GRUPO BLR

ACUICULTURA COSTERA: PRINCIPIOS Y PRÁCTICAS PARA EL CULTIVO DE PECES EN EL ORO, ECUADOR

ISBN: 978-9907-852-67-7

Jessica Gricelda Bazurto Espinoza

2026

ACUICULTURA COSTERA: PRINCIPIOS Y PRÁCTICAS PARA EL CULTIVO DE PECES EN EL ORO, ECUADOR

Jessica Gricelda Bazurto Espinoza

AUTOR



UTMACH

Este libro ha sido debidamente examinado y valorado en la modalidad doble par ciego con fin de garantizar la calidad científica.

©Grupo Editorial BLR
Universidad Técnica de Machala
Riobamba – Ecuador
Correo: publicaciones@grupoblr.com
https://grupoblr.com/libros-investigo
REPOSITORIO



Bazurto, J. (2026) Acuicultura costera: Principios y prácticas para el cultivo de peces en El Oro, Ecuador. Grupo Editorial BLR.

© Jessica Gricelda Bazurto Espinoza

Acuicultura costera: Principios y prácticas para el cultivo de peces en El Oro, Ecuador.

ISBN: 978-9907-852-67-7

El copyright promueve la libertad de expresión, protege la diversidad de ideas y conocimiento, además apoya la libre expresión. Se prohíbe de manera rigurosa la producción o el almacenamiento de esta publicación, ya sea en su totalidad o en parte, está estrictamente prohibido por ley, incluyendo el diseño de la portada, así como su difusión a través de cualquiera de sus medios, ya sean electrónicos, mecánicos, ópticos, de grabación o incluso de fotocopia, sin permiso de los propietarios de los derechos de autor.

FILIACIÓN DEL AUTOR

Jessica Gricelda Bazurto Espinoza
Universidad Técnica de Machala
Correo Electrónico: jbazurto1@utmachala.edu.ec
ORCID: https://orcid.org/0009-0002-8505-216X

PREFACIO

En El Oro, la acuicultura costera forma parte del empleo, del comercio y de la vida cotidiana de numerosas familias. Su influencia también se observa en la disponibilidad de alimentos y en la relación que mantienen las comunidades con estuarios, manglares y otras zonas de transición. Por eso, estudiar esta actividad exige considerar al mismo tiempo la producción, las condiciones sociales y el cuidado ambiental.

Esta obra nació de una necesidad concreta de la enseñanza universitaria: disponer de un material que conecte los fundamentos del cultivo de peces con las decisiones propias de los escenarios costeros. Sus diez capítulos recorren la biología de las especies, los sistemas de producción, la calidad del agua, la nutrición, la reproducción, la sanidad, la comercialización, la sostenibilidad y las innovaciones que modifican el trabajo acuícola.

El libro está dirigido a estudiantes, docentes y profesionales del sector. No sustituye la experiencia de campo ni los protocolos específicos de cada unidad productiva; ofrece criterios para interpretar problemas, comparar alternativas y justificar decisiones técnicas. Las preguntas, ejercicios y actividades de cierre responden a ese propósito.

Las figuras señaladas como ***Fuente: elaboración propia*** fueron preparadas expresamente para esta obra con fines pedagógicos y representan situaciones hipotéticas vinculadas con los contenidos tratados.

Con esta propuesta se busca apoyar la formación universitaria y aportar criterios para una acuicultura responsable en El Oro y en el resto del Ecuador.

