

Acuicultura

SISTEMAS DE RECIRCULACION PARA LA ACUICULTURA

Fundación Chile



AUTORES

M.B. Timmons
J.M. Ebeling
F.W. Wheaton
S.T. Summerfelt
B.J. Vinci

EDICION EN ESPAÑOL

G. Parada
M. Hevia

Sistemas de Recirculación para la Acuicultura[©]

AUTORES

Michael B. Timmons

Cornell University, Biological and Environmental Engineering Department,
302 Riley-Robb Hall, Ithaca, NY 14853

James M. Ebeling

Freshwater Institute, PO Box 1889, Shepherdstown, WV 25443

Fred W. Wheaton

University of Maryland, Biological Resources Engineering Department
1439 Animal Science Building, College Park, MD 20742

Steven T. Summerfelt

Freshwater Institute, PO Box 1889, Shepherdstown, WV 25443

Brian J. Vinci

Freshwater Institute, PO Box 1889, Shepherdstown, WV 25443

EDICIÓN EN ESPAÑOL

Gustavo Parada Rebolledo

Fundación Chile, Parque Antonio Rabat Sur 6165, Vitacura, Santiago

Martin Hevia Werkmeister

Fundación Chile, Parque Antonio Rabat Sur 6165, Vitacura, Santiago

Sistemas de Recirculación para la Acuicultura

© **Fundación Chile, 2002**

Registro Propiedad Intelectual N° 126.705
ISBN 956-8200-00-2

La edición original fue publicada en Estados Unidos de América bajo el título “Recirculating Aquaculture Systems”,
Primera edición 2001, ISBN 0-9712646-0-0
Segunda edición 2002, ISBN 0-9712646-1-9

Todo los derechos reservados. Ninguna parte de esta publicación puede ser reproducida, ni archivada en sistemas de almacenamiento electrónico, o transmitida, ya sea en forma electrónica, mecánica, por fotocopia, o por cualquier otro medio, sin el permiso escrito del editor.

No se asumen responsabilidades por lesión o daño a las personas o propiedad, ya sea por el resultado del uso de los productos generados a través de las tecnologías descritas, negligencia o cualquier otra razón; o por el uso de métodos, tecnologías, instrucciones o ideas contenidas en este material.

Editado en español por Fundación Chile
Avenida Parque Antonio Rabat Sur 6165, Vitacura, Santiago
Teléfono: (56-2) 2400364
Fax: (56-2) 2419394
e-mail: info@fundch.cl

Impreso en Chile por Quebecor World Chile S.A.

TABLA DE CONTENIDOS

Prólogo a la Primera Edición en Español	i
Agradecimientos	iii
Prólogo de la Versión Original	v
Capítulo 1: Introducción a la Tecnología de Recirculación para la Acuicultura	
1.0 Antecedentes	1
1.1 La Acuicultura No es para Todos.....	1
1.2 Resumen de Algunos Casos.....	2
1.3 Otras Experiencias	3
1.4 La Visión Optimista.....	4
1.5 Visión General de los SRA	6
1.6 Requerimientos de Agua, Uso y Conservación.....	7
1.7 Dinámicas de Mercado.....	10
1.8 Interacción Entre Objetivos, Recursos, Estrategia de Negocios y Diseño	13
1.9 Terminología y Nomenclatura	15
1.10 Sitios Web de Referencia.....	16
1.11 Resumen.....	17
Capítulo 2: Calidad de Agua	
2.0 Introducción	19
2.1 Propiedades Físicas	20
2.2 Normas de Calidad de Agua	21
2.3 Requerimientos de Cantidad de Agua.....	24
2.4 Fuentes de Agua.....	28
2.5 Parámetros de Calidad de Agua	29
2.6 Mediciones	39
Capítulo 3: Mecánica de Fluidos y Bombas	
3.0 Mecánica de Fluidos	47
3.1 Pérdidas por Fricción	51
3.2 Pérdidas Dinámicas.....	56
3.3 Determinación del Flujo	65
3.4 Bombas y Bombeo	72
3.5 Bombas Elevadoras por Aire	80
Capítulo 4: Balance de Masas, Tasas de Carga y Crecimiento de Peces	
4.0 Introducción	87
4.1 Términos de Producción	95
4.2 Valores Límites de Calidad de Agua	95
4.3 Crecimiento de los Peces	103
4.4 Ejemplos de Diseño	107

