***¿Qué queremos hacer?***

La respuesta es clara: asegurar la expansión de un cultivo de tilapia rentable, responsable y sostenible con programas de cría que garanticen cantidades adecuadas de semilla de gran calidad y precios asequibles a los granjeros.

#### ***¿Qué tenemos?***

La respuesta aquí es: no lo sabemos del todo. El desarrollo de la acuicultura en la Cuenca del Volta podría utilizar una serie de especies probadas, pero el pilar obvio es la tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*). Hay una cantidad considerable de información relativa al estatus de la tilapia del Nilo y otras especies, así como del estado de sus hábitat a lo largo y ancho del Oeste africano. Paugy *et al.* (1993) describen la fauna piscícola del Oeste africano como la mejor conocida de África. Sin embargo, la mayor parte de la información fácilmente accesible sólo lo está

a nivel de especie: mediante la base de datos FishBase ([www.fishbase.org](http://www.fishbase.org)) y mediante publicaciones nacionales tales como las de Dankwa *et al.* (1999) acerca de Ghana.

El cultivo de la tilapia del Nilo y la investigación de apoyo correspondiente han estado desarrollándose en los países de la Cuenca del Volta durante décadas y ha habido muchas introducciones de poblaciones fundadoras de otros países, así como diseminaciones de cepas nativas, foráneas e híbridas. La revisión de los recursos genéticos de tilapia de Pullin (1988/1989), y el resumen de Lazard y Rognon (1997) acerca de Côte d'Ivoire y Níger siguen siendo fuentes de información útiles, aunque el estatus actual de las cepas a las que se refieren como cepa "Bouaké" o de "Côte d'Ivoire" (que se desarrolló a partir de material genético del río Nilo, el Volta negro (Burkina Faso) y Níger), la "cepa de Burkina Faso" y el "stock cultivado en Níger", no esté claro.

Por lo tanto, el estatus de *todos* los recursos genéticos de tilapia del Nilo (salvaje y cultivada; *in situ* y *ex situ*) dentro de la Cuenca del Volta merece una documentación exhaustiva y un control y seguimiento continuados. Este sería un primer paso de cara al hermanamiento, puesto que las poblaciones importantes de tilapia, del Nilo u otras, salvajes y/o nativas, que actualmente no están siendo perturbadas, se documentarán a la vez que se haga lo propio con las zonas potenciales destinadas a la conservación y con las necesidades para tomar medidas *ex situ*.

### *¿Qué necesitamos?*

Una vez más, la respuesta no está aún definida. La cepa de tilapia del Nilo del Volta que se llevó de Ghana a Filipinas para su evaluación al comienzo del proyecto GIFT, fue la cepa de más lento crecimiento en los ambientes experimentales filipinos (Eknath *et al.*, 1993). Esto no quiere decir que esta cepa vaya a suponer una perspectiva peor en Ghana que las otras cepas africanas con las que fue comparada en Filipinas (Egipto, Kenia y Senegal). De hecho, es posible que las cepas nativas del Volta puedan hacer contribuciones útiles a los programas de cultivo de tilapia del Nilo en la Cuenca del Volta. Se han estado adaptando a los ambientes que las rodean durante mucho tiempo. Sin embargo, también ha de decirse que casi toda la historia de los puntos de cría de tilapia ha mostrado un rendimiento superior al de las cepas riparias en un amplio rango de ambientes, particularmente aquellas del Nilo. Por ejemplo, la cepa Chitralada que se desarrolló en Tailandia y sobre la que ahora se continúa el trabajo en Brasil, vino originalmente de Egipto. La segunda, e igualmente obvia conclusión, es que hay un amplio rango de material genético de tilapia disponible en otras fuentes fuera de la Cuenca del Volta: principalmente en otros países africanos, Asia y América Latina.

Las valoraciones necesarias en este sentido son mucho más amplias que simplemente preguntarse – "¿quién tiene la mejor cepa? Vale, consigámosla y empecemos por ella para ahorrarnos tiempo". La(s) mejor(es) cepa(s) de tilapia del Nilo, a partir de la(s) cual(es) se podrían comenzar los programas de cría para el cultivo en la Cuenca del Volta todavía no se conocen. Es algo ingenuo pensar que uno puede simplemente comenzar con la tilapia mejorada genéticamente de otro y saber cuáles serán los resultados. Las decisiones más importantes son las relativas a las poblaciones fundadoras y al diseño de los programas de cría. Cualquier programa que se empiece debe ser sostenible en términos de instalaciones y de financiación. La Fundación GIFT comprobó que los granjeros privados no podían asumir de forma fácil o rápida el coste de continuar la mejora genética de tilapia y la banca de genes. Parece que la mejor solución son las asociaciones público-privadas, siendo los programas de cría públicos el núcleo inicial de la mejora genética y la banca de genes.

### **La cuestión de la "GIFT en África"**

Los resultados principales del proyecto GIFT y de su sucesor, el proyecto DEGITA, fueron demostrar métodos para la mejora genética en la acuicultura tropical y demostrar los beneficios de la misma (ADB, 2005b). La evaluación rigurosa por parte del proyecto GIFT de muchas cepas e

híbridos en ambientes experimentales múltiples, seguida del desarrollo y selección a partir de una cepa sintética, fue un proceso costoso y lento que fue diseñado y financiado como *investigación*. No es necesario que sea copiado exactamente para desarrollar programas de cría nacionales o específicos de cuenca. La cepa GIFT ha sido sometida desde entonces a una mayor mejora genética y se ha cruzado con otras cepas para producir lo que podría denominarse como cepas derivadas de la GIFT o híbridos. Traer cualquiera de estas cepas a una cuenca riparia africana sería introducir genes de tilapia que no estaban ahí antes. Sin embargo, sería lo mismo mover cepas de tilapia diferentes entre cuencas o masas de agua que no están interconectadas dentro de África. La cepa GIFT se elaboró a partir de cepas de 4 países africanos y cepas cultivadas en Asia que provenían de Israel y de otros países africanos diferentes. Según las definiciones CBD, el país de origen de la cepa GIFT – asumiendo que en verdad es una cepa cultivada con características propias – es Filipinas.

Por tanto, ¿sería mejor que los nuevos programas de cría de tilapia del Nilo en la Cuenca del Volta comenzasen con la introducción de GIFT o de linajes fundadores derivados de la GIFT? Posiblemente sí, aunque hay otras opciones y su respuesta sería posiblemente la misma. La verdadera respuesta es que estamos ante la pregunta equivocada. La cuestión es más bien cómo pueden los granjeros y criadores africanos acceder al mejor material genético de tilapia, desde sus propias así como desde otras partes de África o más allá del continente. La respuesta que aquí se sugiere es que si el desarrollo de este tipo de programas de cría en las zonas de acuicultura fuese a estar hermanado con la conservación de los FiGR en zonas de conservación, se podría realizar una evaluación rápida de las cepas nativas e introducidas, incluyendo la GIFT y las cepas derivadas de la GIFT, si se quisiese.

### **Conclusiones**

Los programas de cría de tilapia del Nilo en la Cuenca del Volta deberían estar basados en evaluaciones del mejor material genético disponible dentro de la Cuenca del Volta y en otras fuentes africanas o de otro sitio, siguiendo todas las salvaguardias proporcionadas por las convenciones internacionales, los códigos de conducta y los protocolos acordados por los países de la Cuenca del Volta.

El hermanamiento del desarrollo de la acuicultura de la Cuenca del Volta con la conservación de los FiGR no es sólo el enfoque más responsable sino en definitiva el más beneficioso para ambos sectores.

El desarrollo de programas de cría de tilapia en la Cuenca del Volta puede ser un caso pionero en el hermanamiento de la acuicultura y la conservación de los FiGR.

### **Referencias**

**ADB. 2005a.** An Evaluation of Small-Scale Freshwater Rural Aquaculture Development for Poverty Reduction. Asian Development Bank: Manila, Philippines. 163p.

**ADB. 2005b.** An Impact Evaluation of the Development of Genetically Improved Farmed Tilapia. Asian Development Bank: Manila, Philippines. 124p.

**Agnèse, J.-F. (ed.). 1998.** Genetics and Aquaculture in Africa. Editions de l'Orstom: Paris, France. 326p.

**Bartley, D. M., Harvey, B. y Pullin, R.S.V. (eds). In press.** Status and Trends in Aquatic Genetic Resources, Food and Agriculture Organization of the United Nations: Rome, Italy.

- Dankwa, H.R., Abban, E.K. y Teugels, G.G. 1999.** Freshwater Fishes of Ghana: Identification, Distribution, Ecological and Economic Importance. Vol. 283. Annales Sciences Zoologiques. Royal Museum for Central Africa: Tervuren, Belgium. 53p.
- De Moor, I. 2004.** Protocols for moving germplasm among counties in Africa., p. 77-92. In M.V. Gupta, D.M. Bartley and B.O. Acosta (eds.) Use of Genetically Improved and Alien Species for aquaculture and Conservation of Aquatic Biodiversity in Africa. WorldFish Center Conference Proceedings 68.
- Eknath, A.E. y 13 co-authors. 1993.** Genetic improvement of farmed tilapias: the growth performance of eight strains of *Oreochromis niloticus* tested in different farm environments. Aquaculture 111: 171-188.
- FAO. 1995.** Report on the Expert Consultation on Utilization and Conservation of Aquatic Genetic Resources. FAO Fisheries Report 491. 58p.
- Greer, D. y Harvey, B. 2004.** Blue Genes: Sharing and Conserving the World's Aquatic Biodiversity. Earthscan: London. 231p.
- Harvey, B., Ross, C., Greer, D. y Carolsfeld, J. (eds). 1998.** Action Before Extinction: an International Conference on Conservation of Fish Genetic Diversity. World Fisheries Trust: Victoria BC, Canada. 259p.
- IUCN. 2000.** IUCN Guidelines for the Prevention of Biodiversity Loss Caused by Alien Species. International Union for the Conservation of Nature: Gland, Switzerland. 14p.
- IUCN. 2006.** Alien Species in Aquaculture. Considerations for Responsible Use. The World Conservation Union: Gland, Switzerland. 32p.
- Lazard, J. y Rognon, X. 1997.** Genetic diversity of tilapia and aquaculture development in Côte d'Ivoire and Niger. The Israel Journal of Aquaculture – Bamidgeh 49 (2): 90-98.
- Paugy, D., Traoré, K. y Diouf, P.S. 1993.** Faune Ichthyologique des eaux douces d'Afrique de l'Ouest, p. 35-66. In G.G. Teugels, J-F Guégan and J-J Albaret (eds) Biological Diversity in African Fresh- and Brackishwater Fishes. Vol. 275. Annales Sciences Zoologiques. Royal Museum for Central Africa: Tervuren, Belgium.
- Pullin, R.S.V. (ed.). 1988/1989.** Tilapia Genetic Resources for Aquaculture (1988). Ressources Génétiques en Tilapias pour l'Aquaculture (1989; traduit par Catherine L'homme Binudin). ICLARM Conference Proceedings 16. 108p.
- Pullin, R.S.V. 1990.** Down-to-earth thoughts on conserving aquatic genetic diversity. Naga. The ICLARM Quarterly 13 (1): 5-8.
- Pullin, R.S.V. 2000.** Management of aquatic biodiversity and genetic resources. Reviews in Fisheries Science 8 (4): 379-393.
- Pullin, R.S.V. y Casal, C.M.V. (eds). 1996.** Consultation on Fish Genetic Resources. ICLARM Conference Proceedings 51. 61p.
- Pullin, R.S.V., Casal, C.M.V. y Brummett, R. 2001.** Fish genetic resources of Africa, p. 60-74. In P.H. Skelton and G.G. Teugeis (eds.) African Fish and Fisheries – Diversity and Utilisation. Vol. 288. Annales Sciences Zoologiques. Royal Museum for Central Africa: Tervuren, Belgium.
- Pullin, R.S.V., Bartley, D.M. y Kooiman, J. (eds). 1999.** Towards Policies for Conservation and Sustainable Use of Aquatic Genetic Resources. ICLARM Conference Proceedings 59. 277p.
- Science Council. 2005.** Conservation of Livestock and Fish Genetic Resources. Science Council Secretariat of the Consultative Group on International Agricultural Research: Rome, Italy. 89p.
- Tiersch, T.R. 2006.** Fish sperm cryopreservation for genetic improvement and conservation in Southeast Asia. Fish for the People: 4 (2): 21-31.

# Plan de Cría para la Tilapia del Nilo (*Oreochromis Niloticus*) en la Cuenca del Volta

Raul W. Ponzoni y Randall Brummett

## Prefacio

La tilapia (*Oreochromis niloticus*) es la especie de agua dulce cálida más importante de las que se cultivan en la Cuenca del Volta. Para mejorar y sostener el rendimiento de la tilapia cultivada se debe poner en marcha un programa lógico de cría y mejora genética.

Este informe detalla el plan propuesto para la cría selectiva de tilapia del Nilo. El plan podría implementarse inicialmente en Akosombo, Ghana, donde el trabajo ya está en curso, y después expandirse a otras localizaciones relevantes.

## Introducción

En las especies animales terrestres (por ejemplo: cabaña lechera, cerdos, aves de corral), los programas de mejora genética han supuesto una contribución substancial a la productividad y viabilidad de la industria. Las ganancias conseguidas con las plantas han sido aún más espectaculares. Parece haber un gran potencial para la mejora en las especies animales acuáticas, dada la comparativamente poca aplicación de la tecnología de mejora genética que se ha llevado a cabo hasta la fecha sobre las mismas. Por tanto, está de sobra justificada la planificación, diseño e implementación de la investigación, el desarrollo y la transferencia de la tecnología de los programas de mejora genética para las especies acuáticas.

Los programas de mejora genética tienen los siguientes atributos, altamente deseables:

- la capacidad de modificar al animal para que se acomode a un propósito o ambiente;
- esto puede por tanto resultar en una mayor productividad, fiabilidad y consistencia, mientras que la ganancia puede ser permanente;
- puede ofrecer soluciones a patógenos existentes o emergentes, y a desafíos medioambientales;
- puede proporcionar un rendimiento de las inversiones favorable;
- puede ayudar a rellenar el espacio entre la elevada demanda y la oferta, sin causar un impacto ambiental negativo; y
- ayudará a gestionar la endogamia en el sistema de producción.