ÍNDICE

PREFACIO **1**

ÍNDICE **3**

ÍNDICE DE TABLAS **18**

ÍNDICE DE FIGURAS **20**

CAPÍTULO I **22**

1 INTRODUCCIÓN A LA ACUICULTURA COSTERA **22**

1.1 Contexto global y nacional de la acuicultura 23

1.2 Concepto y alcance de la acuicultura costera 25

1.3 Importancia socioeconómica y ambiental 26

1.4 Acuicultura costera y seguridad alimentaria 28

1.4.1 Evolución de la actividad en la provincia de El Oro 29

1.5 Relación con los Objetivos de Desarrollo Sostenible 30

1.6 Marco normativo e institucional ecuatoriano 33

1.7 Enfoque territorial: la acuicultura costera en la provincia de El Oro 34

1.8 Estructura y organización del libro 35

1.9 Síntesis del capítulo 35

1.9.1 Recursos pedagógicos internos 36

1.9.2 Conceptos clave 37

1.9.3 Ejercicio breve 37

1.9.4 Resumen 37

1.10 Preguntas de reflexión 38

1.11 Actividad práctica 38

1.11.1 Autoevaluación breve 39

1.11.2 Sugerencias de lectura y tareas 39

CAPÍTULO II 40

2 FUNDAMENTOS BIOLÓGICOS DE PECES DE ZONA COSTERA 40

Objetivos de aprendizaje 40

Escenario motivador 40

Desarrollo Temático 42

2.1 Importancia de los fundamentos biológicos en la acuicultura costera 42

2.2 Clasificación y características generales de los peces de interés acuícola 43

2.3 Fisiología y adaptación al ambiente costero 43

2.4 Osmorregulación en peces marinos y estuarinos 44

2.5 Requerimientos ambientales básicos..... 44

2.6 Crecimiento y metabolismo 45

2.7 Comportamiento y bienestar animal 46

2.7.1 Taxonomía y diversidad de peces marinos 46

2.8 Especies de interés en la provincia de El Oro 50

2.9 Síntesis del capítulo 52

2.91. Recursos pedagógicos internos 53

2.9.1 Conceptos Clave..... 53

2.9.2 Ejercicio breve 53

2.10 Preguntas de reflexión..... 54

2.11 Actividad práctica 54

2.11.1 Autoevaluación breve..... 54

2.11.2 Sugerencias de lectura y tareas..... 54

CAPÍTULO III 56

3 SISTEMAS Y TECNOLOGÍAS DE CULTIVO..... 56

Objetivos de aprendizaje 56

Escenario motivador 56

Desarrollo Temático 58

3.1 Importancia de los sistemas de producción en la acuicultura costera 58

3.2 Clasificación de los sistemas de cultivo en acuicultura costera . 58

3.3 Sistemas extensivos..... 59

3.4 Sistemas semi-intensivos 59

3.5 Sistemas intensivos 60

3.6 Sistemas abiertos en ambientes costeros..... 60

3.7 Sistemas cerrados y de recirculación acuícola (RAS)..... 61

3.7.1 Estanques, jaulas flotantes y raceways..... 62

3.8 Tecnologías complementarias de producción 63

3.9 Acuicultura 4.0: sensores para vigilar oxígeno, temperatura y salinidad en tiempo real 64

3.10 Criterios técnicos para la selección del sistema 65

3.10.1 Enfoque territorial: sistemas utilizados en la provincia de El Oro 65

3.11 Síntesis del capítulo 66

3.11.1 Conceptos Clave 67

3.11.2 Ejercicio breve 67

3.12 Preguntas de reflexión 67

3.13 Actividad práctica 68

3.13.1 Autoevaluación breve 68

3.13.2 Sugerencias de lectura y tareas 68

CAPÍTULO IV 69

4 CALIDAD DEL AGUA EN LA ACUICULTURA COSTERA 69

Objetivos de aprendizaje 69

Escenario motivador 69

Desarrollo Temático 70

4.1 Importancia de la calidad del agua en la acuicultura costera 70

4.2 Parámetros físico-químicos esenciales 71

4.2.1 Oxígeno disuelto 71

4.2.2 Temperatura 71

4.2.3 Salinidad 72

4.2.4 pH…… 72

4.3 Parámetros químicos y nutrientes 73

4.3.1 Amonio 73

4.3.2 Nitritos.. 74

4.3.3 Nitratos 74

4.4 Parámetros biológicos de la calidad del agua 74

4.5 Floraciones algales nocivas (FAN) 74

4.6 Métodos de monitoreo de la calidad del agua 75

4.7 Estrategias de manejo y mejora de la calidad del agua 77

4.8 Enfoque territorial: calidad del agua en la provincia de El Oro. 79

4.9 Síntesis del capítulo 79

4.9.1 Conceptos clave 79

4.9.2 Ejercicio breve 80

4.9.3 Recurso visual sugerido 80

4.10 Preguntas de reflexión 83

4.11 Actividad práctica 83

4.11.1 Autoevaluación breve 83

4.11.2 Sugerencias de lectura y tareas 83

CAPÍTULO 5 85

5 NUTRICIÓN Y ALIMENTACIÓN DE PECES MARINOS 85

Objetivos de aprendizaje 85

Escenario motivador 85

5.1 Importancia de la nutrición en la acuicultura costera 86

5.2 Requerimientos nutricionales de los peces marinos 87

5.3 Proteínas, lípidos y carbohidratos en la dieta 88

5.4 Vitaminas y minerales 88

5.5 Ingredientes tradicionales y alternativos en la alimentación acuícola 89

5.6 Estrategias de alimentación y manejo del alimento 90

5.7 Probióticos y dietas funcionales en la nutrición acuícola 92

5.8 Innovaciones en nutrición acuícola 93

5.9 Enfoque territorial: nutrición de peces costeros en la provincia de El Oro 93

5.10 Síntesis del capítulo 94

5.10.1 Recursos Pedagógicos Internos 94

5.10.2 Conceptos clave 94

5.10.3 Ejercicio breve 95

5.11 Preguntas de reflexión 95

5.12 Actividad práctica 95

5.12.1 Autoevaluación breve 96

5.12.2 Sugerencias de lectura y tareas 96

CAPÍTULO VI 97

6 REPRODUCCIÓN Y CULTIVO DE ALEVINES 97

Objetivos de aprendizaje 97

Escenario motivador 97

Desarrollo Temático 98

6.1 Importancia de la reproducción en la acuicultura costera 98

6.2 Fisiología reproductiva de peces marinos 99

6.3 Técnicas de reproducción en cautiverio 100

6.4 Manejo y selección de reproductores 101

6.5 Larvicultura: manejo de larvas 102

6.6 Producción y manejo de alevines 104

6.7 Factores críticos de supervivencia en larvas y alevines 105

6.7.1 Retos para obtener semilla acuícola de calidad 105

6.8 Enfoque territorial: producción de alevines en la provincia de El Oro 106

6.8.1 Recursos pedagógicos internos 107

6.9 Síntesis del capítulo 107

6.9.1 Conceptos clave 108

6.9.2 Ejercicio breve 109

6.10 Preguntas de reflexión 109

6.11 Actividad práctica 109

6.11.1 Autoevaluación breve 110

6.11.2 Sugerencias de lectura y tareas 110

CAPÍTULO 7 111

7 SANIDAD Y BIOSEGURIDAD EN ACUICULTURA COSTERA 111

Objetivos de aprendizaje 111

Caso de bioseguridad 111

Desarrollo Temático 112

7.1 Importancia de la sanidad en la acuicultura costera 112

7.2 Principales enfermedades de los peces cultivados en ambientes costeros 113

7.3 Agentes patógenos: bacterias, virus y parásitos 116

7.4 Factores predisponentes a las enfermedades 116

7.4.1 Métodos de diagnóstico y prevención 117

7.5 Diagnóstico y monitoreo sanitario 117

7.6 Bioseguridad en sistemas de acuicultura costera 118

7.7 Uso responsable de medicamentos y alternativas sostenibles . 119

7.8 Alternativas sostenibles en sanidad acuícola 121

7.9 Enfoque territorial: sanidad acuícola en la provincia de El Oro……. 122

7.10 Síntesis del capítulo 122

7.10.1 Recursos pedagógicos internos..... 122

Agente patógeno 123

Ejemplo..... 123

Síntomas principales..... 123

Bacterias 123

Vibrio spp. 123

Úlceras, septicemia, mortalidad súbita. 123

Aeromonas spp. 123

Lesiones cutáneas, asociadas a aguas mal oxigenadas. 123

Parásitos 123

Cryptocaryon irritans 123

Manchas blancas en piel y branquias, irritación. 123

Neobenedenia spp. 123

Daño branquial, reducción de capacidad respiratoria. 123

Virus. 123

Nodavirus (NNV) 123

Necrosis viral nerviosa en larvas y juveniles. 123

7.11 Preguntas de reflexión 123

7.12 Actividad práctica 124

7.12.1 Autoevaluación breve 124

7.12.2 Sugerencias de lectura y tareas 124

CAPÍTULO 8 126

8 PRODUCCIÓN Y MANEJO COMERCIAL 126

Objetivos de aprendizaje 126

Escenario motivador 126

Desarrollo Temático 127

8.1 Importancia del manejo productivo y comercial..... 127

8.2 Planificación y organización de la producción 128

8.3 Organización y control del proceso productivo 129

8.4 Cosecha en sistemas de acuicultura costera 129

8.5 Manejo poscosecha y conservación del producto 130

8.6 Calidad del producto e inocuidad alimentaria..... 131

8.7 Comercialización de productos de la acuicultura costera 132

8.8 Costos de producción en la acuicultura costera 134

8.9 Rentabilidad y competitividad del sistema productivo 136

8.10 Enfoque territorial: producción y comercialización acuícola en la provincia de El Oro 136

8.11 Síntesis del capítulo 137

8.11.1 Recursos pedagógicos internos..... 137

8.12 Preguntas de reflexión..... 137

8.13 Actividad práctica 138

CAPÍTULO 9 139

9 SOSTENIBILIDAD Y MEDIO AMBIENTE EN LA ACUICULTURA COSTERA 139

Objetivos de aprendizaje 139

Escenario motivador 140

Desarrollo Temático 141

9.2 Importancia de la sostenibilidad en la acuicultura costera 141

9.3 Principales impactos ambientales de la acuicultura costera 142

9.4 Enfoque ecosistémico de la acuicultura 143

9.5 Buenas prácticas ambientales en la acuicultura costera 144

9.5.1 Estrategias de mitigación y manejo ambiental 144

9.5.2 Certificaciones ambientales y de sostenibilidad 145

9.6 Acuicultura multitrófica integrada 146

9.7 Economía circular aplicada a la acuicultura costera 147

9.7.1 Aporte de la acuicultura a la seguridad alimentaria 147

9.8 Cambio climático y acuicultura costera 148

9.9 Enfoque territorial: sostenibilidad acuícola en la provincia de El Oro 148

9.10 Síntesis del capítulo 149

9.10.1 Recursos pedagógicos internos 149

9.11 Preguntas de reflexión 150

9.12 Actividad práctica 150

9.12.1 Autoevaluación breve 151

9.12.2 Sugerencias de lectura y tareas 151

CAPÍTULO 10 152

10 INNOVACIONES Y TENDENCIAS FUTURAS EN LA ACUICULTURA COSTERA 152

Objetivos de aprendizaje 152

Escenario motivador 152

Desarrollo Temático 153

10.1 Importancia de la innovación en la acuicultura costera 153

10.2 Acuicultura 4.0 y digitalización del sector 154

10.3 Innovaciones tecnológicas en sistemas de cultivo 156

10.4 Innovación en nutrición acuícola 157

10.5 Innovaciones en sanidad y bioseguridad 158

10.5.1 Especies alternativas para el cultivo acuícola en Ecuador 158

10.6 Investigación, desarrollo e innovación (I+D+i) 159

10.7 Enfoque territorial: innovación acuícola en la provincia de El Oro… 159

10.7.1 Retos:..... 160

10.7.2 Oportunidades: 161

10.8 Síntesis del capítulo 161

10.8.1 Conceptos clave..... 162

10.8.2 Ejercicio breve..... 162

10.9 Preguntas de reflexión..... 162

10.10 Actividad práctica 163

10.10.1 Autoevaluación breve..... 163

10.10.2 Sugerencias de lectura y tareas..... 163

10.10.3 ANEXO 1. Protocolo diario de alimentación (jaulas flotantes) 164

BIBLIOGRAFÍA 173

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Beneficios y riesgos de la acuicultura costera en Ecuador. 36

Tabla 2. Especies de peces costeros con potencial acuícola en Ecuador. 53

Tabla 3. Comparación de sistemas de cultivo de peces. 66

Tabla 4. Rangos óptimos de calidad del agua para peces cultivados en acuicultura costera. 73

Tabla 5. Parámetros recomendados de calidad del agua en acuicultura costera. 76

Tabla 6. Métodos de monitoreo de la calidad del agua según tipo de sistema de cultivo. 77

Tabla 7. Comparación de fuentes proteicas en dietas de peces. 94

Tabla 8. Etapas larvarias de peces costeros y consideraciones de manejo. 104

Tabla 9. Fases de desarrollo en el cultivo de peces marinos. 107

Tabla 10. Principales enfermedades en peces cultivados en acuicultura costera, signos clínicos y medidas preventivas 115

Tabla 11. Principales agentes patógenos en peces marinos. 123

Tabla 12. Planificación básica de un ciclo productivo en acuicultura costera (ejemplo: corvina en jaulas flotantes). 129

Tabla 13. Factores que determinan la calidad del pescado en poscosecha. Fuente: elaboración propia con base en FAO (2022). 130

Tabla 14. Comparación de canales de comercialización. 133

Tabla 15. Beneficios de la asociatividad en acuicultura. 135

Tabla 16. Principales impactos ambientales de la acuicultura costera y medidas de mitigación. 143

Tabla 17. Principales certificaciones en acuicultura. 145

Tabla 18. Tecnologías digitales aplicadas a la acuicultura. 156

Tabla 19. Especies emergentes con potencial acuícola en Ecuador. 159

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ilustración digital de pescadores artesanales. 23
Figura 2. Escenario hipotético de jaulas flotantes para el cultivo de robalo en la Bahía de Jambelí. 41
Figura 3. Ilustración digital de ejemplos relevantes de diversidad de peces marinos. 47
Figura 4. Anatomía interna de un pez. 48
Figura 5. EcologíaVerde, "Ciclo de vida de los peces". 49
Figura 6. Tilapia (Oreochromis spp.). 51
Figura 7. Especies Emergentes. 52
Figura 8. Especies alternativas. 52
Figura 9. Escenario hipotético de jaulas flotantes para el cultivo de robalo en la Bahía de Jambelí. 57
Figura 10. Mapa conceptual de los sistemas de cultivo de peces en Ecuador. 61
Figura 11. Escenario hipotético de jaulas flotantes para pargo, en Puerto Bolívar. 62
Figura 12. Estanques, jaulas flotantes y raceways. 63
Figura 13. Representación esquemática de tecnologías emergentes. 65
Figura 14. Peces boqueando en superficie ante un evento de hipoxia (imagen simulada). 70
Figura 16. Imagen ilustrativa de proyecto piloto. 78
Figura 17. Imagen ilustrativa de alimentación de corvinas. 86
Figura 18. Ilustración digital de estrategias de alimentación y manejo del alimento. 91

Figura 20. Ilustración digital de producción de alevines de corvina. 98
Figura 21. Ilustración digital de actividad reproductiva. 100
Figura 22. Microalga Nannochloropsis oculata utilizada en larvicultura marina. 103
Figura 23. Ilustración digital de retos en la etapa larval en el cultivo de pargo. 106
Figura 24. Principales enfermedades que afectan a peces marinos en cultivo. 114
Figura 25. Representación esquemática de protocolos de bioseguridad en la acuicultura. 121
Figura 26. Cosecha de peces en jaula flotante con personal utilizando redes y equipos de protección. 127
Figura 27. Transporte de pescado en cadena de frío. Fuente: elaboración propia. 131
Figura 28. Ruta comercial de peces marinos desde granja hasta mercado internacional. 133
Figura 29. Reunión de pequeños acuicultores planificando estrategias de mercado. 135
Figura 30. Ilustración digital de Vista de jaulas flotantes con monitoreo ambiental en estuario costero. 141
Figura 31. Jaula marina con sensores y sistema automático de alimentación conectado a red digital. 153
Figura 32. Infografía comparativa: Acuicultura actual vs. Acuicultura 4.0. 155
Figura 33. Dron sobrevolando una granja acuícola costera. 157

CAPÍTULO I

1 INTRODUCCIÓN A LA ACUICULTURA COSTERA

En la propuesta de transformación azul, la FAO plantea que el crecimiento de la acuicultura debe acompañarse de sostenibilidad ambiental, inclusión y cadenas de valor que distribuyan sus beneficios de manera equitativa (FAO, 2022).