Capítulo 5:	Unidades de Cultivo	
5.0	Introducción	117
5.1	Densidad de Cultivo.....	117
5.2	Ingeniería de Estanques de Cultivo.....	122
5.3	Estanques Circulares.....	123
5.4	Drenaje Doble Diseñado por Cornell.....	137
5.5	Raceways	143
5.6	Temas Sobre Capacidad de Carga	149
5.7	Temas de Manejo de Existencias.....	151
5.8	Temas de Escala.....	152
5.9	Mecanismos para el Retiro de Mortalidades.....	153
Capítulo 6:	Captura de Sólidos	
6.0	Generalidades.....	157
6.1	Balace de Sólidos.....	159
6.2	Parámetros Básicos de Diseño para Estanques Circulares...	161
6.3	Generación de Sólidos	162
6.4	Características Físicas de los SST.....	162
6.5	Mecanismos de Remoción	164
Capítulo 7:	Biofiltración	
7.0	Introducción	207
7.1	Nitrificación	207
7.2	Biofiltros	214
7.3	Consideraciones de Ingeniería	225
7.4	Biofiltro de Lecho Fluidizado de Arena.....	228
7.5	Biofiltro de Gránulos Flotantes.....	247
7.6	Ejemplo de Diseño de Filtro de Gránulos Flotantes	249
7.7	Ejemplo de Diseño de la Torre de Percolación.....	252
Capítulo 8:	Transferencia de Gases	
8.0	Introducción	259
8.1	Gas Disuelto: Fundamentos	260
8.2	Transferencia de Gases	268
8.3	Opciones de Transferencia de Gases.....	272
8.4	Desgasificando: Dióxido de Carbono	286
Capítulo 9:	Sistema de Monitoreo y Control	
9.0	Introducción	293
9.1	Parámetros de Monitoreo.....	294
9.2	Sensores de Monitoreo y Opciones de Equipamiento.....	299
9.3	Discadores Automáticos de Teléfono	303
9.4	Sistemas Basados en Computación.....	306
9.5	Diseño del Sistema y Mantención.....	309
9.6	Consejos para la Construcción.....	310

Capítulo 10: Manejo y Disposición de Residuos	
10.0	Introducción 313
10.1	Tópicos Sobre el Manejo de Residuos..... 314
10.2	Manejo de Residuos..... 319
10.3	Características de los Residuos 320
10.4	Visión General del Manejo de Residuos..... 322
10.5	Almacenaje, Espesamiento y Estabilización..... 322
10.6	Utilización / Disposición 328
Capítulo 11: Administración y Operaciones del Sistema	
11.0	Introducción 333
11.1	Sistemas de Respaldo..... 334
11.2	Instalaciones de Laboratorio 340
11.3	Instalaciones para Cuarentena..... 342
11.4	Gestión de Residuos..... 343
11.5	Almacenamiento: Alimentos y Sustancias Químicas 344
11.6	Manejo de los Productos Pesqueros..... 345
11.7	El Transporte de Peces Vivos 347
11.8	Depuración y Sabores Raros 365
11.9	Manipulación Post Cosecha..... 366
11.10	Almacenamiento del Alimento 367
11.11	Manipulación de los Peces..... 369
11.12	Mano de Obra 370
11.13	Acceso..... 371
11.14	Operaciones..... 372
11.15	Operaciones Misceláneas..... 380
11.16	Conservación de Registros y Mantenimiento 382
11.17	Como Recolectar, Analizar e Interpretar los Datos 387
11.18	Cuidado y Uso de Animales de Laboratorio 388
Capítulo 12: Ozonización e Irradiación UV	
12.0	Introducción 389
12.1	Irradiación UV 389
12.2	Ozonización 392
12.3	Factores que Influencian la Eficiencia en la Desinfección .. 403
12.4	Caracterización del Agua Residual de la Acuicultura 409
12.5	Inactivación de los Patógenos de Peces 409
12.6	Otros Métodos de Desinfección..... 416
12.7	Conclusiones 419
Capítulo 13: Manejo Sanitario de Peces	
13.0	Bioseguridad 421
13.1	Prácticas Para Reducir el Riesgo de Introducción de Patógenos 423
13.2	Prácticas para Reducir la Propagación de Patógenos..... 429