La experiencia con la tilapia del Nilo y otras especies, muestra que la mejora genética en la velocidad de crecimiento puede ser del orden del 15% por generación en programas bien dirigidos. El *intervalo generacional*, es decir, la edad media de los padres cuando nace la progenie (ver Apéndice 2), dependerá del tiempo que deba transcurrir para que se alcance la madurez sexual. Sería deseable mantenerlo entre 9 y 12 meses con el fin de que se produjese al menos una generación al año.

Un programa de mejora genética bien diseñado considerará los siguientes aspectos en algún detalle:

- descripción o desarrollo de los sistemas de producción;
- elección de las especies, cepas y sistema de cría;
- formulación del objetivo de mejora o el fin de la cría;
- desarrollo de criterios de selección;
- diseño de un sistema de evaluación genética;
- selección de animales y del sistema de apareamiento;
- control y seguimiento y comparación de los programas alternativos; y

- diseño de un sistema para la expansión y diseminación del stock mejorado.

Generalmente, estos pasos se tomarán en este orden, pero no siempre será necesario. Siempre habrá iteraciones, vueltas a pasos anteriores, modificaciones, y rectificaciones de los cursos de acción. Nótese que es esencial que se preste la debida atención a todos los aspectos, de forma que se pueda conducir e implementar un programa de mejora genética efectivo. A continuación haremos unas breves consideraciones sobre los pasos relacionados anteriormente, con especial referencia a la situación de la Cuenca del Volta. El significado de la terminología utilizada se especifica en el Anexo 2, mientras que en el Anexo 3 se dan indicaciones relativas a las instalaciones físicas necesarias para la consecución de un programa de mejora genético.

### **El sistema de producción**

En la Cuenca del Volta, los sistemas de producción en acuicultura pueden clasificarse como extensivos, semi-intensivos e intensivos, dependiendo del nivel de inversiones que reciban. Los sistemas extensivos consisten de estanques de barro u otras masas de agua que reciben pocas o ninguna entrada de agua. En los sistemas semi-intensivos, los estanques se fertilizan con compuestos químicos u orgánicos (o ambos), que aumentan su productividad. También es posible que se les suministre salvado de cereales o algún otro tipo de alimento producido de forma local. Los sistemas intensivos emplean un nivel de inversión aún mayor, necesitando de fórmulas de alimentación artificiales y fases de engorde en jaulas. Se prevé que en un futuro próximo, los sistemas de producción más frecuentes serán los semi-intensivos y los intensivos.

La identificación del sistema de producción para el que se destina la mejora genética es importante ya que influye sobre la elección del ambiente en el que se habrá de llevar a cabo el programa. En principio, el programa de mejora genética debería llevarse a cabo en un ambiente lo más similar posible al del sistema de producción en el que habrán de vivir los peces genéticamente mejorados. Esto asegura que la ganancia genética alcanzada en el centro de cría también se exprese en los estanques de los piscicultores. Si el ambiente bajo el cual tiene lugar la selección es muy diferente al de producción, existe el riesgo de que al menos parte de la ganancia conseguida en el centro de cría no se exprese a nivel de granja. Sin embargo, las pruebas experimentales muestran que afortunadamente, los peces que son superiores en un determinado ambiente también lo suelen ser en otros ambientes. Durante el desarrollo de la línea de selección de Akosombo, analizamos tres tipos de ambientes, extensivos, semi-intensivos e intensivos. Encontramos que las expresiones de peso cosechado en el sistema semi-intensivo tenían la correlación genética más alta, con expresiones en los otros dos sistemas. Por tanto, se decidió que a partir de ahora los análisis se realizarían sólo sobre el sistema semi-intensivo.

### **Elección de las especies, cepas y sistema de cría**

Las decisiones sobre la elección de especies y cepas están a veces hechas de antemano, como cuando existen limitaciones relativas a la disponibilidad de reservas, o ya hay unas preferencias locales bien definidas. Sin embargo, siempre que sea posible, es importante hacer una buena elección porque los beneficios alcanzados de esta forma pueden ser equivalentes a varias generaciones de selección.

La elección de especies y cepas debería hacerse, preferentemente, en base a la información derivada de experimentos bien diseñados en los que se comparen las especies y cepas, y una estimación de los parámetros fenotípicos y genéticos (heterosis, heredabilidad, correlaciones entre rasgos, interacciones genotipo-ambiente). Estos experimentos pueden ser complejos y costosos, pero son muy necesarios. El enfoque GIFT utilizado para la tilapia (Bentsen *et al.*, 1998) y usado también con la carpa Rohu (Gjerde *et al.*, 2002), es una manera sólida de abordar el problema. En relación con esto, el enfoque GIFT consiste en muestrear las poblaciones disponibles y prometedoras de las especies en cuestión, realizando todos los cruzamientos posibles entre ellas, y



después realizar una cría selectiva a partir de la progenie generada, independientemente de su origen. De esta forma, se establece una población de base con una variación genética aumentada, lo que incrementa en gran medida las posibilidades de una ganancia genética futura. Nótese que todas las poblaciones tienen probabilidades de tener individuos valiosos. Los procedimientos indicados en este artículo consiguen sacar el máximo partido de todos los genes “buenos” disponibles, independientemente de dónde vengan.

En 2001 se inició en Akosombo el trabajo sobre el desarrollo de una cepa mejorada basada en las poblaciones locales disponibles de tilapia. En la siguiente sección se esboza la forma en la que se estableció la población, así como la forma en la que se está dirigiendo el programa de mejora genética.

### **Población base**

Los individuos de tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) se recogieron de tres zonas ecológicas diferentes dentro del sistema del Volta en Ghana – Nawuni, Yeji y Kpandu. Estas poblaciones salvajes, junto con una cepa domesticada en el Instituto de Investigación del Agua, proporcionaron los animales de partida para el establecimiento de la población de base para el programa de cría de la tilapia del Nilo en Ghana.

Se mantuvo a un total de 150-400 peces con un peso medio en Febrero de 2001 de 8g, por cepa, en tanques separados. Los peces fueron engordados hasta Junio-Julio de 2001, cuando alcanzaron un peso corporal medio de 40-50g. Entonces, 40 peces (20 machos y 20 hembras) de cada cepa se utilizaron en un experimento de cruces dialélicos (4x4) para producir 16 combinaciones de cinco familias cada una, es decir, un total de 80 familias. La producción de familias siguió el procedimiento indicado en la Cuadro 1.

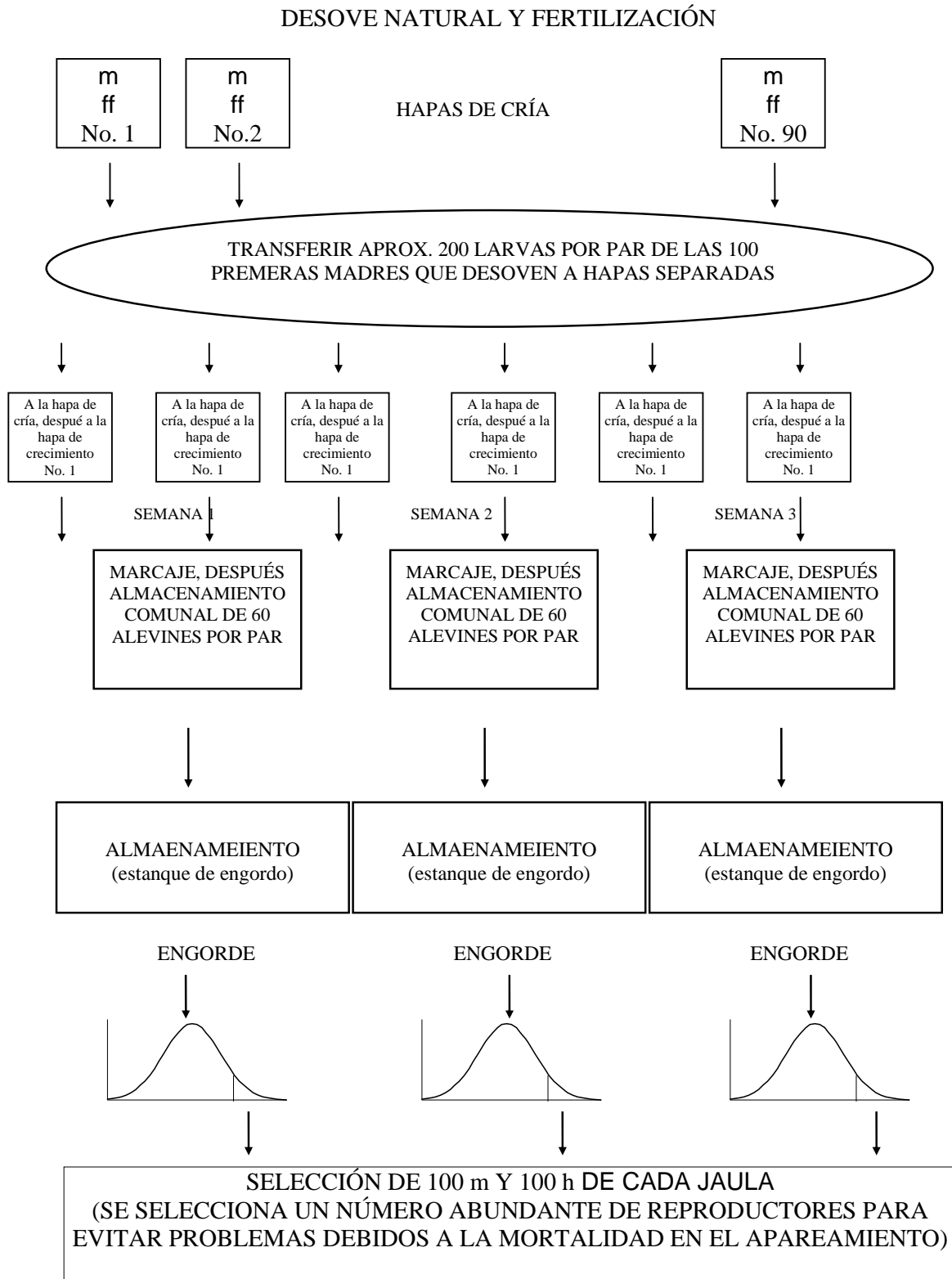
**Cuadro 1: Cruzamiento dialélico para establecer la población de base en Akosombo**

Sexo de los padres	Machos			
Hembras	Domesticados (D)	Kpandu (K)	Nawuni (N)	Yeji (Y)
Domesticados (D)	<b>D x D</b> 5 familias	<b>D x K</b> 5 familias	<b>D x N</b> 5 familias	<b>D x Y</b> 5 familias
Kpandu (K)	<b>K x D</b> 5 familias	<b>K x K</b> 5 familias	<b>K x N</b> 5 familias	<b>K x Y</b> 5 familias
Nawuni (N)	<b>N x D</b> 5 familias	<b>N x K</b> 5 familias	<b>N x N</b> 5 familias	<b>N x Y</b> 5 familias
Yeji (Y)	<b>Y x D</b> 5 familias	<b>Y x K</b> 5 familias	<b>Y x N</b> 5 familias	<b>Y x Y</b> 5 familias

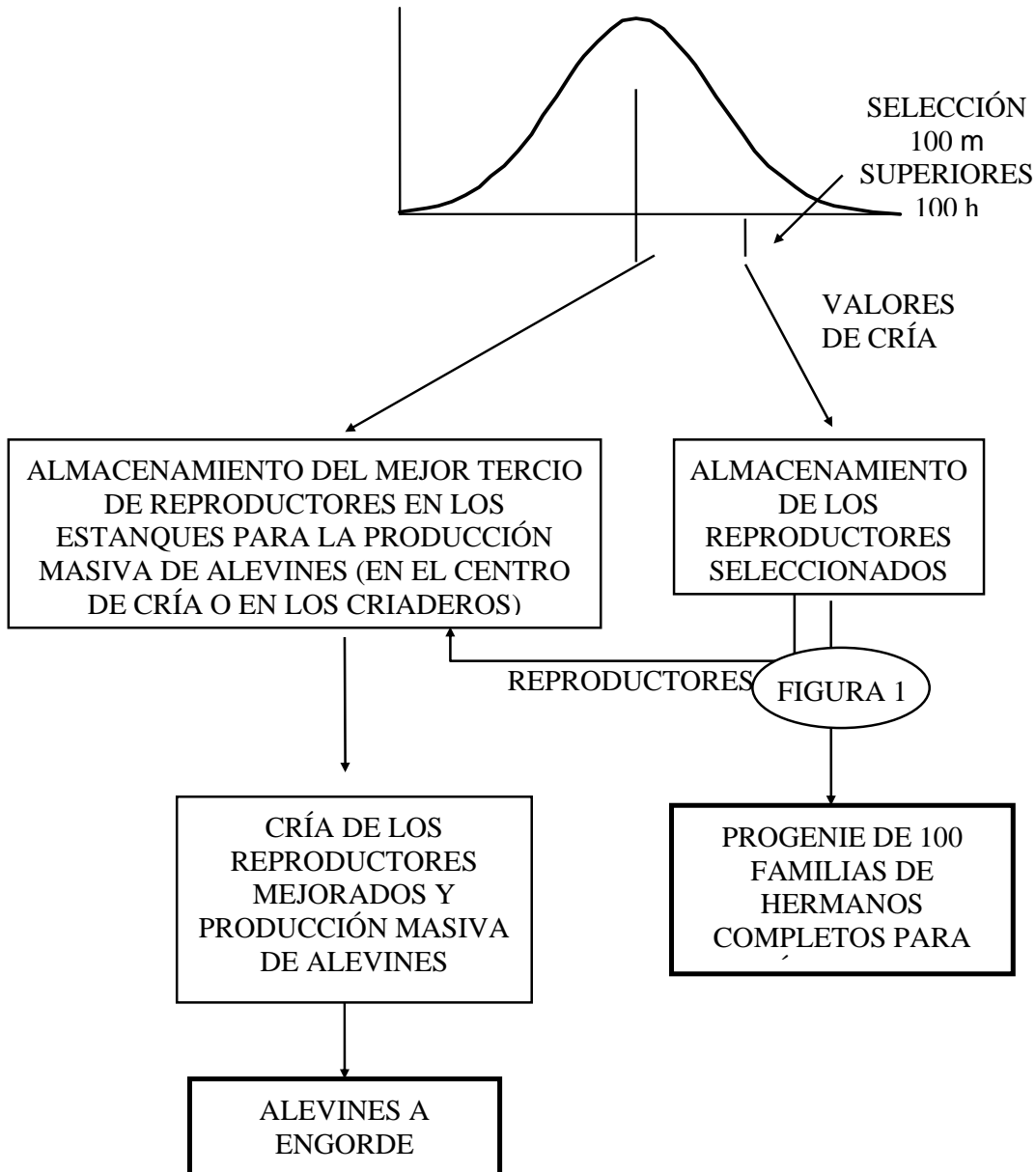
De este modo se estableció la población base para el programa de mejora genética de Akosmbo. Ya se han producido dos generaciones de selección, y los peces de la tercera generación están listos para ser recogidos mientras se escribe este documento (Marzo, 2007). Durante el transcurso del trabajo se ha puesto de manifiesto que los peces de Yeji son los más productivos. Este año el programa se fortalecerá con más muestreos de no menos de 100 individuos de cada sexo provenientes de esta localidad.