Objetivos de aprendizaje

- Analizar la importancia productiva, social y ambiental de la acuicultura costera.
- Examinar la función que cumple la provincia de El Oro en el desarrollo de la acuicultura ecuatoriana.
- Identificar los principales desafíos y oportunidades de la acuicultura en contextos locales y globales.

Escenario motivador

En El Oro, la economía de varias localidades costeras se relaciona con la pesca, el cultivo de camarón y los servicios que acompañan estas actividades. La posibilidad de diversificar con peces marinos y estuarinos abre nuevas preguntas sobre empleo, uso del espacio costero y conservación de estuarios y manglares. Este escenario territorial sirve como punto de partida para el capítulo.



Figura 1. Ilustración digital de pescadores artesanales.

Fuente: elaboración propia.

Sin embargo, las preguntas que guían este capítulo son:

- ¿Cómo se puede lograr que la acuicultura no degrade el ecosistema marino-costero?
- ¿Qué beneficios reales genera para las familias que dependen de esta actividad?
- ¿Qué desafíos existen para que se convierta en un modelo de desarrollo sostenible a largo plazo?

Desarrollo Temático

1.1 Contexto global y nacional de la acuicultura

Durante las últimas décadas, la participación de la acuicultura en la oferta mundial de alimentos acuáticos ha aumentado de manera

sostenida. La FAO documenta este cambio junto con el estancamiento relativo de muchas pesquerías de captura y el crecimiento de la demanda de alimentos de origen acuático (FAO, 2022). Más que un reemplazo automático de la pesca, este proceso muestra que ambos sectores deben gestionarse de forma complementaria.

El aumento de la producción acuícola no tiene una sola causa. Mientras crece la demanda mundial de alimentos ricos en proteína, muchas pesquerías muestran señales de sobreexplotación. Ante esa combinación, el cultivo de organismos acuáticos ofrece una vía para ampliar el abastecimiento sin trasladar toda la presión a las poblaciones silvestres.

El desarrollo acuícola latinoamericano ha seguido trayectorias distintas. Chile, Brasil, México y Ecuador, por ejemplo, se especializaron en especies y sistemas productivos diferentes. Pese a esas diferencias, los cuatro países incorporaron la actividad a sus políticas productivas por su capacidad para generar empleo, movilizar servicios locales y aportar alimentos.

En Ecuador, el desarrollo acuícola se ha concentrado históricamente en el camarón. La experiencia acumulada en infraestructura, manejo y comercialización constituye una base técnica importante; sin embargo, la maricultura de peces, moluscos y macroalgas todavía presenta un desarrollo limitado. El diagnóstico nacional de Jiménez Velastegui y Torres (2023) identifica oportunidades de diversificación, pero también señala necesidades de investigación, semilla, tecnología y ordenamiento.

1.2 Concepto y alcance de la acuicultura costera

La expresión acuicultura costera reúne los cultivos realizados en el mar, los estuarios y las franjas donde se mezclan aguas continentales y marinas. Allí, el productor trabaja con mareas, cambios de salinidad y una interacción permanente con el ecosistema circundante; no se trata, por tanto, de un estanque aislado de su entorno.

Frente a los sistemas continentales, los cultivos costeros exigen mayor atención a la salinidad, la renovación del agua, la bioseguridad y los posibles efectos sobre hábitats vecinos. Al mismo tiempo, disponen de una diversidad amplia de especies y pueden ubicarse cerca de rutas comerciales y centros de consumo. La ventaja productiva depende de cómo se manejen esos riesgos.

Para analizar la acuicultura costera conviene verla como un sistema y no como una suma de tareas aisladas. La respuesta de los peces, la tecnología disponible, las condiciones del entorno, los costos y la relación con las comunidades se influyen entre sí; la viabilidad del cultivo depende del equilibrio entre esos componentes.

Dato para análisis: la producción acuícola ecuatoriana está fuertemente concentrada en el camarón. Por ello, la diversificación hacia otras especies debe evaluarse no solo por su posibilidad biológica de cultivo, sino también por la disponibilidad de semilla, la infraestructura, el mercado y la normativa aplicable (Jiménez Velastegui & Torres, 2023).

1.3 Importancia socioeconómica y ambiental

En muchas localidades costeras, una unidad acuícola mueve más actividades que el cultivo mismo: demanda alimento, hielo, transporte, mantenimiento y mano de obra. Ese encadenamiento puede crear ingresos en zonas con pocas alternativas laborales. El beneficio, sin embargo, depende de condiciones de trabajo adecuadas y de una distribución razonable del valor generado.

La franja estuarina de El Oro ofrece oportunidades para complementar la pesca artesanal y otras actividades rurales con el cultivo de peces. La opción resulta especialmente pertinente para asociaciones y emprendimientos pequeños, pero requiere asistencia técnica, acceso a semilla y una evaluación previa del sitio. La sola disponibilidad de agua no asegura la viabilidad del proyecto.

Una producción planificada puede disminuir parte de la presión que recae sobre las poblaciones silvestres. Ese posible beneficio no elimina los riesgos: un manejo deficiente favorece la eutrofización, el escape de organismos, la propagación de patógenos y el deterioro de hábitats sensibles. Por ello, cada proyecto necesita límites de carga, seguimiento de efluentes y medidas de prevención acordes con el lugar.

a. Dimensión económica

El camarón se mantiene entre los principales productos de exportación no petrolera del Ecuador. Esa especialización genera experiencia y encadenamientos productivos, pero también evidencia la conveniencia de estudiar alternativas que distribuyan el riesgo. Los peces marinos y

de agua salobre pueden formar parte de esa diversificación si demuestran viabilidad técnica y comercial.

b. Dimensión social

La acuicultura ofrece empleo directo en actividades como:

- Manejo de estanques y jaulas flotantes.
- Procesamiento y empaque del producto.
- Comercialización y transporte.

En las comunidades litorales, la acuicultura también fomenta el **emprendimiento local**, pues muchas familias logran insertarse en cadenas de valor como proveedores de insumos, alimentos balanceados, hielo y servicios logísticos.

La relación con los Objetivos de Desarrollo Sostenible se aprecia, sobre todo, en el ODS 2 (Hambre Cero) y el ODS 14 (Vida Submarina). El aporte de pescado puede ampliar la disponibilidad de alimentos nutritivos, siempre que la producción sea accesible para la población y se mantenga dentro de límites ambientales aceptables.

c. Dimensión ambiental

El efecto ambiental de un cultivo depende del sitio, la densidad, el alimento, el intercambio de agua y el manejo de los residuos. La acumulación de nutrientes, la alteración de hábitats y la dispersión de patógenos son riesgos que deben prevenirse desde el diseño del proyecto. Las mejoras de eficiencia y de manejo pueden reducir la

presión sobre agua, alimento y energía, pero su resultado debe comprobarse mediante seguimiento ambiental (Boyd et al., 2007; Boyd et al., 2020).

Las prácticas responsables también inciden en la forma en que se usan el agua, el alimento y el espacio costero. Cuando estos recursos se manejan con criterios preventivos, disminuye la presión ambiental y aumenta la capacidad del sistema para responder a cambios del clima. Ese vínculo explica por qué la sostenibilidad debe incorporarse desde el diseño del cultivo.

1.4 Acuicultura costera y seguridad alimentaria

Existe seguridad alimentaria cuando las personas pueden obtener, de manera estable, alimentos suficientes, inocuos y nutritivos. La acuicultura costera interviene en esa ecuación por dos vías: aporta productos de origen acuático y genera ingresos que facilitan la compra de otros alimentos. Su contribución real depende de que la producción sea accesible y no se destine exclusivamente a mercados externos.

El cultivo programado de peces ayuda a diversificar la oferta y a disminuir la dependencia exclusiva de las capturas. También hace posible organizar cosechas en distintos momentos del año. Esa previsibilidad cobra importancia cuando las poblaciones silvestres disminuyen o cuando el clima altera las temporadas de pesca.

El pescado aporta proteínas de buena calidad, ácidos grasos, vitaminas y minerales. Estos nutrientes pueden mejorar la dieta, en especial cuando el producto llega fresco y a un precio razonable. Conviene evitar,

sin embargo, afirmaciones generales sobre sus efectos en la salud: la calidad nutricional final también cambia con la especie, el alimento suministrado y el método de preparación.