13.2	Reduciendo la Susceptibilidad a Infección y Enfermedades	432
13.4	Monitoreo y Vigilancia	433
13.5	Diagnóstico	437
13.6	Tratamiento	446
13.7	Quimioterapias de Acuicultura	450
13.8	Cálculos de Tratamientos.....	454
13.9	Servicios de Diagnóstico de Enfermedades de Peces	458
Capítulo 14: Diseño del Control Ambiental		
14.0	Introducción	461
14.1	Transferencia de Calor	461
14.2	Control de la Calidad del Aire	466
14.3	Consideraciones en la Construcción	470
Capítulo 15: Temas de Administración y Realidades Económicas		
15.0	Introducción	475
15.1	Historia del Caso de Fingerlakes Aquaculture.....	475
15.2	Lecciones Aprendidas	477
15.3	Opciones de Inversión.....	480
15.4	Selección de Especies	481
15.5	Efectos de Escala y Riesgo	482
15.6	Requerimientos de Personal.....	484
15.7	Costos Iniciales y Análisis Económico	486
15.8	Economía de los SRA	488
15.9	SRA para Tilapia, Lagunas de Catfish y Producción de Pollos Broiler	489
Capítulo 16: Nutrición y Alimento para Peces		
16.0	Introducción	497
16.1	Administración del Alimento.....	497
16.2	Selección del Alimento	499
16.3	Cumplimiento en el Crecimiento	499
16.4	Calidad del Alimento	502
16.5	Características Físicas	503
16.6	Formulación Práctica de Alimentos	505
16.7	Aspectos Importantes de los Alimentos para Acuicultura ..	511
16.8	Relaciones Fisiológicas.....	515
16.9	Química del Agua y Necesidades Dietéticas.....	516
16.10	Anatomía Funcional de la Digestión.....	520
16.11	Minerales.....	522
16.12	Vitaminas	526
16.13	Selección de Materias Primas	535
16.14	Digestibilidad de los Componentes en los Alimentos	543
16.15	Alimentos Pelletizados, Expandidos y Extruídos.....	548
16.16	Alimentos Flotantes	551
16.17	Resumen.....	552

Capítulo 17: Programas de Computación	
17.0 Visión General	553
17.1 Planillas Excel.....	555
17.2 Programas Basados en DOS	581
Capítulo 18: Acuaponía	
18.0 Introducción	617
18.1 Diseño del Sistema.....	619
18.2 Producción de Peces	623
18.3 Subsistemas Hidropónicos	636
18.4 Materiales de Construcción.....	640
18.5 Proporciones de Componentes.....	641
18.6 Requisitos para el Crecimiento Vegetal.....	644
18.7 Dinámica de Nutrientes.....	646
18.8 Vegetales Apropriados	650
18.9 Sistemas de Producción	651
18.10 Control de Enfermedades y Pestes.....	655
18.11 Rendimiento de los Vegetales.....	656
18.12 Perspectivas para el Futuro	657
Referencias Bibliográficas.....	659
Apéndice.....	695
Tablas	
A-1 Factores de Conversión para Términos Usados Comúnmente en Acuicultura.	697
A-2 Factores de Conversión Sanitarios.....	698
A-3 Lista Ampliada de Factores de Conversión	699
A-4 Propiedades Físicas del Agua	708
A-5 Porcentaje de Amoníaco Libre en Agua	709
A-6 Oxígeno Disuelto	710
A-7 Conversión de Dureza a otras Unidades de Medida	711
A-8 Presión Atmosférica Estándar a Diferentes Altitudes.....	711
A-9 Propiedades Complementarias de Alcalinidad	712
A-10 Tamaños de Orificio de la Serie U.S. de Malla por Número de Designación.....	713
A-11 Composición de Aire Seco.....	713
A-12 Solubilidad de los Cuatro Principales Gases del Agua.....	713
A-13 Promedios Mensuales Máximos y Mínimos de Temperaturas Exteriores	714
A-14 Resistencias Térmicas por Unidad de Superficie.....	715
A-15 Concentraciones Permisibles de Dióxido de Carbono.....	716
A-16 Propiedades Plásticas para Varios Tipos de Cañerías.....	717

xviii Tabla de Contenidos

A-17	Tamaño y Propiedades de Cañerías de PVC Cédula 40 y 80.....	718
A-18	Planilla de Roce y Pérdida de Carga para Cañerías de PVC cédula 40 (Schedule 40)	719
A-19	Planilla de Roce y Pérdida de Carga para Cañerías de PVC cédula 80 (Schedule 80)	720
A-20	Volúmenes de Estanques para Varias Alturas y Diámetros.....	721
A-21	Temperaturas Equivalentes entre grados Celsius y Fahrenheit.....	722
Glosario	723
	Cálculo de Volumen de Estanques Circulares	724
	Definición de Términos Usados en Acuicultura	725
	Procedimientos de Seguridad en Laboratorio	729
	Fuentes de Información para Acuicultura	735
Índice	741