El procedimiento que se seguirá durante la selección está descrito en detalle en la publicación de WorldFish Center (2004). Los machos y hembras reproductores se condicionan por separado antes de la cría. Se mantiene una hembra en cada una de las hapas de cría (tamaño 1x1x1 m<sup>3</sup>) instalada en el mismo estanque. El objetivo es producir no menos de 90 grupos de hermanos completos cada año. Cada macho se utiliza sobre dos hembras, para producir grupos de familias de hermanos completos y medio hermanos paternos. Todas las hapas se inspeccionan una vez a la semana para detectar crías nadadoras. Estas crías se recogen de forma separada de cada hapa y son transferidas en densidades de almacenamiento estandarizadas (200 crías) a las hapas de engorde (tamaño 1x1x1 m<sup>3</sup>), que se encuentran en el mismo estanque. Se pueden utilizar una o dos hapas para el mismo grupo de familia de hermanos completos. Se registra la fecha de recolección de las crías nadadoras. Este procedimiento debería resultar en 90 familias de hermanos completos. Después de tres o cuatro semanas en las hapas de engorde, las crías son trasladadas a hapas de red B, de densidad reducida, para llevar a cabo la cría subsiguiente hasta que alcancen un peso medio de unos 10 a 15 g. Los juveniles son entonces marcados individualmente con marcadores PIT, siguiendo el método desarrollado durante el proyecto GIFT. Se marcará un total de 60 juveniles por familia de hermanos completos, lo que significará unos 5 400 peces marcados por estanque. Estos 60 juveniles por familia de hermanos completos se mantendrán juntos en un sistema de jaulas controlado exhaustivamente. En la fase primigenia del proyecto los peces fueron analizados en tres ambientes diferentes (extensivo, semi-extensivo e intensivo). Debido a la altísima correlación genética entre las expresiones de peso y estos ambientes, se decidió analizar sólo el que se percibió como el más importante en un futuro próximo. La Figura A1 y el Apéndice 1 proporcionan detalles relativos a cómo se está implementando el programa.

**FIGURA A1 CRUZAMIENTOS DE LOS REPRODUCTORES PARENTALES Y CRÍA DE LA PROGENIE HASTA LA SIGUIENTE FASE DE SELECCIÓN**



**FIGURA A2 SELECCIÓN DE REPRODUCTORES Y DISEMINACIÓN DE LA TILAPIA GENÉTICAMENTE MEJORADA A LA SECCIÓN DE PRODUCCIÓN**



La introducción de GIFT por el WorldFish Center es una opción potencialmente útil, dado que esta cepa ha demostrado un potencial de crecimiento alto, unido a otros cuantos atributos deseables (por ejemplo: tasas de supervivencia elevadas, excelente calidad de carne). En este caso, no habría ningún problema en integrar la cepa GIFT a los programas existentes. Por ejemplo, la integración se llevaría a cabo de tal forma que resultase en una comparación entre el rendimiento de la bien conocida línea mejorada de Akosombo con la GIFT. Las líneas locales y la GIFT se mantendrían también como cruces entre ellas. Los resultados indicarán la mejor línea de acciones a seguir después.

### **Formulación del objetivo de mejora o fin de la cría**

La formulación del objetivo de mejora es crucial, ya que determina “adónde ir” con el programa de mejora genética. El objetivo de mejora está íntimamente relacionado con el sistema de producción. Tenemos que asegurarnos de que el/los rasgo(s) que mejoremos son los relevantes en el sistema de producción actual. Generalmente éstos son los rasgos que tienen impacto sobre los ingresos o los gastos en el sistema de producción, o aquellos asociados a los beneficios que el usuario obtiene de los animales mejorados en una economía no monetaria, o aquellos que puedan influir sobre las preferencias sociales.

El objetivo de mejora puede incluir rasgos tales como: la velocidad o tamaño de crecimiento, la tasa de supervivencia, la edad de madurez sexual, la resistencia a las enfermedades, la tolerancia a la temperatura del agua u otros atributos de la misma, calidad de la carne, factor de conversión del alimento. De todos ellos el más popular ha sido la velocidad de crecimiento (o el tamaño a una determinada edad), dada su enorme importancia en el sistema de producción. En un ciclo de producción de duración fija, un mayor ritmo de crecimiento resulta en peces más grandes. Cuando se quieren peces (o cortes) de un tamaño o peso determinados, un crecimiento mayor permite su producción en periodos de tiempo más cortos. En cualquiera de los casos, se dan ventajas para el productor. Incluso si no se incluyen en el objetivo de mejora, los rasgos que se perciban como importantes en el sistema de producción deben ser controlados con sumo cuidado.

El programa se centra en la actualidad en:

- una velocidad de crecimiento a aproximadamente 150 g (lo más cercano posible al peso de mercado); y
- la falta de defectos anatómicos y una forma y color aceptables.

Con respecto al último rasgo, se dará preferencia a los que tengan un color en concordancia con las preferencias del consumidor local, si las hubiere.

Somos conscientes de que existen otros rasgos importantes y que quizá sean merecedores de una atención directa en el futuro. Sin embargo, su inclusión en el objetivo de mejora en esta etapa no se considera apropiada. El razonamiento detallado que ha llevado a la simplificación del objetivo de mejora se presenta en el Anexo 1.

**Método de selección** (desarrollo de los criterios de selección, diseño de un sistema de evaluación genética, y selección de animales y sistema de apareamiento)

Los criterios de selección son caracteres estrechamente relacionados, pero no necesariamente idénticos a los rasgos del objetivo de mejora. El objetivo de mejora es “adónde ir” con el programa de mejora genética, mientras que los criterios de selección se refieren a “cómo llegar hasta ahí”. Los criterios de selección son caracteres que utilizamos al estimar los valores de cría y el mérito genético global de los animales.

Los criterios de selección pueden diferir notablemente de los rasgos del objetivo de mejora. Por ejemplo, podemos estar interesados en aumentar el tamaño de mercado, pero debemos basar nuestra selección en los pesos tomados a una edad más temprana, anterior a que se alcance el peso de mercado, en un intento de acelerar el proceso de selección eligiendo los animales de cría antes. En ese caso deberíamos ser capaces de seleccionar los peces cuando hayan llegado o estén muy próximos al peso de mercado, en cuyo caso el criterio de selección sería el mismo que el rasgo elegido en el objetivo de mejora.

El sistema de evaluación genética puede variar de algo muy simple, que sólo implique la selección en masa, a algo mucho más complejo, que requiera el ajuste de un modelo animal a los datos. Dado que los peces se identificarán de forma individual y única (serán marcados), seremos capaces de seguir el rastro de los pedigríes y utilizar el procedimiento BLUP (mejor predicción lineal objetiva), y valores estimados de cría (EBVs) combinando la información disponible. El procedimiento BLUP es una alternativa mejor que la selección en masa o la clásica selección intra- e interfamiliar. En la estimación de los valores de cría BLUP, se utiliza la información sobre el individuo en sí mismo, así como la de todos sus parientes en la población. La comparación entre los valores medios de cría de diferentes generaciones permite estimar las tendencias genéticas, es decir, el progreso genético que la población está experimentando.

De forma ideal, sólo reproduciríamos a los “mejores” individuos. En la práctica, necesitamos llegar a un equilibrio entre la intensidad de la selección y un tamaño de población efectiva ( $N_e$ ) para poder manejar el riesgo (endogamia). El aumento de la endogamia es proporcional a  $1/2 N_e$ , donde  $N_e$  es el tamaño de producción efectiva. Se necesita un  $N_e$  relativamente grande para:

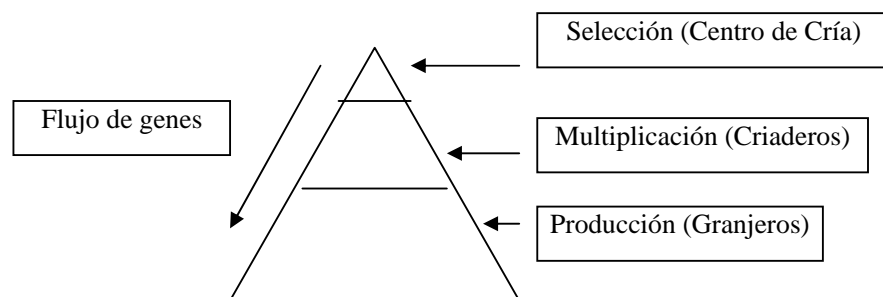
- sostener la variación genética de la población a largo plazo
- controlar la endogamia
- aumentar el límite de selección
- tener respuestas predecibles a la selección.

Con una información de pedigrí completa, se puede controlar la endogamia más fácilmente, evitando cruzamientos de individuos emparentados estrechamente. Existe software disponible que permite la selección de EBVs altas mientras que a la vez restringe la tasa de endogamia a un valor pre-determinado (Meuwissen 2002). Tras el apareamiento inicial (descrito en la Tabla 1) para establecer la población base, se utilizará alrededor de 50 machos y 100 hembras cada generación. Si una fracción grande de estos cruzamientos se produce con éxito, el número resultará en un tamaño de población efectiva satisfactorio, lo que unido a las medidas implementadas para evitar la endogamia, debería producir un beneficio genético sostenible durante muchas generaciones.

### Diseño de un sistema de diseminación de las razas mejoradas

La mejora genética por lo general se da en una fracción muy pequeña de la población. La mejora genética alcanzada en esa “élite” de animales superiores en un Centro de Cría se multiplica y disemina por los sistemas de producción. El flujo de genes se ilustra gráficamente en la Figura 1.

**Figura 1:** Flujo de genes desde el Centro de Cría al sector de producción



Los peces están muy bien situados, con su alta eficacia reproductiva, para desarrollar estructuras rentables de diseminación de la ganancia genética. La implementación del programa de mejora genética en un número relativamente pequeño de animales puede ser suficiente para suplir a una gran población implicada en la producción. Los tamaños relativos de los sectores de la población implicados en la selección, multiplicación y producción deben ser examinados y ser hechos consistentes con una transferencia efectiva de la ganancia genética al sector de producción.

Para maximizar el beneficio obtenido con el programa de cultivo, la mejora genética debería llegar al sector productivo sin demora alguna. Para ello, sólo se deberían usar reproductores mejorados. La diseminación de la semilla mejorada estará basada en la multiplicación de los reproductores mejorados a un nivel intermedio (criaderos, tanto públicos como privados, Figuras 1 y A2). Una vez completada la producción de las familias de hermanos completos y medio hermanos, los padres seleccionados deberían ser utilizados para la producción masiva de semilla. La progenie de los padres seleccionados se convertirá, una vez que alcance la madurez sexual, en reproductores de la mejor calidad genética, seguida de la progenie de los reproductores descartados del mejor tercio de la producción. En el apéndice Diseminación se ofrece una discusión más detallada sobre la diseminación de peces mejorados.

### **Control para estimar la ganancia genética (seguimiento)**

Para obtener una respuesta a la selección no se requiere establecer un procedimiento de medida de la ganancia genética. Sin embargo, la inclusión de una rutina de control genético hará posible comprobar si las asunciones hechas eran válidas o si los programas necesitan ajustes.

Al mismo tiempo que se seleccionan los reproductores con los mejores EBVs, se deberían seleccionar 30 machos sexualmente maduros con una EBV intrafamiliar para peso en vivo de valor medio y 30 hembras sexualmente maduras con una EBV intrafamiliar para peso en vivo de valor también medio. Cada macho debería ser de una familia diferente, y lo mismo debería ocurrir con las hembras. Las familias deberían ser seleccionadas al azar entre las familias disponibles. Estos reproductores se utilizarán para producir un grupo de Control. Su progenie puede usarse para estimar la ganancia genética de cada generación de selección. Una vez que la progenie de los cruzamientos de pares únicos de los reproductores medios y los seleccionados ha sido criada en hapas separadas, el tratamiento y el número por cada grupo de hermanos completos en la población Control debería ser el mismo que el de la progenie de padres seleccionados.

El establecimiento de una población Control no es sólo útil a la hora de estimar el cambio genético producido en cada generación. También servirá para otros valiosos propósitos. Por ejemplo, permite estimar las respuestas correlacionadas a la selección en rasgos que normalmente no se registran para todas las generaciones. De esta forma, puede proporcionar peces para experimentos con objetivos específicos que pueden ser llevados a cabo de forma paralela (por ejemplo: un desafío medioambiental tras varias generaciones de selección sobre el ritmo de crecimiento, un estudio de las características de los cadáveres y de la carne). Las oportunidades provistas por la población Control pueden ser explotadas directamente por el personal investigador, o en los proyectos de los estudiantes.