Para Ecuador, la cercanía entre centros de cultivo y poblaciones costeras puede reducir tiempos de transporte y pérdidas después de la cosecha. El ingreso generado por el cultivo también mejora la capacidad de compra de las familias. Ambos efectos fortalecen la seguridad alimentaria, aunque solo se mantienen cuando existen mercados estables, manejo higiénico y una producción ambientalmente responsable.

En El Oro, diversificar con peces marinos y estuarinos podría ampliar la producción local de alimentos y disminuir la dependencia de una sola especie comercial. Para que esa opción sea duradera, el diseño del cultivo debe considerar la dinámica de los estuarios, la capacidad de carga y los usos que otras comunidades hacen del agua y del manglar.

La acuicultura costera es, a la vez, una actividad productiva y una pieza de los sistemas alimentarios locales. Evaluarla únicamente por el volumen cosechado deja fuera el acceso a los alimentos, la estabilidad del empleo y el estado del ecosistema. Esas tres dimensiones deben examinarse juntas.

1.4.1 Evolución de la actividad en la provincia de El Oro

Para fines didácticos, la evolución de la actividad acuícola en El Oro puede organizarse en tres momentos generales:

1. **Fase pionera (años 70-80):** el cultivo extensivo de camarón se expandió en esteros.

2. **Fase de consolidación (años 90-2000):** se incorporaron sistemas semi-intensivos e intensivos, junto con avances en nutrición, genética y sanidad.

3. **Fase de diversificación (desde 2010):** comenzaron los ensayos con corvina, pargo, tilapia roja y macroalgas destinadas a usos alimenticios e industriales.

Caso didáctico: considere una asociación de pescadores artesanales de Puerto Jelí que evalúa instalar un módulo piloto de peces en jaulas como complemento de sus ingresos. Antes de invertir, el grupo debería analizar disponibilidad de semilla, calidad del agua, permisos, costos, mercado y posibles conflictos por el uso del espacio.

1.5 Relación con los Objetivos de Desarrollo Sostenible

La acuicultura costera guarda relación con varios Objetivos de Desarrollo Sostenible, entre ellos el ODS 2 (Hambre Cero), el ODS 8 (Trabajo decente y crecimiento económico) y el ODS 14 (Vida submarina). Su aporte no es automático: depende de cómo se produzca, de quiénes participan en la cadena y de los efectos que el cultivo genere sobre el entorno.

Cuadro 1.1

Relación entre la acuicultura costera y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)

ODS 2. Hambre Cero

En cuanto mayor sea la oferta de productos acuáticos puede fortalecer la seguridad alimentaria, pero depende de su precio, destino y disponibilidad local. Los cultivos debidamente planificados logran complementar las capturas y ofrecen la posibilidad de programar cosechas tanto en comunidades costeras y rurales, esa regularidad puede ampliar el acceso a pescado fresco y nutritivo.

ODS 8. Trabajo decente y crecimiento económico

El empleo asociado a la acuicultura no termina en la granja, sino también se involucra el procesamiento, transporte, comercialización, mantenimiento y provisión de insumos; Este encadenamiento puede dinamizar la economía regional, aunque sus beneficios deben evaluarse junto con la calidad del empleo y el uso responsable de los recursos.

ODS 12. Producción y consumo responsables

En el ODS 12, se refiere al uso de insumos, la generación de residuos y la trazabilidad, en una granja se puede mejorar su desempeño si registra lo que consume, identifica dónde se producen pérdidas y corrige prácticas que generan residuos innecesarios, sin embargo, del lado del consumidor, la información sobre origen y manejo puede ayudar a diferenciar productos obtenidos bajo criterios verificables.

ODS 14. Vida submarina

Al reducir la presión sobre las poblaciones de peces silvestres, la producción acuícola sostenible en zonas costeras ayuda a la

conservación de los ecosistemas marinos y costeros. Y la aplicación de enfoques ecosistémicos, el manejo adecuado de efluentes y la adopción de prácticas como la acuicultura multitrófica integrada hacen posible minimizar los impactos ambientales y favorecer el uso sostenible de los recursos marinos.

Por lo tanto, estos objetivos muestran que el crecimiento del sector no debería medirse solo por toneladas producidas, sino también interesa la calidad del empleo, la distribución de los beneficios y el estado de los ecosistemas que sostienen la actividad.

El presente libro tiene como objetivo proporcionar una base teórica y práctica sobre la producción acuícola en zonas costeras, con énfasis en la cría de peces en la provincia de El Oro, Ecuador, y está dirigido a estudiantes universitarios, docentes, técnicos y productores interesados en el desarrollo de sistemas acuícolas sostenibles. Los capítulos recorren los fundamentos biológicos, tecnológicos, sanitarios, ambientales y económicos del cultivo costero, cada tema se acompaña de preguntas, ejemplos y actividades que buscan relacionar los conceptos con decisiones que pueden presentarse en una unidad productiva.

Los objetivos de la producción acuícola en zonas costeras pueden resumirse en tres dimensiones:

- **Dimensión económica:** generar ingresos sostenibles. **Ejemplo en Ecuador:** exportación de camarón y diversificación con peces.

- **Dimensión social:** crear empleo y mejorar la calidad de vida. **Ejemplo en Ecuador:** mano de obra en comunidades costeras.

- **Dimensión ambiental:** conservar ecosistemas y reducir impactos. **Ejemplo en Ecuador:** manejo responsable del agua y de los manglares.

Desafíos actuales:

- Reducción del uso indiscriminado de antibióticos.

- Seguimiento continuo de la calidad del agua.

- Respuesta ante el cambio climático y las variaciones de temperatura y salinidad.

- Inclusión de las comunidades locales en la gestión y en los procesos productivos.

1.6 Marco normativo e institucional ecuatoriano

En la zona costera, la actividad acuícola ecuatoriana se desarrolla dentro de un marco normativo orientado a garantizar la sostenibilidad ambiental, la sanidad de los cultivos y la legalidad de las actividades productivas, entre las principales instituciones vinculadas con la regulación y gestión del sector se encuentran el Ministerio de Producción, Comercio Exterior, Inversiones y Pesca (MPCEIP) y el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), de acuerdo con sus respectivas competencias.

La Ley Orgánica para el Desarrollo de la Acuicultura y Pesca establece las disposiciones legales para fomentar, regular y controlar las actividades acuícolas y pesqueras en el país, en marco de la ley se suman regulaciones relacionadas con la bioseguridad, el aprovechamiento responsable de los recursos hídricos y la conservación de los ecosistemas costeros.

A escala provincial, la coordinación entre gobiernos locales, academia y productores puede mejorar la planificación de los proyectos; Esa cooperación es especialmente útil cuando se requiere combinar información ambiental, capacidad técnica, costos y necesidades del territorio antes de decidir dónde y cómo producir.

1.7 Enfoque territorial: la acuicultura costera en la provincia de El Oro

La provincia de El Oro posee condiciones naturales favorables para el desarrollo de la acuicultura costera. La presencia de estuarios, manglares, zonas de bahía y temperaturas del agua relativamente estables durante buena parte del año ofrece oportunidades para el cultivo de especies acuáticas de interés comercial.

Estas características permiten considerar diferentes alternativas productivas, especialmente aquellas vinculadas con especies adaptadas a ambientes estuarinos y marinos. Sin embargo, el aprovechamiento de este potencial requiere una planificación adecuada, sustentada en estudios técnicos, ambientales y económicos que permitan determinar la viabilidad de cada sistema de cultivo. Además de las condiciones naturales, el desarrollo del sector depende de la disponibilidad de

personal capacitado, la transferencia de conocimientos y tecnologías, el acceso a financiamiento y la vinculación entre productores, instituciones públicas y centros académicos, y estos elementos pueden contribuir al fortalecimiento de una acuicultura regional más eficiente, responsable y adaptada a las características propias de El Oro.

1.8 Estructura y organización del libro

El presente libro se creó desde una perspectiva pedagógica que integra contenidos teóricos y prácticos con el propósito de facilitar un aprendizaje progresivo de la acuicultura costera. Todos los capítulos presentan conceptos fundamentales, ejemplos relacionados con la actividad productiva, preguntas de reflexión y actividades prácticas orientadas a aplicar los conocimientos adquiridos y la secuencia de los contenidos permite avanzar desde los fundamentos generales de la acuicultura hasta aspectos relacionados con el manejo de los cultivos, las condiciones ambientales, los sistemas productivos y los principales retos de la actividad acuícola costera.

1.9 Síntesis del capítulo

En este capítulo se presentó una visión general de la acuicultura costera desde los contextos mundial, ecuatoriano y provincial, con especial atención a la realidad de El Oro. Se analizaron aspectos relacionados con la producción, la seguridad alimentaria, el marco normativo y la interacción de la actividad acuícola con los ecosistemas costeros. Estos componentes se encuentran estrechamente relacionados y deben ser considerados de manera conjunta al momento de planificar y manejar un sistema de producción acuícola. Esta perspectiva servirá como base

para comprender los aspectos biológicos, ambientales y técnicos que se desarrollarán en los capítulos siguientes.

1.9.1 Recursos pedagógicos internos

- **Concepto clave:** En acuicultura, la sostenibilidad implica mantener un equilibrio entre la productividad, el uso responsable de los recursos naturales, la protección ambiental y el bienestar de las comunidades relacionadas con la actividad.