### **Beneficio esperado de un programa de cría**

Cuando se presenta una variación genética aditiva en un determinado rasgo, siempre habrá una respuesta a la selección si se aplican métodos de selección eficaces. En la literatura se han presentado diversas estimas de respuesta a la selección sobre la velocidad de crecimiento (expresadas como ganancia genética en porcentaje por generación de selección): Para el salmón coho (del Pacífico): 10.1; para la trucha arcoiris, 13; para el salmón atlántico, 10.6 a 14.2; para el pez gato de canal, de 12 a 20; y para la tilapia del Nilo, 17. La media de estas estimas es alrededor del 15% de ganancia genética para la velocidad de crecimiento. Esto significa que debería ser

posible doblar la velocidad de crecimiento en menos de siete generaciones. Esto supone una mayor ganancia genética que la obtenida normalmente con los animales de granja, y puede atribuirse a que los crustáceos, peces y moluscos tienen una mayor variabilidad genética en lo que respecta a la velocidad de crecimiento y una fecundidad más alta. Por lo tanto, es posible aplicar una intensidad de selección mucho más elevada.

Los beneficios de la mejora genética de cara a la velocidad de crecimiento son una reducción de tanto los costes fijos como los costes de producción, estos últimos debido a los menores requerimientos energéticos de mantenimiento del ciclo de vida completo. También a menudo se observa una respuesta correlativa en algunas ocasiones en una mejora de la tasas de conversión del alimento.

En el programa de cría noruego, que hoy en día proporciona huevos de salmón atlántico y trucha arcoiris mejorados genéticamente a más del 70 por ciento de la industria de cultivo de pescado, la relación coste/beneficio se estimó en 1/15. Se han obtenido estimas similares en programas de cría de animales de granja terrestres. Esta relación, sin embargo, depende en gran medida de todo el sector de producción que se beneficia del programa de mejora genética, por lo que podría ser aún mayor. En el caso de la tilapia, en un estudio reciente pudimos comprobar que la relación era muy favorable, y podía variar de 1/8 a 1/240, dependiendo de la eficacia reproductora a nivel de núcleo y de criadero. Por supuesto, la relación es mucho más favorable a eficacias reproductivas más altas (Apéndice de Beneficio Económico).

## Referencias

**Bentsen, H.B. y Olesen, I. 2002.** Designing aquaculture mass selection programs to avoid high inbreeding rates. *Aquaculture* 204: 349-359.

**Gjerde, B., Reddy, P.V.G.K., Mahapatra, Kanta D., Saha, J.N., Jana, R.K., Meher, P.K., Sahoo, M., Lenka, S., Govindassamy, P. y Rye, M. 2002.** Growth and survival in two complete diallel crosses with five stocks of Rohu carp (*Labeo rohita*). *Aquaculture* 209: 103-115.

**Meuwissen, T.H.E. 2002.** GENCONT: An operational tool for controlling inbreeding in selection and conservation schemes. *Proc. Wld. Congr. Genet. Appl. Livest. Prod.* 33:769-770

**WorldFish Center. 2004.** GIFT Technology Manual: An aid to Tilapia selective breeding. WorldFish Center, Penang, Malaysia.



## **Anexo I:**

Los aspectos económicos más importantes para la producción de tilapia del Nilo en la Cuenca del Volta podrían resumirse de la siguiente forma:

- Ritmo de crecimiento
- Supervivencia
- Maduración sexual retardada
- Resistencia a las enfermedades
- Rendimientos a la canal
- Color

El ritmo de crecimiento debería registrarse a un peso al que se pueda asumir con seguridad que esté altamente correlacionado con el tamaño de mercado de la tilapia (250 g), que en la actualidad se consigue de los 7 a los 9 meses de vida. El método de selección propuesto para la tilapia del Nilo en la Cuenca del Volta implica el mantenimiento de pedigrís completos y de Valores Estimados de Cría (EBVs) utilizando procedimientos BLUP (mejor predictor lineal insesgado, por sus siglas en inglés). En un principio, el ritmo de crecimiento será el único foco de selección. El ritmo de crecimiento es de una importancia enorme y tiene consecuencias económicas muy claras. Se pueden añadir otros aspectos al objetivo de cría más adelante, a medida que se desarrolle el programa.

La maduración sexual tardía, los rendimientos a la canal y la resistencia a las enfermedades son candidatos posibles que podrían ser incluidos si se considerase necesario. Esto no supondría un problema con el sistema de marcaje individual que se prevé utilizar. Nótese sin embargo que cuando se utiliza una inversión sexual hormonal en el sistema de producción, la maduración sexual retardada pierde importancia.

Nótese también que incluso si la supervivencia y la resistencia a las enfermedades no están incluidas como aspectos específicos y registrados dentro del objetivo de cría, se puede producir una determinada cantidad de selección natural en la población (lo más probable es que los individuos menos adaptados tengan menos descendencia). En este caso, todavía puede esperarse un cambio genético en una dirección favorable en el plan de cría propuesto para la tilapia del Nilo. En una fase posterior estos aspectos podrían incorporarse de manera formal en el objetivo de cría.

Diversas investigaciones con peces han demostrado que el rendimiento a la canal está genéticamente (positivamente) correlacionado con el ritmo de crecimiento, por lo que se espera que mejore en respuesta a la selección sobre el ritmo de crecimiento. Nótese también que registrar el rendimiento a la canal es una práctica laboriosa y que requiere el sacrificio de los peces.

## **Anexo 2:**

Algunas definiciones de expresiones comunes en genética cuantitativa y planes de cría selectiva:

**Endogamia** Significa el apareamiento de dos individuos emparentados entre sí por su ascendencia. Es desfavorable por dos razones: 1) genera depresión endogámica (bajo rendimiento) en muchos rasgos, especialmente los relacionados con la eficacia biológica (por ejemplo; Supervivencia y fertilidad), y 2) conduce a una disminución de la variabilidad genética.

**Estructura de apareamiento jerárquico:** Una estructura de apareamiento en la que por ejemplo un macho se aparea con dos hembras.

**Hermanos completos:** Descendencia proveniente del mismo padre y la misma madre, es decir, del mismo par de progenitores.

**Heredabilidad:** Expresa el grado en el que los fenotipos, es decir los valores observados de un determinado rasgo son determinados por los genes transmitidos por los padres. Se suele dar como un cociente: (varianza genética aditiva)/ (varianza fenotípica).

**Intervalo generacional:** La edad media de los progenitores en el momento del nacimiento de su descendencia.

**Madre:** Progenitor femenino.

**Medio hermanos:** Descendencia de un padre pero madres diferentes (es decir medio hermanos paternos), o de una madre pero diferentes padres (es decir, medio hermanos maternos).

**Padre:** Progenitor masculino.

**Población base:** La población inicial que se aparea al azar y que forma la base del experimento de selección o programa de selección. Es común asumir que el coeficiente de endogamia es cero en la población base, y ésta es por tanto la referencia a la hora de estimar endogamias en las generaciones sucesivas. Este requerimiento puede no cumplirse siempre, pero todos los esfuerzos deben encaminarse a establecer una población base de individuos no emparentados.

**Selección familiar:** Selección basada en la información de los hermanos completos y (o) medio hermanos para estimar el valor de cría (también puede incluir información relativa a otros parientes). La selección es entre familias y no dentro de familias, dado que no existe información disponible para distinguir entre los miembros de una familia (se puede, no obstante, combinar con otra información en un índice multi-rasgo que nos permita seleccionar el mejor candidato en general dentro de la familia). El método requiere que se registre la información de los parientes, lo que significa que los grupos de hermanos completos deben criarse de forma separada hasta que los peces hayan alcanzado un tamaño en el que se pueda aplicar un sistema de marcaje.

**Selección de índice:** Selección basada en una combinación de fuentes de información para estimar el valor de cría del individuo mismo, y de los parientes, especialmente información relativa a los hermanos o medio hermanos. El método requiere que se registre la relación genética entre los individuos, lo que supone que los grupos de medio hermanos deban ser

criados de forma separada hasta que los peces hayan alcanzado una edad en la que se pueda aplicar un sistema de marcaje.

***Selección individual:*** Selección basada únicamente en el rendimiento de un individuo, distinta de la *Selección Familiar* y de *Índice*. El método no requiere un sistema de marcaje, pero el número de descendientes de cada familia a los que se permite contribuir con sus genes a la generación siguiente debe restringirse de forma que se pueda controlar la *endogamia*.

### Anexo 3: Instalaciones y Equipamiento de Investigación

El tamaño de las instalaciones de investigación y el equipo necesario para iniciar y poner en marcha un programa de cría selectiva de tilapia dependerá del tamaño del programa, es decir, cuántos padres y madres se van a utilizar, y cuánta progenie se producirá y será analizada en cada generación. Como ya se dijo anteriormente, para restringir la acumulación de endogamia en la población de cría, se recomienda la utilización de alrededor de 50 padres y 100 madres.

En las tablas siguientes se muestran estimas de los requerimientos en materia de infraestructura y material fungible necesarios para iniciar y poner en marcha un programa de cría selectiva como el que se describe en esta propuesta. A partir de las mismas se pueden estimar los costes.

#### *Requerimientos necesarios para iniciar un programa de cría selectiva de tilapia*

Infraestructura	Cantidad
<b>Estanques</b>	
Mantenimiento y acondicionamiento (2,000 m <sup>2</sup> )	1
Cría (1,000 m <sup>2</sup> )	1
Crecimiento (2,000 m <sup>2</sup> )	1
Engorde (1,000 m <sup>2</sup> )	1
Máquina de coser (opcional)	1
Bomba de agua	1
Aireador (tamaño de acuario)	5
Contadores	2
Balanza de pesar	1
Ordenador e impresora	1

*Requerimientos mínimos de material fungible necesario para iniciar y poner en marcha un programa de cría selectiva de tilapia para tres generaciones. Se asume que se analizan 100 familias de 60 peces cada una por cada generación.*

Fungibles	Cantidad	Unidades <sup>1</sup>
<b>Redes de polietileno para las hapas</b>		
Cría y engorde	1,800	M
B-net (red B)	1,800	M
Colgadores de Hapa <sup>2</sup>	1,000	pcs
<b>Marcas para juveniles</b>		
PIT (marca electrónica interna) tags	18,000	pcs
Aplicadores	8	pcs
Escaners	6	pcs
Esquileros	10	pcs
Redes de Jábega	2	pcs
Estanques/cubetas	10	pcs
Anestésicos	200	G

<sup>1</sup> Unidades: m = metro (100 cm); pcs = piezas; g = gramo,

<sup>2</sup> Estacas hechas de Madera o hierro galvanizado a los que se fijan las redes de las hapas.

## Consideraciones Genéticas Acerca de la Diseminación Eficaz de Cepas de Peces Mejoradas

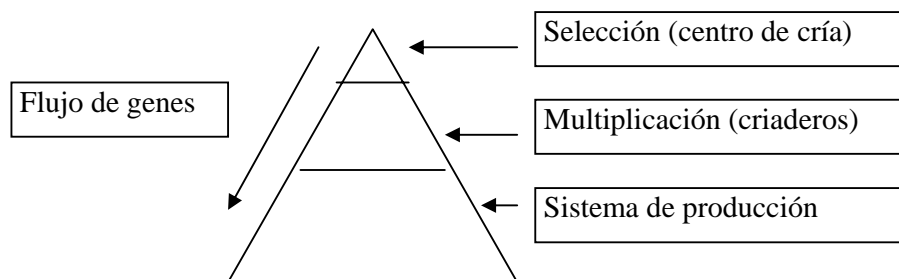
Raúl W. Ponzoni

### Introducción

Los sistemas de producción acuícola de los países en desarrollo están fundamentalmente basados en cepas y especies de peces no mejorados. A medida que se van acumulando conocimientos y experiencia sobre la gestión, la alimentación y las cuestiones relacionadas con la salud de los animales en este tipo de sistemas de producción, se hace imperativa la disponibilidad de unas poblaciones genéticamente más productivas que permitan una mejor utilización de los recursos. Por ejemplo, no tiene sentido proporcionar condiciones de agua ideales o una calidad de alimento óptima a peces que no tienen el potencial de crecer más rápidamente y puedan ser cosechados a tiempo, proporcionando un producto con la calidad deseada. Los refinamientos del sistema de producción y la mejora de las poblaciones deben progresar de la mano.

En las industrias animales bien estructuradas, la mejora genética tiene lugar de forma típica en una fracción muy pequeña de la población. La mejora genética conseguida en esa “élite” de animales superiores se multiplica y disemina a los sistemas de producción. El flujo de genes se ilustra gráficamente en la Figura 1.

**Figura 1** Flujo de genes desde el Centro de Cría al sistema de producción



Nótese que a lo largo de este artículo utilizo el término “pez” en sentido amplio, incluyendo tanto a los animales acuáticos invertebrados como a los vertebrados. Los peces están bien dotados, con su alta eficacia reproductora, para desarrollar estructuras de diseminación de la ganancia genética rentables. La implementación del programa de mejora genética en un número relativamente pequeño de animales puede ser suficiente para servir a una población muy grande implicada en la producción.

Desafortunadamente, la experiencia muestra que cuando se desarrolla una cepa exitosa y el mercado para la misma, a menudo proliferan las malas prácticas, facilitadas por la elevada tasa reproductiva de los peces, lo que provoca un deterioro de la calidad de las poblaciones como consecuencia de la endogamia y de los pequeños tamaños poblacionales. Esto no es fácil de evitar, a menos que se cree una estructura formal, que sea no sólo sólida técnicamente, sino que además regule el proceso y permita la implementación de prácticas que garanticen la calidad. En este artículo esbozo las consideraciones genéticas que deberían hacerse para garantizar un suministro de semilla de elevada calidad a los granjeros y formulo las recomendaciones para que se lleve a cabo.

### **Gestión de reproductores en los criaderos: situación general**

Para muchas especies cultivadas de peces, los criaderos han funcionado sin la existencia del correspondiente programa de mejora genética. La mala gestión de los reproductores desde un punto de vista genético, ha llevado al escenario frecuente de un rendimiento bajo y un deterioro en los criaderos. Este deterioro puede atribuirse al efecto combinado de una selección mal encaminada y a la endogamia (Eknath 1991). Se han realizado muchos esfuerzos para explicar la base genética del deterioro del rendimiento de las poblaciones, y para recetar los métodos para evitarlo. Sin embargo, cuando se dispone de una cepa mejorada, el papel de los criaderos no debería ser la “gestión” de las poblaciones sino más bien la multiplicación rápida de la última (mejor) generación de la cepa. Aquí esbozo lo que puede considerarse el método ideal para diseminar una cepa de peces mejorada. También proporciono las directrices para el manejo de reproductores en caso de que la implementación del método “ideal” no sea una opción.