- **Punto de discusión:** El crecimiento de la acuicultura requiere límites ambientales verificables y una planificación que considere a los demás usuarios del espacio costero. ¿Qué indicadores permitirían demostrar que un aumento de producción sigue siendo compatible con la capacidad del ecosistema? (FAO, 2022).

- **Pequeño ejercicio:** Identifique tres especies de peces con potencial de cultivo en su provincia. Para cada una, describa brevemente sus principales ventajas productivas y las posibles limitaciones para su comercialización en el mercado local.

- **Esquema propuesto (mapa conceptual):** Acuicultura costera → Valor económico → Seguridad alimentaria → Innovación tecnológica → Sostenibilidad → Retos ambientales.

Tabla 1. Beneficios y riesgos de la acuicultura costera en Ecuador.

Aspecto	Beneficio	Riesgo asociado
Economía	Generación de divisas por exportaciones	Dependencia de pocos mercados

Social	Creación de empleos y emprendimientos	Precarización laboral en algunos casos
Ambiental	Posibilidad de producción sostenible	Degradación de manglares y contaminación

1.9.2 Conceptos clave

- Seguridad alimentaria: acceso estable a alimentos nutritivos y suficientes.
- Bioseguridad: medidas preventivas destinadas a limitar la entrada y la propagación de enfermedades en los cultivos de peces.
- Diversificación acuícola: incorporación de otras especies al cultivo para distribuir y reducir los riesgos productivos.

1.9.3 Ejercicio breve

- Desde una mirada territorial, señale una comunidad costera de su provincia y describa cómo la acuicultura ha impactado su economía, sociedad y ambiente.

1.9.4 Resumen

En Ecuador, y particularmente en la provincia de El Oro, la acuicultura costera constituye una actividad de importancia estratégica. Su desarrollo ha evolucionado desde sistemas productivos concentrados principalmente en el cultivo extensivo de camarón hacia nuevas alternativas, entre ellas la crianza de peces marinos y estuarinos con potencial comercial. Esta diversificación puede generar nuevas fuentes de ingresos, empleo y oportunidades para las comunidades costeras. Sin

embargo, su crecimiento requiere una planificación adecuada que considere la sostenibilidad de los sistemas productivos, el uso responsable de los recursos naturales y la prevención de los posibles impactos ambientales asociados con la actividad acuícola.

1.10 Preguntas de reflexión

1. ¿Como ha sido la evolución de las principales etapas históricas de la actividad acuícola en la provincia de El Oro?
2. ¿Qué impactos ambientales, sociales y económicos puede generar la producción acuícola en las zonas costeras?
3. ¿Qué desafíos plantea el cambio climático para el cultivo de peces marinos y estuarinos?
4. ¿Cuáles son las principales diferencias entre la acuicultura desarrollada en zonas costeras y la acuicultura continental?
5. ¿Qué oportunidades y desafíos presenta actualmente la acuicultura de peces en la provincia de El Oro?
6. ¿De qué manera puede contribuir la acuicultura costera al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible?

1.11 Actividad práctica

Análisis del potencial acuícola de la localidad y realice un breve análisis sobre el potencial de la acuicultura costera en su localidad o provincia. Para ello, considere las condiciones ambientales disponibles, las posibles especies de cultivo, las oportunidades económicas y productivas, así como los principales aspectos sociales que podrían favorecer o limitar el desarrollo de esta actividad.

Al finalizar, identifique al menos dos oportunidades y dos desafíos para el desarrollo sostenible de la acuicultura costera en el territorio analizado.

1.11.1 Autoevaluación breve

1. La acuicultura costera en Ecuador comenzó con el cultivo de peces marinos. (F)

2. La diversificación acuícola busca reducir la dependencia de un solo producto. (V)

3. El impacto ambiental es inexistente si se aplican sistemas intensivos. (F)

1.11.2 Sugerencias de lectura y tareas

- FAO. (2022). El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2022: Hacia la transformación azul.

- Por favor, revisar los proyectos de innovación acuícola en la UTMACH y preparar un resumen de objetivos y próximos pasos.

- Realizar una entrevista a un acuicultor local y elaborar un informe de dos páginas sobre sus prácticas de producción.

CAPÍTULO II

2 FUNDAMENTOS BIOLÓGICOS DE PECES DE ZONA COSTERA

Una misma condición de cultivo no produce la misma respuesta en todas las especies. Diferencias en fisiología, alimentación y tolerancia ambiental explican por qué un manejo adecuado para un pez puede ser ineficiente para otro. Esta relación entre biología y decisiones de cultivo es uno de los puntos de partida de la acuicultura sostenible (Boyd et al., 2020).

Objetivos de aprendizaje

- Identificar cuáles son las principales especies de peces de interés acuícola en la zona costera del Ecuador.
- Entender la anatomía y fisiología básica de los peces marinos.
- Analizar el ciclo de vida de especies costeras y sus adaptaciones al ambiente.
- Reflexionar sobre la importancia de la biodiversidad marina y su relación con el cultivo de peces.

Escenario motivador

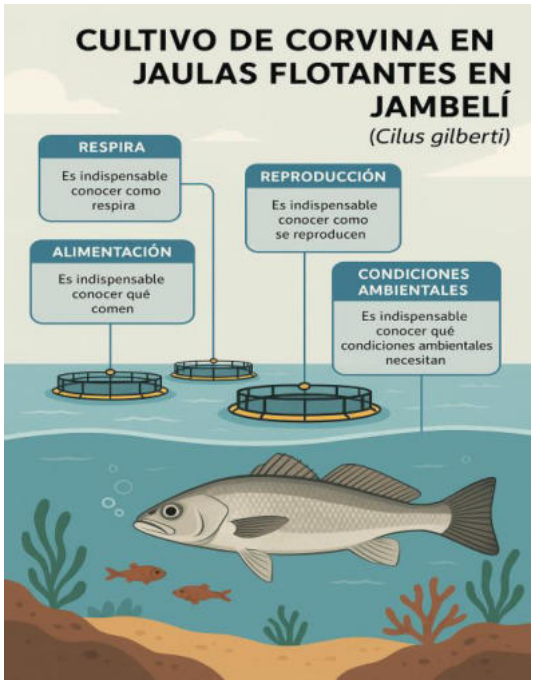

Figura 2. Escenario hipotético de jaulas flotantes para el cultivo de robalo en la Bahía de Jambelí.

Fuente: Elaboración propia.

Imagine que está participando en un proyecto piloto de cultivo de corvina **(*Cilus gilberti*)** en jaulas flotantes frente a Jambelí. Antes de definir densidad, alimentación o frecuencia de manejo, el equipo necesita responder preguntas básicas sobre respiración, osmorregulación, reproducción, dieta y tolerancia ambiental. La viabilidad del sistema depende de que esas decisiones se ajusten a la especie y a su etapa de desarrollo.

El capítulo se organiza alrededor de estas preguntas:

- ¿Qué rasgos biológicos hacen que una especie resulte adecuada para la acuicultura?
- ¿De qué manera influyen la fisiología y el ciclo de vida en el manejo técnico del cultivo?
- ¿Qué especies costeras muestran mejor potencial en el contexto ecuatoriano?

Desarrollo Temático

2.1 Importancia de los fundamentos biológicos en la acuicultura costera

En cuanto al manejo solo es técnicamente defendible cuando considera la biología de la especie. Fisiología, ecología y comportamiento explican por qué dos peces responden de forma distinta a una misma dieta o a un cambio en el agua. En sistemas costeros, donde la salinidad y la temperatura pueden variar con rapidez, este conocimiento ayuda a anticipar estrés, mortalidad y pérdidas de crecimiento (Helfman et al., 2009; Jobling, 2016).

La tolerancia a la salinidad, la temperatura y la calidad del agua no es igual en todas las especies ni en todas las etapas de vida, también cambia la respuesta frente al manejo y la alimentación. Por esa razón, la tecnología del sistema debe ajustarse a criterios biológicos, y no al contrario (FAO, 2022).

2.2 Clasificación y características generales de los peces de interés acuícola

La mayor parte de los peces considerados para cultivo costero corresponde a peces óseos, un grupo con amplia diversidad de formas y respuestas fisiológicas y, para fines de manejo resulta útil distinguir especies marinas, estuarinas y eurihalinas, especialmente por la relación que mantienen con la salinidad y el tipo de hábitat.

Para el cultivo costero interesa, entre otros rasgos, la amplitud del intervalo de salinidad que una especie puede tolerar sin comprometer su crecimiento, tanto como corvinas, robalos y lisas incluyen especies capaces de utilizar ambientes marinos o estuarinos; esa tolerancia ofrece flexibilidad de manejo, aunque no elimina la necesidad de aclimatación ni de conocer los límites propios de cada especie.

2.3 Fisiología y adaptación al ambiente costero

Cuando cambia la salinidad, el pez debe conservar la concentración interna de agua y sales dentro de límites compatibles con el funcionamiento celular, este ajuste involucra principalmente branquias, riñones y tracto digestivo, órganos que modifican el transporte de iones y agua de acuerdo con el medio (Evans et al., 2005).

En agua de mar, el gradiente osmótico favorece la pérdida de agua corporal y la entrada de sales; en medios menos salinos, la dirección del intercambio cambia. Las especies como eurihalinas pueden modificar sus mecanismos de regulación cuando pasan de un ambiente a otro, pero

esa transición implica un costo energético y debe realizarse sin cambios bruscos (Evans et al., 2005).

La temperatura modifica el metabolismo y, por extensión, el apetito, el crecimiento y la eficiencia con la que se utiliza el alimento, y en la costa ecuatoriana estas variables deben seguirse de forma local, porque una aparente estabilidad térmica anual no elimina las variaciones diarias, estacionales o asociadas a eventos oceanográficos.