### **Política ideal de gestión de reproductores para criaderos**

Asúmase que tenemos una cepa mejorada con un rendimiento probadamente superior en relación a otras poblaciones de la misma especie utilizadas en la actualidad por los piscicultores, y que está siendo sometida a un programa continuo de mejora genética. Desde el punto de vista de la producción de la semilla de alta calidad, lo ideal es que los criaderos reciban de forma regular reproductores desde el Centro de Cría en el que se esté implementando el programa de mejora genética, que produzcan semilla a partir del mismo y la sustituyan cuando decaiga o cese la eficacia reproductiva. De este modo, los criaderos estarían multiplicando y distribuyendo semilla de la última generación del núcleo del Centro de Cría, con el mayor número de generaciones a sus espaldas. No estarían criando con el fin de obtener sus propios reproductores de sustitución.

El ritmo de sustitución de reproductores requerido dependería de las necesidades individuales de los criaderos, y debería estar relacionado con el desgaste producido por el uso de los reproductores y la producción prevista de juveniles. Dado que en este esquema los criaderos no producen sus propios reproductores de sustitución, las consideraciones relativas a los números son de una naturaleza diferente a cuando sí lo hacen. Existen, sin embargo, unas directrices simples que sí deberían seguirse.

En primer lugar, el número de reproductores de un criadero en cualquier momento debería ser consistente con la producción prevista de larvas o juveniles. Esto puede calcularse fácilmente a partir del ritmo de reproducción del criadero en cuestión. En segundo lugar, se deberían tomar las medidas necesarias para garantizar que no se crucen parientes próximos en el criadero. Esto puede conseguirse proveyendo, desde el Centro de Cría, reproductores en dos grupos diferenciados, A y B, por ejemplo, con la condición de que el grupo A sea una progenie con un grupo de padres diferente al del grupo B. Si además podemos imponer la condición de que en el criadero los machos del grupo A sólo puedan cruzarse con hembras del grupo B y *viceversa*, eliminaremos cualquier posibilidad de cruzar individuos que sean hermanos completos o medio hermanos. Por supuesto, los reproductores podrían proporcionarse en más de dos grupos si esto fuese necesario por alguna razón.

Los reproductores proporcionados a los criaderos por el Centro de Cría, consistirían típicamente de individuos que sobren del programa de mejora genética, individuos que resulten de cruzamientos especiales (además de los llevados a cabo dentro del contexto del programa de mejora genética) de los padres seleccionados, o padres redundantes (es decir, que ya hayan sido utilizados en el núcleo pero que ya no sean necesarios porque esté, o vaya a estar, disponible una nueva generación). La utilización de padres redundantes por parte de los criaderos podría ser muy valiosa a la hora de diseminar los genes de los mejores individuos de la cepa mejorada de forma rápida, reduciendo así el lapso genético entre los núcleos y el sector de producción.

Un cambio en la percepción de que los criaderos deben criar sus propios sustitutos beneficiaría a la industria en su conjunto. Conseguir ese cambio requerirá que se eduque a los gestores de criaderos y la implementación de procedimientos de certificación de los criaderos que se unan a este esquema y estén dispuestos a seguir los protocolos necesarios. Nótese que éste es el enfoque que se siguió en la Fundación GIFT.

### **Directrices para la gestión de los reproductores cuando los sustitutos se crían en el propio hatchery**

**General** Si se facilitase una cepa mejorada a los criaderos sin ningún tipo de condición o restricción sobre el uso de las poblaciones, su multiplicación mediante la reproducción de un número limitado de progenitores de parentesco indeterminado entre sí inevitablemente resultaría en endogamia y en perjuicios al rendimiento. Esto tendría por lo menos dos consecuencias no deseadas. En primer lugar, los granjeros no serían capaces de beneficiarse de la ganancia genética conseguida en el núcleo, ya que ésta habría sido erosionada por la depresión endogámica para cuando recibiesen a los juveniles. En segundo lugar, el pobre rendimiento que iban a experimentar los granjeros daría una mala reputación a las cepas mejoradas, dificultando su diseminación. Dados los esfuerzos y recursos puestos para desarrollar la cepa mejorada, ésta sería la serie de acontecimientos menos afortunada. De ahí la elevada formalidad del esquema de multiplicación por sustitución continua de las poblaciones recomendada y descrita en los párrafos anteriores, y las reservas expresadas respecto a la noción de que sean los propios criaderos los que produzcan sus poblaciones de sustitución.

**Endogamia** Endogamia es el apareamiento de individuos emparentados entre sí por tener uno o más ancestros en común. El grado de endogamia de la descendencia de este tipo de apareamiento depende de la proximidad del parentesco entre los padres. Es el parentesco entre los padres el que hace que la descendencia sea endogámica. Uno o ambos padres pueden a su vez ser endogámicos, pero si no están emparentados entre sí la descendencia no será endogámica. La consecuencia principal de la endogamia es la reducción del número de individuos que son heterocigóticos para cualquier par de genes, y el aumento de los que son homocigotos. La reducción en el número de heterocigotos y el aumento de los homocigotos puede calcularse matemáticamente y da una medida del grado de endogamia, conocido como *coeficiente de endogamia*. El coeficiente de endogamia varía del 0 por ciento en un comienzo, al 100 por cien cuando la endogamia es completa.

Hay dos consecuencias prácticas de la endogamia, las cuales resultan de la reducción de heterocigotos y el aumento de homocigotos. La más obvia es la *depresión endogámica*. Los animales se vuelven por lo general menos saludables y más susceptibles a contraer enfermedades, mientras que su capacidad reproductora se reduce debido a su menor eficacia reproductiva y más baja supervivencia. Este efecto de la endogamia se produce debido a que los genes más deletéreos son recesivos. En una cepa no endogámica, estos genes están presentes fundamentalmente en heterocigotos que, al ser recesivos, no se muestran en el fenotipo. A medida que progresa la endogamia sin embargo, aparecen con mayor frecuencia en homocigotos, ejerciendo todo su efecto deletéreo en el fenotipo. La segunda consecuencia práctica de la endogamia es el cambio en la cantidad de variabilidad genética entre los animales afectados. Cuando la endogamia resulta de un tamaño de población relativamente pequeño, más que por el cruzamiento deliberado de parientes en una población grande, la variación genética va disminuyendo, reduciendo por tanto las posibilidades de obtener ganancias genéticas por selección.

### **Directrices para evitar la endogamia en los criaderos**

En esta sección se ofrecen directrices encaminadas al mantenimiento de la calidad de los reproductores, así como una serie de sugerencias prácticas.

Tamaño efectivo de la población El tamaño efectivo de la población es uno de los conceptos más importantes en la gestión de una población. Depende de varios factores como el número total de individuos que crían, sex ratio, sistema de apareamiento y varianza del tamaño de la familia. En una población con cruzamientos al azar  $N_e$  se calcula como:

$$N_e = 4 N_f N_m / (N_f + N_m)$$

Donde  $N_f$  y  $N_m$  son el número de hembras y machos reproductores, respectivamente.

El tamaño efectivo de la población está inversamente relacionado con la endogamia por generación ( $\Delta F$ ):

$$\Delta F = 1/2N_e$$

También podríamos escribir:

$$\Delta F = 1/(8N_f) + 1/(8N_m)$$

Las ecuaciones superiores tienen una serie de consecuencias prácticas. En primer lugar, el tamaño efectivo de la población no es el mismo que el tamaño censado. Por ejemplo, dos poblaciones, una consistente de 5 machos y 15 hembras, y otra que consista de 10 machos y 10 hembras tendrán el mismo tamaño censal, pero el tamaño efectivo de la población será 15 y 20, respectivamente.

En segundo lugar, y siguiendo los cálculos que acabamos de hacer, para un tamaño censal determinado, el tamaño efectivo de la población se verá maximizado cuando el número de hembras y machos utilizados sea el mismo. En tercer lugar, si establecemos un límite superior al aumento de la endogamia por generación, digamos, del 1,0 por ciento, podremos calcular el tamaño de población efectiva que haría falta (en concreto, 50). Este tamaño de población efectiva podría alcanzarse cruzando 25 hembras y 25 machos, y asumiendo que todos dejan descendencia, y que la descendencia de todas las parejas contribuye a la siguiente generación. Por supuesto, también podría conseguirse de otras formas.

Estas consideraciones relativas al diseño deben aplicarse con cuidado a especies como la tilapia. Fessehayé *et al.* (2006) encontraron que en *O. niloticus* sometida a desove masivo en hapas de gran tamaño, había una gran variación en la capacidad de reproducción de los machos, y que sólo un tercio de los machos eran los padres de más del 70 por ciento de la descendencia. Esto provocó una tasa de endogamia de aproximadamente el doble de la que se había previsto a partir del tamaño efectivo de la población. En términos prácticos, esto podría significar que para conseguir un determinado nivel (bajo) de endogamia, uno debería tener un tamaño de población del doble del indicado teóricamente.

Debe tenerse en cuenta que en una población cerrada de tamaño definido, la endogamia es inevitable. El hecho de que cuanto más pequeña sea  $N_e$  mayor será el ritmo al que crezca la endogamia, debe tenerse en mente. Si las sustituciones de reproductores se producen en el criadero, el objetivo del gestor encargado del mismo debería ser reducir el coeficiente de endogamia incrementando el tamaño de la población.

Tanto los gestores de criaderos públicos como los de los privados necesitarán de recomendaciones válidas y un buen control en este sentido, dado que por lo general, tienen un conocimiento limitado en lo que respecta a los principios genéticos y la correspondiente gestión apropiada de los reproductores. A menudo, los criaderos privados tienen un espacio limitado para la cría de peces y están, entendiblemente, orientados a la obtención de beneficios. Pueden surgir conflictos entre la obtención de beneficios a corto plazo y las consideraciones relativas a la endogamia. Preferiblemente, los criaderos que vayan a llevar a cabo el mantenimiento de sus propios

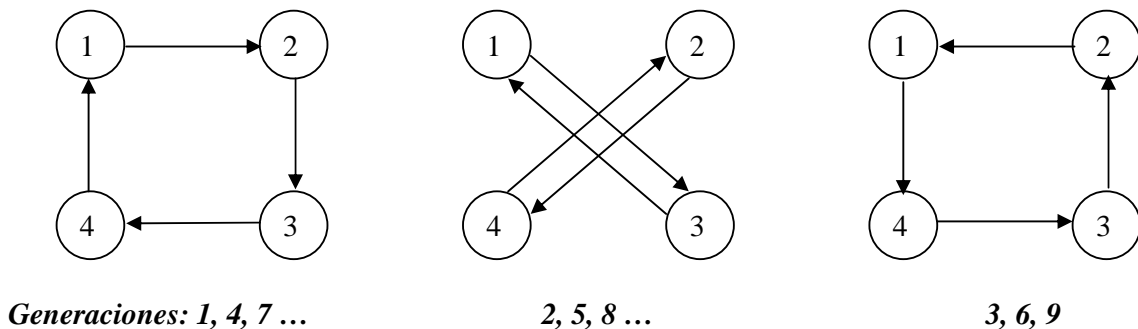


reproductores deberán tener una unidad independiente para ello, aparte de aquellas en las que producen semilla de peces para su venta.

*Consideraciones prácticas* La siguiente es una lista de cuestiones prácticas que deberán ser observadas por los criaderos que vayan a producir sus propios sustitutos para sus reproductores. Nótese sin embargo, que no hay sustituto para las discusiones personales con los gestores de criaderos y para un control continuado de las operaciones.

- Aumentar el tamaño de la población efectiva, puesto que esto reduce el coeficiente de endogamia. No existe un número fijo o ideal de reproductores que puedan recomendarse de forma universal, pero es recomendable una producción de descendientes de al menos 50 pares de padres en cada ciclo reproductivo. El uso repetido de los mismos reproductores de forma que puedan darse cruces entre padres y su propia progenie debería evitarse.
- Para un tamaño censal determinado, mantener una relación de un macho por cada hembra entre los reproductores resultará en el nivel más bajo de endogamia.
- En lugar de una cría en masa, se puede utilizar el sistema de extraer los huevos manualmente, ya que esto permitirá un mayor control de la reproducción y de la contribución de los padres a la siguiente generación. También puede evitar los apareamientos entre parientes cercanos.
- Los gestores de criaderos deberían tener un conocimiento detallado de sus reproductores. Por ejemplo, deberían mantener un registro de la localización (por ejemplo: estanque, tanque) en el que se encuentra cada población. Suele ser útil mantener separadas a las poblaciones en clases de edad o año.
- Se puede llevar a cabo algún tipo de marcaje o recorte de las aletas para identificar a los diferentes grupos de reproductores. Incluso en los casos en los que los peces no puedan ser identificados individualmente, el mantenimiento de diferentes grupos permitirá organizar los cruces de tal forma que se retrase el comienzo de la endogamia, lo que resultará en un ritmo de propagación de la endogamia en la población más uniforme que en los casos de cría al azar. La Figura 2 muestra como los cruces se podrían organizar con cuatro de estos tipos de grupos. Este sistema de cruzamiento también se conoce como “cruzamiento por cohorte.” Los grupos podrían ser clases de años o podrían denominarse según el centro de cría en base a los progenitores. Las flechas indican la transferencia de machos. El principio es que la progenie de machos se cruza con hembras de un grupo diferente de aquel en el que nacieron los primeros. La transferencia sigue el patrón indicado en el diagrama. Los machos son transferidos en las direcciones indicadas por las flechas, mientras que las hembras se quedan en el grupo en el que nacieron. El patrón de transferencia varía según el número de generaciones. Este es un sistema relativamente simple de cruzamiento, y puede resultar en una endogamia considerablemente menor que el cruzamiento al azar (Nomura y Yonezawa 1996). Por supuesto, el esquema puede funcionar con un número mayor de grupos de cruzamiento, y cuanto mayor sea el número de grupos, menor será el coeficiente de endogamia.