2.4 Osmorregulación en peces marinos y estuarinos

El problema osmorregulatorio puede entenderse como un balance continuo: el pez gana y pierde agua e iones al mismo tiempo que intenta mantener estable su medio interno. En la acuicultura, la importancia práctica de este proceso aparece durante la aclimatación, los cambios de marea y los episodios de lluvia que modifican la salinidad del sistema.

Un pez marino compensa la pérdida de agua bebiendo y eliminando el exceso de sales, mientras que en medios de menor salinidad debe limitar la entrada de agua y conservar iones. Un ejemplo claro, son las especies eurihalinas que se ajustan estos procesos a lo largo de un intervalo más amplio, característica que explica su presencia frecuente en estuarios.

2.5 Requerimientos ambientales básicos

Antes de fijar una densidad de siembra conviene conocer el intervalo ambiental que la especie puede tolerar durante periodos prolongados. Los parámetros como: Oxígeno disuelto, temperatura, salinidad, pH y compuestos nitrogenados actúan de manera conjunta; un valor aceptable de una variable no compensa necesariamente el deterioro de otra.

El oxígeno disuelto merece atención diaria porque una disminución sostenida reduce el consumo de alimento y puede terminar en mortalidad, en cuanto al amoníaco no ionizado y los nitritos también representan riesgos cuando se acumulan, y la frecuencia de medición debe aumentar a medida que crecen la biomasa y la intensidad del sistema (FAO, 2022).

Con esos límites definidos, el productor puede anticipar ajustes de aireación, recambio, densidad o alimentación antes de que aparezcan signos evidentes de estrés. De esta forma, el bienestar deja de ser una idea abstracta y se vincula con decisiones que pueden observarse, medirse y registrar.

2.6 Crecimiento y metabolismo

El crecimiento representa el saldo entre la energía y los nutrientes que ingresan con el alimento y los que el organismo utiliza para mantenimiento, actividad, respuesta al estrés y reproducción. En cuanto a la genética se establece parte del potencial, pero la dieta y el ambiente determinan cuánto de ese potencial llega a expresarse.

En sistemas costeros, temperatura y salinidad modifican el gasto energético del pez y pueden reflejarse en la conversión alimenticia, estas variaciones no se consideran al ajustar la ración, el alimento no puede aprovecharse y elevar el costo del ciclo productivo.

Por esta razón, las curvas de crecimiento, el consumo de alimento y la conversión deben interpretarse junto con la temperatura, la salinidad y el estado sanitario, un cambio en cualquiera de estas variables puede

explicar una reducción de desempeño antes de que exista una enfermedad evidente.

2.7 Comportamiento y bienestar animal

La observación del comportamiento ofrece información que los instrumentos no siempre muestran de inmediato, cuando presentan un menor apetito, nado desorganizado, permanencia en superficie o cambios en la distribución del cardumen pueden advertir problemas ambientales o sanitarios y justifican una revisión del sistema.

En cultivos intensivos, la densidad elevada y las manipulaciones frecuentes pueden alterar el comportamiento, el consumo y la supervivencia, por esta razón, el bienestar animal se evalúa cada vez más como parte del manejo productivo y no solo como un criterio ético separado del rendimiento.

2.7.1 Taxonomía y diversidad de peces marinos

La zona costera del Ecuador forma parte del ecosistema del Pacífico Oriental Tropical, donde habitan cientos de especies de peces y la taxonomía nos permite clasificarlos de acuerdo con sus características morfológicas y genéticas, lo cual es clave para seleccionar las especies con mayor potencial acuícola.

Ejemplos relevantes:

- ***Cilus gilberti* (corvina)**: especie nativa de gran demanda en mercados locales.

- ***Centropomus spp.*** **(robalos)**: carnívoros de esteros y lagunas costeras.



- ***Lutjanus spp.*** **(pargos)**: peces marinos de alto valor comercial.

- ***Oreochromis spp.*** **(tilapias marinas adaptadas)**: aunque de origen africano, han sido introducidas y adaptadas en ambientes salobres.

Figura 3. Ilustración digital de ejemplos relevantes de diversidad de peces marinos.

Fuente: Elaboración propia.

En el contexto ecuatoriano, corvina, robalo, lisa, pargo y otras especies marinas pueden analizarse como alternativas de diversificación, su ingreso comercial requiere validar producción de semilla, supervivencia, crecimiento, costos y mercado; el diagnóstico nacional de maricultura muestra que estas limitaciones aún condicionan el desarrollo de nuevos cultivos (Jiménez Velastegui & Torres, 2023).

a) Anatomía y fisiología básica de peces

Conocer la anatomía de los peces permite comprender cómo se relacionan con su ambiente y cómo responden al manejo acuícola.

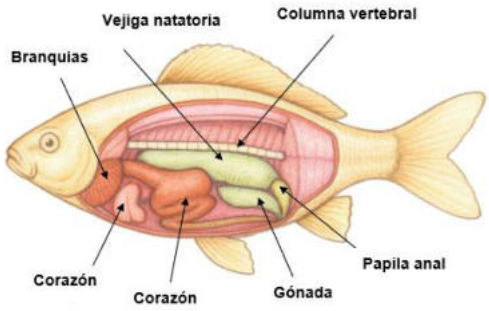

Figura 4. Anatomía interna de un pez.

Fuente: Elaboración propia.

- **Sistema respiratorio:** los peces respiran a través de branquias, sensibles a la calidad del agua. Bajos niveles de oxígeno disuelto pueden causar mortalidades masivas.

- **Sistema digestivo:** varía según la dieta. Los peces carnívoros (pargos, robalos) poseen estómago diferenciado, mientras que especies omnívoras como tilapias tienen intestinos más largos.

- **Sistema reproductivo:** muchos peces marinos presentan **desove múltiple** (emiten huevos varias veces en una temporada), lo cual favorece la producción de larvas en hatcheries.

- **Sistema locomotor:** las aletas y la forma del cuerpo determinan la velocidad y el tipo de hábitat que ocupan.

Consejo práctico: En acuicultura, es fundamental seleccionar especies con sistemas digestivos eficientes para dietas balanceadas, lo que reduce costos de alimentación y contaminación del agua.

b) Etapas vitales y respuesta al ambiente costero

El ciclo de vida de los peces marinos abarca:

1. **Huevos:** en muchas especies son pelágicos y permanecen suspendidos en la columna de agua.

2. **Larvas:** necesitan alimento vivo, como rotíferos y artemia, además de condiciones estables.

3. **Alevines:** atraviesan una fase decisiva de transición hacia el alimento balanceado.

4. **Juveniles:** muestran un crecimiento acelerado en estanques o jaulas.

5. **Adultos:** llegan a la madurez sexual y pueden incorporarse al plantel de reproductores.

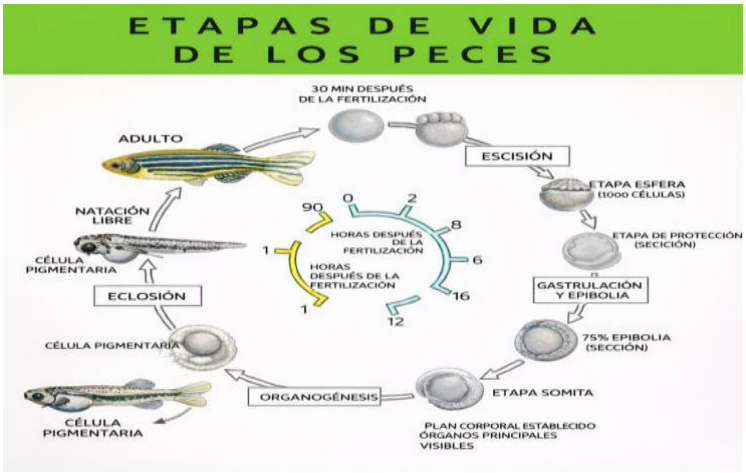

Figura 5. EcologíaVerde, "Ciclo de vida de los peces".

Disponible en: https://www.ecologiaverde.com/ciclo-de-vida-de-los-peces-3906.html

Las especies costeras han desarrollado adaptaciones a salinidades variables, propias de estuarios y manglares. Este rasgo es vital para su potencial de cultivo porque facilita criarlas tanto en agua dulce como en agua salobre.

Nota de aplicación: la tilapia puede aclimatarse a determinados niveles de salinidad, pero la respuesta depende de la línea, el tamaño y la velocidad del cambio. Por ello, cualquier uso en agua salobre debe acompañarse de aclimatación gradual y seguimiento de crecimiento y supervivencia.

2.8 Especies de interés en la provincia de El Oro

La presencia de estuarios, manglares y zonas de transición salobre hace de El Oro un territorio pertinente para evaluar especies costeras como: corvinas, robalos y lisas forman parte de las alternativas que pueden estudiarse, pero su selección exige comprobar semilla disponible, tolerancia ambiental, desempeño de engorde y mercado bajo condiciones locales (Jiménez Velastegui & Torres, 2023).

La selección final de una especie no puede basarse únicamente en su tolerancia ambiental y deben comprobarse la disponibilidad de semilla, el desempeño productivo, la sanidad, los costos y la aceptación del mercado local.

Para fines de análisis, las especies con mayor proyección acuícola en la costa ecuatoriana pueden organizarse en tres grupos:

a. Especies consolidadas:

- **Tilapia (*Oreochromis sp*p.)** – producción estable en agua dulce y salobre.



Figura 6. Tilapia (Oreochromis spp.).

Fuente: Elaboración propia.

b. Especies emergentes:

- **Corvina *(Cilus gilberti*)**: permanece en fase experimental, aunque cuenta con buenas perspectivas en el mercado nacional.
- **Robalo (*Centropomus spp*.)** – cultivo en esteros con alta aceptación comercial.
- **Pargo (*Lutjanus spp.)*** – en investigación por su potencial exportador.

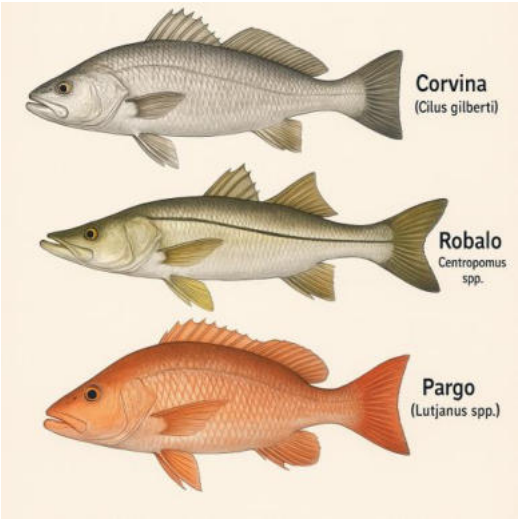

Figura 7. Especies Emergentes.

Fuente: Elaboración propia.

c. Especies alternativas:

- **Pez lisa (*Mugil cephalus*):** especie omnívora con capacidad de aprovechar alimento natural.
- **Macroalgas marinas (*Gracilaria spp.*):** aunque no son peces, su cultivo se vincula con la acuicultura integrada y contribuye a mejorar las condiciones del agua.

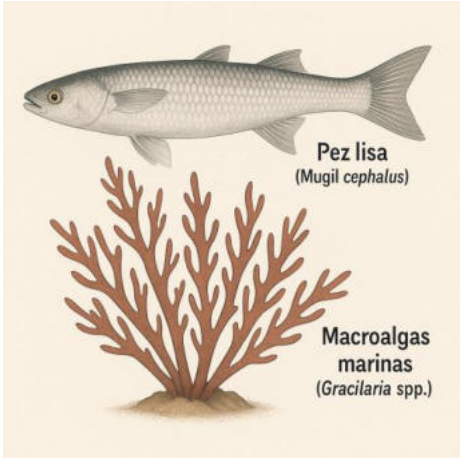

Figura 8. Especies alternativas.

Fuente: Elaboración propia.

2.9 Síntesis del capítulo

Las respuestas de un pez al agua, al alimento y al manejo dependen de su fisiología y de su etapa de desarrollo; La osmorregulación, crecimiento, metabolismo y comportamiento no son temas aislados,

juntos se orienta la densidad, la dieta y las medidas de bienestar que requiere cada especie.

2.91. Recursos pedagógicos internos

Tabla 2. Especies de peces costeros con potencial acuícola en Ecuador.

Especie	Nombre común	Potencial de mercado	Estado de cultivo
Cilus gilberti	Corvina	Alto en mercado local	Pilotos en jaulas flotantes
Centropomus spp.	Robalo	Medio-alto, gourmet	En fase experimental
Lutjanus spp.	Pargo	Exportación gourmet	En investigación
Oreochromis spp.	Tilapia marina	Alto consumo popular	Cultivo consolidado

2.9.1 Conceptos Clave

- **Eurihalino:** organismo que puede tolerar amplios rangos de salinidad.
- **Larvicultura:** etapa del cultivo centrada en el desarrollo de las larvas hasta su transformación en alevines.
- **Omnívoro:** pez cuya dieta combina materia de origen animal y vegetal.

2.9.2 Ejercicio breve

Examine una especie costera local y redacte un breve informe que incluya:

a. Su hábitat natural.

b. Sus principales características fisiológicas.
c. Su potencial de mercado.

2.10 Preguntas de reflexión

1. ¿Qué función cumple la anatomía digestiva de los peces dentro de la acuicultura?

2. ¿Cómo se suceden las etapas del ciclo vital de los peces marinos?

3. Indique tres especies con potencial acuícola en la costa ecuatoriana.

2.11 Actividad práctica

Seleccione una especie de pez costero de interés local y describa sus principales características biológicas, requerimientos ambientales y potencial productivo para su cultivo en la provincia de El Oro.

2.11.1 Autoevaluación breve

1. La mayoría de peces marinos muestran huevos bentónicos. (F)

2. El robalo figura entre las especies de interés para la acuicultura de El Oro. (V)

3. En Ecuador, la tilapia adaptada al ambiente marino se considera una especie emergente. (F)

2.11.2 Sugerencias de lectura y tareas

- Consultar artículos sobre larvicultura en la revista *Aquaculture*.

- Realizar una visita a una estación experimental acuícola de la UTMACH para observar especies en fase de cultivo.

- Prepare un mapa conceptual que conecte cada etapa del ciclo vital de un pez con la fase de cultivo correspondiente.

CAPÍTULO III

3 SISTEMAS Y TECNOLOGÍAS DE CULTIVO

La selección del sistema de cultivo tiene consecuencias técnicas, económicas, ambientales y sociales; por ello, no debe decidirse únicamente por su capacidad productiva (FAO, 2022).

Objetivos de aprendizaje

- Identificar los principales sistemas de cultivo utilizados en la acuicultura costera.
- Examinar las ventajas y limitaciones de cada sistema (extensivo, semi-intensivo, intensivo y recirculación).
- Conocer ejemplos de tecnologías aplicadas en Ecuador y en la provincia de El Oro.
- Reflexionar sobre la importancia de la innovación tecnológica para la sostenibilidad acuícola.

Escenario motivador

Imagine que usted y su grupo de trabajo deben decidir cómo implementar un cultivo de **robalos (*Centropomus spp.)*** en una bahía cercana, quieren lograr buena productividad sin afectar el ambiente. Deben decidir entre varias opciones de sistema.



Figura 9. Escenario hipotético de jaulas flotantes para el cultivo de robalo en la Bahía de Jambelí.

Fuente: Elaboración propia.

- ¿Optarían por un sistema extensivo en esteros?
- ¿Se arriesgarían a instalar jaulas flotantes?
- ¿O invertirían en un sistema intensivo con recirculación (RAS)?

La decisión no se resuelve escogiendo el sistema con mayor producción teórica y cada alternativa implica un nivel distinto de control, costo y exposición al ambiente; esas diferencias se analizan a continuación.

Desarrollo Temático

3.1 Importancia de los sistemas de producción en la acuicultura costera

El sistema de producción define cuánto control puede ejercer el productor sobre el agua, la alimentación y la densidad, esa elección repercute en los costos, el crecimiento de los peces y la cantidad de residuos generados, por lo cual no existe un sistema universalmente superior: su desempeño depende del sitio, la especie, la escala y la capacidad técnica disponible (FAO, 2022).

Antes de escoger un sistema en la costa conviene revisar la variación de salinidad, las mareas, la disponibilidad de agua y la capacidad de carga del entorno, esto también cuenta en el presupuesto y la experiencia del personal. Si esos factores se ignoran, aumentan los problemas sanitarios, el deterioro ambiental y la posibilidad de que el cultivo no sea rentable.

3.2 Clasificación de los sistemas de cultivo en acuicultura costera

Desde un enfoque técnico, las modalidades de producción en acuicultura costera se clasifican de acuerdo con el nivel de intensificación, el grado de control ambiental y la interacción con el medio natural, y de manera general, se distinguen sistemas extensivos, semi-intensivos e intensivos.

La clasificación sirve como punto de partida, pero la elección final debe contrastarse con el sitio, la especie, el presupuesto y la meta productiva. Existen dos sistemas del mismo nivel de intensificación pueden comportarse de manera distinta si cambian el agua disponible, la experiencia del personal o la infraestructura.

3.3 Sistemas extensivos

En un sistema extensivo, la producción depende en gran medida de los recursos naturales disponibles en el cuerpo de agua y se trabaja con densidades bajas. En cuanto el aporte de alimento externo y la infraestructura son reducidos, de modo que el resultado queda fuertemente ligado a la productividad natural y a la variación ambiental.

La inversión y el gasto operativo pueden ser menores que en sistemas más intensivos, pero también lo son el control y la producción por unidad de área, por ello, una comparación ambiental debe considerar el sitio y la eficiencia real, no asumir que una baja intensidad equivale automáticamente a bajo impacto.

3.4 Sistemas semi-intensivos

El sistema semi-intensivo añade alimento, manejo del agua y, cuando es necesario, aireación a una base de productividad natural, cuando existe el aumento de insumos permite trabajar con más biomasa, pero obliga a registrar con mayor frecuencia oxígeno, consumo y acumulación de materia orgánica.

Este nivel de intensificación resulta familiar para el sector acuícola ecuatoriano por la experiencia desarrollada en estanques, y para la transferencia al cultivo de peces se requiere ajustar densidades, dietas y protocolos a la especie; no basta con reproducir el manejo utilizado para camarón.

3.5 Sistemas intensivos

En los sistemas intensivos, la mayor parte del crecimiento depende del alimento suministrado y del control operativo. Cuando la biomasa se eleva por unidad de volumen exige aireación, circulación o tratamiento de agua, además de registros frecuentes, sin embargo, la ventaja es una mayor producción por espacio; la contrapartida es una dependencia más alta de energía, equipos y personal.