**Figura 2** Esquema de cruzamiento cíclico para evitar la endogamia



- Se deben llevar a cabo introducciones periódicas (preferiblemente frecuentes) de reproductores de las poblaciones mejoradas o de los criaderos con reputación de obtener buenos rendimientos. Los cruces con las poblaciones de dichos criaderos desharán cualquier endogamia e introducirán variabilidad genética. Sin embargo, no se debería perder la identidad de las poblaciones introducidas, y se deberían almacenar de forma separada, de modo que estén listas para futuros cruzamientos.
- La utilización de lecha criopreservada puede aumentar el tamaño efectivo de la población, y ahorrar espacio de cría que de otro modo se hubiese asignado a los reproductores masculinos. La lecha debería provenir de poblaciones mejoradas o de machos de otros criaderos con la reputación de conseguir buenos rendimientos. La utilización de lecha criopreservada no sólo reduciría las necesidades de espacio de cría para machos, sino que también facilitaría el transporte de un sitio a otro.

### **Conclusiones**

Con el fin de capitalizar el esfuerzo realizado para el desarrollo de una cepa mejorada, su diseminación a los granjeros debe hacerse efectiva. Para ello, los tamaños relativos de los sectores de población implicados en la selección, multiplicación y producción deberían ser examinados y hechos consistentes con una transferencia eficaz de la ganancia genética al sector de producción.

La implementación de una política de sustitución constante de los reproductores en los criaderos, a partir del suministro regular del centro de Cría, debería recomendarse. Esto probablemente requerirá de un proceso de acreditación de criaderos que estén de acuerdo en cumplir un protocolo establecido de sustitución y gestión de reproductores. La acreditación garantizará la calidad de los reproductores utilizados en los criaderos y la de las larvas y juveniles que se produzcan. Ésta es la opción predilecta a considerar para la multiplicación y diseminación de una cepa mejorada.

Los productores deberían ser disuadidos de la noción de que los criaderos se dediquen a la producción de reproductores. La experiencia ha demostrado que es probable que esto resulte en endogamia y en perjuicios al rendimiento, conduciendo a debilitar la reputación de la cepa mejorada. Uno debe reconocer, en cualquier caso, que la práctica de producir sus propios reproductores está muy arraigada en la industria. Por esta razón, se han dado directrices para un manejo que evite la endogamia y un deterioro del rendimiento en los párrafos anteriores.

Una lección que convendría aprender de otras especies (terrestres) es que el proceso de multiplicación y diseminación ocurre de una forma más sistemática y efectiva cuando se asignan recursos específicos a la tarea. Es mi percepción que al menos una persona (y preferiblemente dos) con conocimientos de base acerca de la cría de animales y de la industria acuicultora de que se trate debería tener la responsabilidad de implementar y supervisar de forma continuada los criaderos implicados. Por supuesto, la(s) persona(s) en cuestión deberían contar con los recursos operativos necesarios para desempeñar estas tareas. La dependencia de otro personal ya existente con muchas otras responsabilidades, reducirá las posibilidades de éxito. La información que se proporcione a las personas implicadas del centro de cría en materia del programa de mejora genética será un subproducto derivado de la actividad extremadamente valioso.

### **Referencias**

**Ekmath, A.E. 1991.** Simple brood stock management to control indirect selection and inbreeding: Indian Carp example. NAGA N° 738, pp. 13-14.

**Fessehaye, Y., El-Bialy, Z., Rezk, M.A., Croojimans, R., Bovenhuis, H. y Komen, H. 2006.** Mating systems and male reproductive success in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) in breeding hapas: a microsatellite analysis. *Aquaculture* **256**:148-158.

**Nomura, T. y Yonezawa, K. 1996.** A comparison of four systems of group mating for avoiding inbreeding. *Genet. Sel. Evol.* **28**:141-159.

## Evaluación Económica de los Programas de Mejora Genética en Tilapia del Nilo (*Oreochromis Niloticus*)

Raul W. Ponzoni y Nguyen Hong Nguyen, Hooi Ling Khaw

En las especies de plantas y animales terrestres los programas de mejora genética han hecho una contribución substancial al aumento de la productividad y la viabilidad de la industria. Por contra, la mayoría de las poblaciones utilizadas en acuicultura en la actualidad en los países en desarrollo son genéticamente similares o inferiores a sus homólogos salvajes. Existen pruebas que indican que los programas de mejora genética implementados en especies acuáticas pueden tener el mismo efecto positivo que tuvieron para el ganado y los cultivos. La GIFT (la tilapia cultivada genéticamente mejorada, en sus siglas en inglés), y la Carpa Rohu de Jayanti, son dos ejemplos de iniciativas llevadas a cabo en países en desarrollo. Las especies en cuestión son dos cepas mejoradas de *Oreochromis niloticus* y *Labeo rohita* respectivamente, muy atractivas y valiosas para los granjeros debido a sus mayores tasas de crecimiento y supervivencia. Sin embargo, los programas de mejora genética requieren de una inversión inicial, así como un gasto anual repetido para poder hacerlos funcionar. A la vista de estos costes, las instituciones gubernamentales pueden permanecer escépticas de la idoneidad de invertir en estos programas a menos que se puedan anticipar con seguridad beneficios claros para la nación.

Las respuestas anuales a la selección a menudo parecen insignificantes comparadas con las ganancias que pueden conseguirse a través de la expansión, la mejora en la nutrición y la intensificación del sistema de producción. Sin embargo, la respuesta a la selección medida en una única población no da una buena medida del impacto potencial de las ganancias genéticas. Con una estructura industrial adecuada, las pequeñas respuestas acumuladas a la selección alcanzada en un núcleo que experimente mejora genética, pueden pasarse a una multiplicidad de criaderos y a su vez, de los criaderos a los granjeros. Este potencial para la expresión de pequeños cambios en miles de millones de animales es lo que hace que los programas de mejora genética sean una de las herramientas más potentes y baratas para aumentar la eficacia de la acuicultura.

En este artículo examinamos los beneficios económicos de los programas de mejora genética desde una perspectiva nacional para un amplio rango de situaciones. Utilizando a la tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) como ejemplo, concluimos que incluso bajo las asunciones más conservadoras, estos programas son muy beneficiosos desde un punto de vista económico.

El beneficio económico derivado de un programa de mejora genética de tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) se examinó desde una perspectiva nacional. Se asumió una estructura industrial en la que el programa de mejora genética se lleva a cabo en un núcleo que proporciona reproductores a los criaderos, que a su vez producen juveniles para que los granjeros los engorden hasta alcanzar un tamaño comercial. Se utilizó el descuento para expresar todas las ganancias y costes en términos de valor neto actualizado. El beneficio económico (ganancias descontadas menos costes descontados, EB, siglas en inglés) y el índice beneficio-costos (BCR, siglas en inglés) se estudiaron con un horizonte a 10 años. Se examinó también la sensibilidad del EB y el BCR a una serie de factores:

- biológicos (valores de heredabilidad, representación de la ingesta de alimento);
- económicos (inversión inicial, coste anual, tasa de descuento, precio del pescado); y
- operacionales (año en el que se produce la primera ganancia, eficacia reproductora).

El riesgo implícito se analizó estudiando la variabilidad prevista en respuesta a la selección (y por tanto en el EB y el BCR). Los valores de heredabilidad tuvieron un efecto moderado, mientras que se demostró que el coste de un aumento en la ingesta de alimento como una respuesta correlacionada a la selección de una velocidad de crecimiento más alta debería tenerse en cuenta para evitar caer en sobreestimaciones acusadas del EB y el BCR. La inversión inicial, los costes anuales y la elección de la tasa de descuento, tuvieron un efecto relativamente pequeño en el EB y el BCR, mientras que el efecto del precio del pescado fue substancial. Los retrasos a la hora de obtener los primeros beneficios en el programa, resultaron en unos EB y BCR reducidos. Sin embargo, las mayores contribuciones a las variaciones en el EB y el BCR se debieron a las mejoras en la eficacia reproductora a nivel tanto del núcleo como de los criaderos. Se encontró que el riesgo de fracaso del programa debido a razones técnicas era extremadamente bajo. Concluimos que incluso bajo las asunciones más conservadoras, los programas de mejora genética son altamente beneficiosos desde un punto de vista económico, y que para el caso estudiado podrían resultar en EBs que oscilen entre los más de cuatro millones de dólares a los 32 millones de dólares, y correspondiendo a BCRs de 8.5 a 60.

## Hacia unos Sistemas de Acreditación para la Acuicultura de Tilapia en la Cuenca del Volta: Lecciones del Cultivo de Salmón

Ian Mayer y Emil Ólafsson

### **El cultivo de salmón en Noruega: un estudio de caso.**

Sin duda, el cultivo de salmón en Noruega ha sido la historia de un gran éxito. Hasta principios de los 80, sólo era una industria de subsistencia, sin ninguna importancia económica global para Noruega. Sin embargo, desde principios de los 80, la producción acuícola del cultivo de salmón creció ostensiblemente, convirtiéndose en una de las mayores industrias del país. En 2004, Noruega era la novena potencia mundial en cultivo de peces y la mayor productora de salmón cultivado en el mundo (FAO, 2007).

Como para muchas especies de peces cultivados, incluyendo la tilapia, el cultivo de salmón implica dos fases de producción: la producción de juveniles (esguín) en criaderos ubicados en tierra, y una fase de engorde en jaulas en el mar hasta que alcanzan los 3-5 kgs tras 1-2 años. Durante 2004 se criaron cerca de 200 millones de salmones en jaulas a lo largo de la costa noruega, con una producción anual de cerca de 600,000 Tm.

El increíble aumento del cultivo de salmón en las dos últimas décadas se ha visto acompañado de un incremento de la legislación encaminada a controlar/proteger la industria salmonera. Las leyes son promulgadas en su mayoría por el **Ministerio Noruego de Pesca y Asuntos Costeros**, mientras que las relacionadas con la salud de los peces lo son por la **Autoridad Noruega para la Seguridad de los Alimentos**. La legislación cubre principalmente las siguientes áreas:

- **Licencias (criaderos y granjas):**

La licencia para el cultivo de salmón es un permiso de las autoridades que permite cultivar salmón bajo los auspicios del Acto para el Cultivo de Peces, del Acto de Enfermedad de Peces y del Acto para el Control de la Contaminación. Además, los solicitantes son evaluados en relación con sus intereses en materia de conservación, recreo, pesca y vida salvaje. Cada solicitante debe cumplir todas las normativas establecidas por el Acto del 17 de Junio de 2005, n° 79 (El Acto sobre Acuicultura).

- **Normativa relativa a la importación, exportación y movimiento de los peces** (criaderos y granjas)

Esta normativa está específicamente dirigida al control de la propagación de las enfermedades a través del movimiento de las poblaciones de peces. Los documentos de transporte deben incluir una declaración de salud que garantice que los peces satisfacen los requerimientos de la Directiva 91/67/EEC del Consejo Europeo, que cubre las condiciones de salud de los animales provenientes de la acuicultura. (*Acto del 4 de julio, 1991 n° 509, acto de 20 diciembre 1997 n° 19, Acto de 31 diciembre 1998 n° 1484, acto del 30 de mayo 2003 n° 661*).

- **Normativa sobre desinfección** (criaderos)

Esta normativa está relacionada con la limpieza y desinfección de los sitios de acuicultura, y con la desinfección del agua de entrada y la de salida de las actividades relacionadas con la acuicultura. (*Acto de 20 de febrero 1997 n° 194, Acto de 20 de febrero de 1997 n° 192*).

- **Normativa relativa a las enfermedades y el control del producto** (criaderos y granjas).

Esta normativa está implementada por la Autoridad Noruega en materia de Seguridad Alimentaria, y cubre la siguiente legislación (*Acto de 22 de diciembre 2004 n° 1785 – Acto de control de las enfermedades*). La relativa rigidez de esta normativa proporciona directrices para controlar la salud y buen estado del salmón y las truchas, y también la calidad del agua y otros factores ambientales. Se deben llevar a cabo inspecciones de salud que deben ser realizadas por veterinarios autorizados que pertenezcan a la Autoridad Noruega de Seguridad Alimentaria. Los reproductores y alevines (criaderos) deben someterse a un mínimo de 12 inspecciones de salud al año. Los peces de mayor tamaño, encaminados a la producción de alimento (granjas de salmón) deben someterse a un mínimo de 6 inspecciones de salud al año.

## Consideraciones medioambientales

### Efectos directos

- **Basura orgánica**

El cultivo intensivo de salmón origina niveles altos de producción de basura orgánica, tanto en forma de materia orgánica particulada (restos de comida y heces) y nutrientes (N/P). El impacto ambiental de estas descargas de residuos puede reducirse notablemente si se elige una localidad apropiada para ubicar la granja de salmón (agua profunda y con fuertes corrientes). De este modo, la licencia de operación sólo se emitiría si estas condiciones han sido cumplidas de forma satisfactoria.

- **Contaminantes químicos**

*Pesticidas* – en la actualidad el uso principal de los pesticidas en la industria de salmón noruega es para el control de las infecciones por piojos de mar. El uso de los mismos es motivo de preocupación debido a su elevada toxicidad y su larga vida media.

*Metales pesados* – el cobre (como Cu<sub>2</sub>O) se utiliza como agente antifouling en las jaulas de salmón. En 2004 se utilizaron cerca de 250 Tm de cobre, el 80-90 por ciento de las cuales fue liberada al medio marino. El cobre es muy tóxico para los organismos acuáticos.

*Antibióticos* – debido a la mejora en las prácticas de gestión, y en mayor medida al desarrollo de vacunas específicas para los salmones, la cantidad de antibióticos utilizados en la industria noruega del salmón ha descendido notablemente desde la década de los 90.

### Efectos indirectos

- **Impacto de los escapes de salmón- interacciones con las poblaciones salvajes**

Hasta la fecha, el mayor motivo de preocupación medioambiental en relación con la gran cantidad de salmones escapados es la posibilidad de introgresión genética entre estos peces y las poblaciones salvajes. Esta preocupación se centra en:

- El salmón atlántico cultivado mediante programas intensos de cría selectiva, es genéticamente distinto del de las poblaciones salvajes.
- En la actualidad, más del 70% de los huevos utilizados en las granjas de salmón noruego y la mitad de los huevos utilizados en otros lugares del mundo derivan de descendientes de no más de dos poblaciones salvajes de salmón atlántico noruego.

Por lo tanto, los salmones atlánticos cultivados que se escapan, tienen el potencial de alterar la composición genética y la diversidad dentro de y entre las poblaciones de salmón salvaje. El mantenimiento de los niveles adecuados de variación genética, tanto dentro como entre las poblaciones, es esencial para una sostenibilidad a largo plazo y para mantener el potencial evolutivo de las poblaciones. La introducción de diferentes formas de genes desde el salmón cultivado al salvaje (introgresión genética) reducirá la heterogeneidad genética tanto dentro como entre las poblaciones salvajes, ya que el salmón cultivado tiene una menor variabilidad genética y sólo el uso de unas cuantas cepas está extendido. Hay pruebas de que existen

poblaciones genéticamente diferentes de salmón atlántico localizadas en Noruega. La pérdida de esta heterogeneidad genética reducirá el potencial adaptativo de esta población. La introgresión reducirá la variabilidad genética de las poblaciones salvajes, lo que provocará una depresión endogámica. Existen pruebas crecientes de que esto puede resultar en cambios en las frecuencias genéticas de las poblaciones salvajes y probablemente, en consecuencias negativas para el bienestar de las poblaciones salvajes de peces (por ejemplo: McGinnity *et al.*, 2003, Hindar *et al.*, 2006, Roberge *et al.*, 2006).

Para poder determinar el impacto medioambiental de la introgresión genética entre el salmón cultivado y el salvaje del atlántico, McGinnity *et al.* (1997) llevaron a cabo un experimento de cría en un afluente en el que desovaban salmones de forma natural en la costa oeste de Irlanda. Haciendo un seguimiento del desove cruzado de varios grupos de salmones, McGinnity *et al.* (1997) pudieron comprobar el rendimiento de la progenie de los salmones salvajes, cultivados e híbridos. Los resultados mostraron que mientras el salmón cultivado era más agresivo y crecía más rápidamente, el salvaje mostraba una tendencia mayor a migrar en el estadio de esguín y tenía un mayor éxito de vida (eficacia biológica o fitness). Estos resultados indican claramente que los escapes de salmón atlántico cultivado pueden producir cambios genéticos a largo plazo en las poblaciones naturales de salmón salvaje, causando una reducción en la eficacia biológica y la productividad de las mismas. Otros estudios han mostrado resultados similares y han concluido que el número de escapes de salmón debe mantenerse al mínimo para proteger a las poblaciones salvajes (por ejemplo: McGinnity *et al.*, 2003; Hindar *et al.*, 2006).

Para proteger a los salmones nativos, varias naciones, incluyendo la Noruega, han puesto en vigor normativas encaminadas a reducir el número de escapes de las granjas (por ejemplo: regulando las características de las jaulas, obligando a que se realicen planes de contingencia para cada sitio específico y se hagan notificaciones de los escapes) o a proteger las poblaciones salvajes manteniendo las granjas a una distancia segura de los ríos salmoneros (Porters, 2005).

### ***Hacia un sistema de acreditación de criaderos de tilapia del Nilo***

Al igual que la historia de éxito de la industria de salmón noruega, la acuicultura de tilapia, fundamentalmente en Asia, ha experimentado un aumento considerable durante los últimos 20 años, y las tilapias son ahora la segunda especie más cultivada de peces en el mundo. Una de las razones principales de este éxito han sido los programas de cría selectiva llevados a cabo en Asia, que han resultado en poblaciones que crecen más rápido y alcanzan tamaños más grandes que sus congéneres salvajes. Sin embargo, al contrario de lo que ocurre con la relativamente estricta legislación aplicada a la industria del salmón, no parece haber sistemas de acreditación de criaderos legalizados funcionando en la industria de tilapia a nivel mundial. En años recientes, sin embargo, varias organizaciones de acuicultura y varios consorcios han solicitado sistemas de certificación gubernamentales para los criaderos y las granjas de tilapia. Quizá la razón fundamental de la falta de estos sistemas, sea la complejidad de componentes que deben acordarse. Es necesario que una serie de expertos legales, biólogos, ambientalistas, ingenieros, productores y autoridades gubernamentales esbochen un plan detallado en el que se especifiquen las leyes y normativas que han de implementarse.

## **Referencias**

**FAO. 2007.** The state of the World Fisheries and Aquaculture 2006. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.



**Hindar K, Fleming IA, McGinnity P, et al. 2006.** Genetic and ecological effects of salmon farming on wild salmon: modelling from experimental results ICES JOURNAL OF MARINE SCIENCE 63 (7): 1234-1247 AUG 2006.

**McGinnity, P., Stone, C., Taggart, J.B., et al. 1997.** Genetic impact of escaped farmed Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) on native populations: use of DNA profiling to assess freshwater performance of wild, farmed, and hybrid progeny in a natural river environment ICES JOURNAL OF MARINE SCIENCE 54 (6): 998-1008 DEC 1997

**McGinnity, P., Prodohl, P., Ferguson, K. et al. 2003.** Fitness reduction and potential extinction of wild populations of Atlantic salmon, *Salmo salar*, as a result of interactions with escaped farm salmon. Proceedings of the Royal Society of London. Series B. Biological Sciences 270: 2443-2450.

**Porters, G, 2005.** Protecting wild Atlantic salmon from impact of salmon aquaculture: A country-by-country progress report 2<sup>nd</sup> Edition. Published by jointly by World Wildlife Foundation and Atlantic Salmon Federations 57pp. (copies available: [www.asf.ca](http://www.asf.ca) and [worldwildlife.org](http://worldwildlife.org))

**Roberge, C, Einum, S, Guderley, H. y Bernatchez, L. 2006.** Rapid parallel evolutionary changes of gene transcription profiles in farmed Atlantic salmon. Molecular Ecology 15: 9-20

## APPENDIXES/ANNEXES/APÉNDICES

### A. List of Participants/Liste des participants/Lista de participantes

PARTICIPANTS FROM NATIONAL  
ORGANIZATIONS/PARTICIPANTES DE  
ORGANISACIONES NACIONAL

#### **BENIN/BÉNIN**

Philippe A. Laleye  
Faculte des Sciences Agricoles,  
Universite d'abomey-Calavi, O1 BP 526  
Cotonou, Benin  
Tel.: (+229) 959 68973 / 2136 1758  
laleye@bj.refer.org  
laleyeph@yahoo.fr

Gustave Vinawamon  
02 BP 375  
Cotonou, Benin  
vinawamon@yahoo.fr  
Tel.: (+229) 958 62450

#### **BURKINA FASO**

Sana Bouda  
"Projet élevage piscicole"  
09 BP 726  
Ouagadougou, Burkina Faso  
Tel.: (+226) 703 74108  
sanabouda@yahoo.fr

Idrissa Zampaligre  
Mahrh 03 BP: 7010  
Ouagadougou 03, Burkina Faso  
Tel.: (+226) 701 30919  
zampaligreidrissa@yahoo.fr

#### **CÔTE D'IVOIRE**

Kouassi Adou Kouassi  
Africaine Production Poisson (AZP)  
BP 552 Abidjan 06  
Côte d'Ivoire  
Tel.: (+225) 07298628 / 056 17817  
Fax: (+225) 224 186 15  
adouapp@yahoo.fr

Catherine Hema  
Sous/Directrice de la pêche continentale  
BP V19 Abidjan  
Côte d'Ivoire  
Tel.: (+225) 21356169 Fax (+225) 21350409  
hemacathy@yahoo.fr

Olga Sidonie Assemien  
Centre National de Recherche  
Agronomique(CNRA)  
Route de Dabou, Km 17, Bp 1740  
Abidjan 01, Côte d'Ivoire  
Tel.: (+225) 0756 7493 / 22442858  
olgassemien@yahoo.fr

Direction des Productions Salieutique  
Ministère de la Production Animale et  
des Ressources Halieutiques  
Côte d'Ivoire  
Mob.: (+225) 05 00 75 95

#### **GHANA**

Lionel Awity  
Fisheries Directorate, P. O. Box 630  
Accra, Ghana  
Tel.: (+233) 244 591458  
lionelawity@yahoo.co.uk

Bertrand Bonso-Bruce  
Gilgar Farms Ltd.  
PO Box Ct 646, Cantonments  
Accra, Ghana  
Tel.: (+233) 244 37 9025  
bertrand.bruce@gmail.com

Vivian Serwaa Gyasi (Mrs.)  
Ministère des affaires étrangères, de  
l'intégration régionale et du Nepad  
PO Box M53  
Accra, Ghana  
Tel.: (+233) 21 664951-6 / 020 925 3622  
serwaadu@yahoo.co.uk

Noble Wadzah  
Friends of The Earth, Ghana, PMB, GPO,

Accra Ghana  
Tel.: (+233) 244 373 282, 021 512311/2  
kowadzah9@yahoo.com

## **MALI**

Seydou Coulibaly  
Ministère de l'élevage et de la pêche (Mep)  
Mali  
Cell.: (+233) 679 1644  
seydou.coulibaly@mep-mali.org

Richard Toe  
Bamako, Mali  
Tel.: (+233) 645546 /2203836  
toeli2002@yahoo.fr

## **TOGO**

Atutonu Amah  
Direction Faune et Chasse, Bp 355  
Lome, Togo  
Tel.: (+228) 914 3977  
lydia\_atutonu@yahoo.fr

Sedzro Kossi Maxoe  
Division des Peches et Aquaculture, Bp 1095  
Lome, Togo  
Tel.: (+228) 90703-33  
(+228) 221 3470  
ksedzro69@hotmail.com  
peches@laporte.tg

## **PARTICIPANTS FROM INTERNATIONAL ORGANIZATIONS**

### **CETMAR**

Gabriel De Labra  
Cetmar, Eduardo Cabello, S/N 36208  
Vigo, Spain  
Tel.: (+34) 6767 11122  
glabra@cetmar.org

### **CSIR WATER RESEARCH INSTITUTE**

Felix Y. Klenam -Attipoe  
CSIR Water Research Institute  
PO Box Ah 38 Achimota  
Accra, Ghana  
Tel.: (+233) 251 20786  
Mob.: (+233) 244 454 432

fattipoe@hotmail.com

Seth Koranteng Agyakwah  
CSIR -Water Research Institute  
PO Box Ah 38, Achimota  
Accra, Ghana  
Tel.: (+233) 251 20786  
Mob.: (+233) 244 610181  
agyaseth@yahoo.com

### **EPA**

Carl Kojo-Fiati  
Environmental Protection Agency (EPA),  
PO Box M326, Accra, Ghana, W. Africa  
Starlet 91 Street, Ministries  
Accra, Ghana  
Tel.: (+233) 21 664697 / 0277 40 3072  
cfiati@epaghana.org

### **FAO**

Devin M. Bartley  
Senior Fishery Resources Officer  
Department of Fisheries and Aquaculture  
Food and Agriculture Organization of the  
United Nations  
00153 Rome, Italy  
Tel.: (+39) 06 5705 4376  
devin.bartley@fao.org

John Moehl  
Bureau Regional de la FAO pour L'Afrique  
PO Box 1628  
Accra, Ghana  
Tel.: (+233) 21 675000  
john.moehl@fao.org

Boniface Mulonda-Kalenda  
Secrétaire, Association des éleveurs de  
poissons en cage  
Expert en aquaculture  
Bureau régional de la FAO pour L'Afrique  
Gamel Abdul Nasser Road  
PO Box 1628, Accra, Ghana  
Tel.: (+233) 21 701-0930 Ext. 3196  
Tel.: (+233) 21 675-000 Ext. 3196 or 3206  
Mulonda.Kalende@fao.org

Roger S. V. Pullin  
7a Legaspi Park View  
134 Legaspi St.  
Makati City, Philippines  
Tel.: (63) 2-818 0870  
karoger@pacific.net.ph  
karoger@pltdsl.net

#### **MENNTUN**

Michel Clement  
Skillinggränd 3, 112 20  
Stockholm, Suede  
Tel.: (+46) 8 652 6332  
michelclement@comhem.se

Emil Ólafsson  
Menntun Consultoría Científica  
Avda. de Castilla 47, 2º 3º  
Palencia 34005, España  
Tel.: (+34) 979750491  
emilolafsson@menntun.org

#### **TECHNOSERVE**

Nick Railston-Brown  
Technoserve, P.O. Box 135  
Accra, Ghana  
Tel.: (+233) 021 773873/5  
nickrb@tnsgh.org

#### **USDA**

Sylvie Quiniou  
United States Department Of Agriculture-  
Agricultural Research Service/Catfish Genetics  
Research Unit, 141  
Experiment Station Rd.  
Stoneville, MS 38776, USA  
Tel.: (+1) 662 686-3546  
seidoumep@yahoo.fr  
seydoucoulibaly@yahoo.fr  
squiniou@ars.usda.gov  
sylvie quiniou-ars@ars.usda.gov

#### **THE WORLD FISH CENTER**

Randall Brummett  
WorldFish Center, Cameroun, BP 2008  
(Messa)  
Yaounde, Cameroun  
Tel.: (+237) 22 23 74 34  
R.Brummet@CGIAR.ORG

Raul W. Ponzoni  
WorldFish Center, P.O. Box 500 Gpo, 10670  
Penang, Malaysia  
Tel.: (+60) 4 620 2159  
r.ponzoni@CGIAR.ORG

## B. Agenda

### Day 1

AM:

- Presentation of the Objectives of the Workshop: **John Moehl (JFM)**
- Review of Codes of Conduct for Responsible Fisheries, Dhaka Declaration, Nairobi Declaration, SGRP/GCRP, etc. **Devin Bartley (DMB)**
- GIFT Programme, INGA and Policies on Transfer of Aquatic Germplasm **Roger Pullin (RSVP)**
- The need for genetic Improvement in Aquaculture **Randy Brummett (REB)**
- PEST Analysis **Nick Railston-Brown (NRB)**
- Economic Impact of National Fish Breeding Programs **Raul Ponzoni (RWP)**

PM:

Theme I: International Agreements on Movement of Improved Germplasm **DMB (OUTPUT 2)**

### Day 2

AM: Theme II: EIA & Conservation Plan for Genetic Resources **RSVP (OUTPUT 3)**

PM: Theme III: Breeding and Seed Dissemination planning for Nile Tilapia in the Volta Basin  
**RWP (OUTPUT 4)**

### Day 3

AM: Theme IV: Hatchery Accreditation **Emil Ólafsson (EO) and/or Ian Mayer (IM) (OUTPUT 5)**

PM: Theme V: Dissemination Program **RWP (OUTPUT 4)**

### Day 4

AM: Compilation of Outputs **JFM, DMB, RWP, REB, EO, IM, Lara Arroyo (OUTPUT 1)**

PM: Presentation of Outputs – next steps **JFM**

## B. Ordre du Jour

### Premier jour

Matin:

- Présentation des objectifs de l'atelier : **John Moehl (JFM)**
- Examen des Code de conduite pour une pêche responsable, Déclaration de Dhaka, Déclaration de Nairobi, SGRP/GCRP, etc. **Devin Bartley (DMB)**
- Programme GIFT, INGA, Politiques sur le transfert du germplasm aquatique **Roger Pullin (RSVP)**
- La nécessité de l'amélioration génétique dans l'aquaculture **Randy Brummett (REB)**
- Analyse PEST **Nick Railston-Brown (NRB)**
- Impact économique des programmes nationaux de pisciculture **Raul Ponzoni (RWP)**

Après-midi: Thème I : Accord international sur le déplacement des Germplasms améliorés  
(**RÉSULTAT 2**)

### **Deuxième jour**

Matin: Thème II: EIE et plan de conservation des ressources génétiques (**RÉSULTAT 3**)

Après-midi: Theme III: Programme de reproduction sélective (**RÉSULTAT 4**)

### **Troisième jour**

Matin: Theme IV: Habilitation des couvoirs - Emil Olafsson (EO) et/ou Ian Mayer (**RÉSULTAT 5**)

Après-midi: Theme V: Programme de dissémination (**RÉSULTAT 4**)

### **Quatrième jour**

Matin: Synthèse des résultats - JFM DMB, RWP, REB, EO, Lara Arroyo (**RÉSULTAT 1**)

Après-midi: Présentation des résultats – la voie à suivre

## **B. Programa**

### **Día 1**

Mañana:

- \* Presentación de los Objetivos de las Jornadas
- \* Revisión de los Códigos de Conducta para unas Pesquerías Responsables, la Declaración de Dhaka, la declaración de Nairobi, SGRP/GCRP, etc
- \* El programa GIT, INGA y política de Transferencia de Germoplasma Acuático
- \* La necesidad de mejora genética en Acuicultura
- \* Análisis de epidemias
- \* Impacto Económico de los programas de Cultivos de Peces Nacionales

Tarde: **Tema I**: Acuerdos Internacionales sobre el movimiento de Germoplasma Mejorado

### **Día 2**

Mañana: **Tema II**: EIA y Plan de Conservación de los Recursos Genéticos

Tarde: **Tema III**: Programa de Cría Selectiva

### **Día 3**

Mañana: **Tema IV**: Acreditación de Granjas

Tarde: **Tema V**: Programa de diseminación

### **Día 4**

Mañana: Recopilación de resultados

Tarde: Presentación de resultados - pasos subsiguientes

**C. Summary Of Aquaculture Situation In The Volta Basin/ Resume De La Situation De L'aquaculture Dans Les Pays Du Bassin Du Volta/Resumen De La Situación De La Acuicultura En Los Países De La Cuenca Del Volta**

			<b>Benin</b>	<b>Burkina Faso</b>	<b>Côte d'Ivoire</b>	<b>Ghana</b>	<b>Mali</b>	<b>Togo</b>
Number of government hatcheries	Nombre de centres d'alevinages gouvernementaux	Número de criaderos del gobierno	1	3	3	2	2	13 with only 1 in service
Total surface area	Superficies totales	Superficie total	0.3 ha	14 ha	3 ha	1.5 ha	60 ha	6 ha
Total number of ponds	Nombre total d'étangs	Número total de estanques	20	150	120	26 plus tanks	36	200
Number of private hatcheries	Nombre de centres d'alevinage privés	Número de criaderos privados	6	1	4	18 (8 tilapia only)	0	1
Total surface area	Superficies totales	Superficie total	3 ha	5 ha	n/a	n/a	0	1 ha
Total number of ponds	Nombre total d'étangs	Número total de estanques	50	50	n/a	n/a	0	n/a
Total number of fish farmers	Nombre total de pisciculteurs	Número total de piscicultores	600	150	n/a	1 040	100	3 000
Total number of commercial fish farmers	Nombre total de pisciculteurs commerciaux	Número total de piscicultores comerciales	20	2	n/a	9	100	0
Total national fish production	Production nationale totale de poissons	Producción nacional de pescado	n/a	12 500	300 000	434 855	100 000 to 120 000	20 948
Total national aquaculture production	Production nationale totale au niveau de l'aquaculture	Producción total nacional a nivel de acuicultura	n/a	300	1 000	1 154	30 000	1 025

			<b>Benin</b>	<b>Burkina Faso</b>	<b>Côte d'Ivoire</b>	<b>Ghana</b>	<b>Mali</b>	<b>Togo</b>
Average tilapia price per kilogram	Prix moyen par kilogramme de tilapia	Precio medio del kilo de tilapia	\$1.66	\$3.32	\$2.07	\$3.33	\$1.87	\$1.66
Average price of a tilapia fingerling	Prix moyen d'alevin de tilapia	Precio medio del alevin de tilapia	\$0.15	\$0.01 to 0.05	\$0.10	\$0.05	\$0.31	\$0.15
Number of aquaculture research facilities	Nombre de centres de recherche aquacoles	Número de centros de investigación para la acuicultura	3	1	2	2	1	1
Number of universities with aquaculture curricula	Nombre d'universités avec un curriculum aquacole	Número de universidades que imparten un currículum en acuicultura	1	1	2	3	3	0
Principal government aquaculture agency	Agence gouvernementale chargée de l'aquaculture	Agencia principal del gobierno encargada de la acuicultura	Direction des Pêches	Direction Générale des Ressources Halieutique	Direction de la Production Halieutique	Directorate of Fisheries	Ministère de l'Elevage et de la Pêche	Direction de l'Elevage et de la Pêche
Principal government environmental agency	Agence gouvernementale chargée de l'environnement	Principal agencia medioambiental del gobierno	Agence Benenoise pour l'Environnement	Direction de la Conservation de la Nature	Agence Nationale pour l'Environnement	Environment Protection Agency	Ministère de l'Environnement	Direction de l'Environnement et Direction Faune et Chasse



## D. Material Transfer Agreement<sup>16</sup>

The following could serve as a model for developing material transfer agreements.

A country planning to import new or exotic species has to sign a Material Transfer Agreement which states that the recipient agrees:

- to abide by the provisions of the Convention on Biological Diversity and the FAO Code of Conduct for Responsible Fisheries;
- to preclude further distribution of germplasm to locations at which it could have adverse environmental impact;
- to not claim ownership over the material received; nor seek intellectual property rights over the germplasm or related information;
- to ensure that any subsequent person or institution to whom they make samples of germplasm available is bound by the same provision;
- that the responsibility to comply with the country's biosafety and import regulations and
- any of the recipient country's rules governing the release of genetic materials is entirely its own;
- to follow the quarantine protocols
- to abide by the International Code of Transfer of Germplasm in case germplasm is transferred beyond the boundaries of the country.

---

<sup>16</sup> From the International Network for Genetics in Aquaculture (INGA) [www.worldfishcenter.org](http://www.worldfishcenter.org)

## **D. Accord sur le Transfert du Matériel**

L'accord suivant peut servir de modèle pour la mise au point des accords de transfert du matériel

Un pays qui envisage importer de nouvelles espèces ou des espèces exotiques doit signer un Accord sur le transfert du matériel qui stipule que le récipiendaire convient de:

- se conformer aux dispositions de la Convention sur la diversité biologique et du Code de conduite de la FAO pour une pêche responsable,
- éviter toute distribution ultérieure du germplasm aux endroits où il pourrait avoir un impact environnemental négatif ;
- ne pas revendiquer le droit de propriété à l'égard du matériel reçu, ni chercher à obtenir le droit de propriété intellectuelle à l'égard du germplasm ou de toute information y afférente ;
- s'assurer que toute autre personne ou institution qui entrera en possession des échantillons du germplasm conforme aux présentes dispositions
- que la responsabilité de se conformer au règlement régissant la biosécurité et les importations ainsi qu'aux règles du pays récipiendaire régissant la mise à disposition de matériel génétique incombe entièrement au récipiendaire ;
- appliquer les protocoles sur la mise en quarantaine ;
- se conformer au Code international sur le transfert du germplasm au cas où le germplasm serait transféré au-delà des frontières du pays.

## **D. Acuerdo de Transferencia de Material<sup>17</sup>**

Lo siguiente podría servir como modelo para desarrollar unos acuerdos de transferencia de material.

Un país que planea importar especies nuevas o exóticas debe firmar un Acuerdo de Transferencia de Material que declare que el beneficiario/receptor acepta:

- atenerse a las provisiones de la Convención sobre Diversidad Biológica y el Código FAO de Conducta para la Pesca Responsable;
- excluir la distribución subsiguiente de germoplasma a localidades en las que pudiera tener un impacto medioambiental adverso;
- no exigir la propiedad del material recibido, ni procurar obtener derechos de propiedad intelectual sobre el germoplasma o la información relacionada con el mismo.
- asegurar que cualquier persona o institución que posteriormente pueda obtener muestras del germoplasma disponible esté obligada a las mismas disposiciones;
- que la responsabilidad de cumplir con la bioseguridad del país y sus leyes de importación, así como cualquiera de las leyes del país receptor en materia de liberación de material genético es enteramente suya;
- seguir los protocolos de cuarentena;
- atenerse al Código Internacional de Transferencia de Germoplasma en caso de que el germoplasma se transfiera más allá de las fronteras del país.

---

<sup>17</sup> De la Red Internacional de Genética en Acuicultura (INGA) [www.worldfishcenter.org](http://www.worldfishcenter.org)

**E. Ramsar Sites in and Around the Volta Basin/Sites Ramsar dans le Bassin du Volta et dans les Zones Environnantes/Sitios Ramsar en y Alrededor de la Cuenca del Volta**

**GHANA (6 Ramsar sites, 178 410 hectares)**

* Anlo-Keta lagoon complex	14/08/92	Volta 127 780 ha
* Densu delta	14/08/92	Greater Accra 4 620 ha
* Muni Lagoon	14/08/92	Central 8 670 ha
* Owabi	22/02/88	Ashanti 7 260 ha
* Sakumo Lagoon	14/08/92	Greater Accra 1 340 ha
* Songor Lagoon	14/08/92	Greater Accra 28 740 ha

**BENIN/BÉNIN (2 Ramsar sites, 139 100 hectares)**

* Basse Vallée du Couffo, Lagune Côtière, Chenal Aho, Lac Ahémé	24/01/00	47 500 ha
* Basse Vallée de l'Ouémé, Lagune de Porto-Novo, Lac Nokoué	24/01/00	91 600 ha

**BURKINA FASO (3 Ramsar sites, 299 200 hectares)**

* La Mare aux hippopotames	27/06/90	19 200 ha
* La Mare d'Oursi	27/06/90	45 000 ha
* Parc National du W	27/06/90	235 000 ha

**CÔTE D'IVOIRE (6 Ramsar sites, 127 344 hectares)**

* Complexe Sassandra-Dagbego	18/10/05	Bas-Sassandra 10 551 ha
* Fresco	18/10/05	Sud-Bandama 15 507 ha
* Grand Bassam	18/10/05	Sud-Comoé 40 210 ha
* Îles Ehotilé-Essouman	18/10/05	Sud-Comoé 27 274 ha
* N'Ganda N'Ganda	18/10/05	Sud-Comoé 14 402 ha
* Parc national d'Azagny	27/02/96	Lagunes 19 400 ha

**MALI (1 Ramsar site, 4 119 500 hectares)**

* Delta Intérieur du Niger <sup>18</sup>	01/02/04	Mopti, Ségou, Tomboctou 4 119 500 ha
--	----------	---

**NAMIBIA/NAMIBIE (4 Ramsar sites, 629 600 hectares)**

* Etosha Pan, Lake Oponono & Cuvelai drainage	23/08/95	600 000 ha
* Orange River Mouth	23/08/95	500 ha
* Sandwich Harbour	23/08/95	16 500 ha
* Walvis Bay	23/08/95	12 600 ha

**NIGER/NÍGER (12 Ramsar sites, 4 317 589 hectares)**

* Complexe Kokorou-Namga	17/06/01	Tillabéri 66 829 ha
* Dallol Bosso	26/04/04	Dosso 376 162 ha
* Dallol Maouri	26/04/04	Dosso 318 966 ha

<sup>18</sup> The Delta Intérieur du Niger site incorporates the former Ramsar Sites Lac Horo, Séri, and Walado Debo/Lac Debo, designated on 25/05/87.

Le site Delta Intérieur du Niger englobe les anciens sites Ramsar : Lac Horo, Séri, and Walado Debo/Lac Debo, désigné le 25/05/87.

El Delta interior del sitio de Níger incorpora los antiguos sitios Ramsar de Lac Horo, Séri y Walado Debo/Lac Debo, designados en 25/05/87.

* Gueltas et Oasis de l'Aïr	16/09/05	Agadez 2,413 237 ha
* La mare de Dan Douchi	16/09/05	Tahoua 25 366 ha
* La mare de Lassouri	16/09/05	Zinder 26 737 ha
* La mare de Tabalak	16/09/05	Tahoua 7 713 ha
* Lac Tchad	17/06/01	Diffa 340 423 ha
* Oasis du Kawar	16/09/05	Agadez 368 536 ha
* Parc national du "W"	30/04/87	Tillabery 220 000 ha
* Zone humide du moyen Niger	17/06/01	Dosso 88 050 ha
* Zone humide du moyen Niger II	26/04/04	Dosso 65 850 ha

**NIGERIA/NIGÉRIA (1 Ramsar site, 58 100 hectares)**

* Nguru Lake (and Marma Channel) complex	02/10/00	Jigawa, Yobe 58 100 ha
--	----------	------------------------

**TOGO (2 Ramsar sites, 194 400 hectares)**

* Parc national de la Keran	04/07/95	Kara, Savanes 163 400 ha
* Reserve de faune de Togodo	04/07/95	Maritime 31 000 ha



ISBN 978-92-5-005931-0 ISSN 1997-9215



9 789250 059310

TR/D/A1621Tri/1/02.08/1000