Una falla de aireación, bombeo o alimentación tiene consecuencias rápidas cuando la biomasa es alta, por lo tanto, la evaluación económica debe incluir respaldo de equipos, mantenimiento, bioseguridad y capacidad de respuesta ante emergencias, además del costo inicial.

3.6 Sistemas abiertos en ambientes costeros

En los sistemas abiertos, el agua del cultivo mantiene intercambio directo con el ambiente: Los estanques costeros, jaulas y corrales aprovechan esa renovación, aunque el productor dispone de menor control sobre lo que entra o sale del sistema.

La renovación natural puede reducir ciertas necesidades de bombeo o tratamiento, pero también expone el cultivo a contaminantes, cambios bruscos del agua y eventos climáticos, cuando existe un ahorro inicial en infraestructura debe compararse con los riesgos con la capacidad de respuesta disponible.

3.7 Sistemas cerrados y de recirculación acuícola (RAS)

Los sistemas de recirculación acuícola (RAS) reutilizan gran parte del agua después de someterla a filtración mecánica, tratamiento biológico y, cuando corresponde, desinfección.

El principal cambio frente a un sistema abierto es el mayor control sobre el ambiente de cultivo, acompañado de una mayor dependencia de equipos y energía, el reúso del agua y la posibilidad de ubicar la producción cerca de los centros de consumo son ventajas importantes de los RAS. A diferencia de la inversión, el consumo energético, el mantenimiento y la necesidad de personal especializado pesan más en la estructura de costos.



Figura 10. Mapa conceptual de los sistemas de cultivo de peces en Ecuador.

Fuente: Elaboración propia.

Caso didáctico: una cooperativa de pescadores analiza instalar jaulas flotantes para pargo (Lutjanus spp.) cerca de Puerto Bolívar, y antes de sembrar, debe definir un programa de medición de oxígeno, corrientes, temperatura y salinidad, así como un plan de contingencia. El ejercicio permite discutir qué información debe reunirse antes de asumir el riesgo productivo.



Figura 11. Escenario hipotético de jaulas flotantes para pargo, en Puerto Bolívar.

Fuente: Elaboración propia.

3.7.1 Estanques, jaulas flotantes y raceways

- **Estanques:** Pueden excavarse en tierra o construirse con revestimiento, para peces tolerantes a este tipo de sistema, ofrecen acceso directo para muestreo, alimentación y cosecha; su conveniencia depende de la calidad del suelo, el abastecimiento de agua y la especie cultivada.

- **Jaulas flotantes:** Se instalan en ríos, esteros o mar abierto, estos favorecen el intercambio de agua, pero aumentan la exposición a depredadores y escapes.

- **Raceways o canales de flujo:** sistemas rectangulares con flujo continuo de agua, usados en cultivos intensivos de peces de rápido crecimiento.

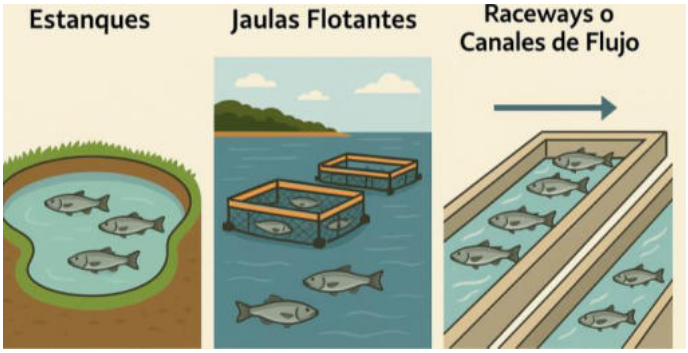

Figura 12. Estanques, jaulas flotantes y raceways.

Fuente: Elaboración propia.

Consejo práctico: antes de elegir el sistema, evalúe como mínimo la disponibilidad y calidad del agua, la inversión total, la capacidad técnica y la demanda del mercado.

3.8 Tecnologías complementarias de producción

Las tecnologías complementarias deben responder a un problema de manejo, en cuanto la aireación se justifica cuando el oxígeno limita la biomasa; los sensores continuos son útiles cuando una variación rápida puede causar pérdidas; y la automatización de la alimentación cobra

valor cuando mejora la distribución de la ración y permite registrar el consumo.

Los datos en tiempo real solo son útiles si existen umbrales, responsables y acciones definidas, por ello, la digitalización debe acompañarse de protocolos que indiquen qué hacer ante una alarma y cómo verificar que el sensor funciona correctamente.

3.9 Acuicultura 4.0: sensores para vigilar oxígeno, temperatura y salinidad en tiempo real

Dietas funcionales: alimentos formulados con probióticos u otros componentes destinados a apoyar funciones específicas del organismo.

Las herramientas de información y comunicación pueden apoyar decisiones rápidas cuando convierten los registros del cultivo en alertas o criterios de manejo, en cuanto a su utilidad depende de que los sensores estén calibrados y de que el personal sepa interpretar los datos.

- **Uso de drones y satélites:** para mapear esteros y dar seguimiento a jaulas marinas.



Figura 13. Representación esquemática de tecnologías emergentes.

Fuente: Elaboración propia.

3.10 Criterios técnicos para la selección del sistema

En una zona costera sensible como El Oro, conviene seleccionar tecnologías de bajo impacto y ajustar la intensidad productiva a la capacidad del entorno.

3.10.1 Enfoque territorial: sistemas utilizados en la provincia de El Oro

En El Oro, la experiencia técnica e infraestructura asociadas al sector camaronero constituyen un antecedente relevante para estudiar nuevas alternativas acuícolas, y como su aprovechamiento en cuanto como los peces no debe asumirse de manera directa: cada propuesta requiere validar especie, agua, infraestructura, bioseguridad y mercado (Jiménez Velastegui & Torres, 2023).

En la práctica, cualquier tecnología debe probarse frente a las condiciones ambientales, económicas y operativas de la zona. Una solución útil en otro lugar no necesariamente ofrece el mismo resultado en El Oro.

3.11 Síntesis del capítulo

Los sistemas extensivos, semi-intensivos, intensivos, abiertos y de recirculación ofrecen niveles distintos de control, inversión y riesgo, se debe elegir entre ellos exige comparar el sitio, la especie, los costos, la capacidad operativa y los posibles efectos ambientales. La tecnología aporta valor cuando responde a esas condiciones.

Recursos pedagógicos internos

Tabla 3. Comparación de sistemas de cultivo de peces.

Sistema	Ventajas	Limitaciones	Aplicación típica o potencial
Extensivo	Bajo costo, fácil implementación	Baja producción	Estanques o esteros de baja densidad
Semi-intensivo	Mayor productividad, uso parcial de alimento balanceado	Requiere aireación y control	Estanques con alimentación suplementaria y control periódico
Intensivo	Alta densidad, rápido crecimiento	Alto costo, riesgo sanitario	Jaulas o tanques con alta biomasa y monitoreo continuo
RAS	Bajo impacto ambiental, control total	Inversión inicial elevada	Unidades de recirculación con tratamiento del agua

3.11.1 Conceptos Clave

- **Densidad de siembra:** número de peces por unidad de volumen de agua.
- **Raceway:** canal con circulación continua de agua diseñado para sistemas intensivos.
- **Multitrófico:** sistema que reúne especies de diferentes niveles de la cadena alimentaria para aprovechar mejor los recursos.

3.11.2 Ejercicio breve

1. Prepare una lista de ventajas y desventajas de instalar jaulas flotantes en la Bahía de Jambelí.
2. Proponga un croquis de un sistema RAS, identificando sus principales componentes.

3.12 Preguntas de reflexión

1. ¿Cuáles son las diferencias entre los sistemas extensivos e intensivos?
2. ¿Qué ventajas muestran las jaulas flotantes frente a los estanques?
3. ¿Cuáles innovaciones tecnológicas se emplean actualmente en la acuicultura?

3.13 Actividad práctica

Prepare un cuadro comparativo entre dos sistemas de producción acuícola costera, considerando densidad de cultivo, inversión requerida, productividad esperada e impacto ambiental, y analice su viabilidad para la provincia de El Oro.

3.13.1 Autoevaluación breve

1. Los sistemas extensivos requieren gran inversión inicial. (F)

2. Los RAS permiten ahorrar agua y mejorar la bioseguridad. (V)

3. En El Oro, la tilapia adaptada al ambiente marino se produce sobre todo en raceways. (F)

3.13.2 Sugerencias de lectura y tareas

- FAO. (2022). El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2022: Hacia la transformación azul.

- Diseñar un cuadro comparativo entre dos sistemas de cultivo presentes en su comunidad.

- Realizar una visita a una granja acuícola local y elaborar un informe fotográfico del sistema empleado.

CAPÍTULO IV

4 CALIDAD DEL AGUA EN LA ACUICULTURA COSTERA

La calidad del agua no es un dato fijo del sistema; cambia con la biomasa, la alimentación, el clima y el intercambio con el entorno, por esta razón, el manejo debe basarse en mediciones repetidas y no únicamente en valores de referencia (Boyd, 2020).

Objetivos de aprendizaje

- Analizar la importancia de las condiciones del agua en la cría de peces marinos y estuarinos.
- Distinguir los principales parámetros físico-químicos y biológicos que afectan la productividad acuícola.
- Examinar técnicas de monitoreo y control del agua en sistemas de cultivo.
- Plantear estrategias de manejo sostenible para mantener un equilibrio entre producción y medio ambiente.

Escenario motivador

Imagine que administra una granja de corvina (*Cilus gilberti*) en jaulas flotantes en la Bahía de Jambelí, durante una semana calurosa, observa peces boqueando en la superficie y una mortalidad inusual, y una de las primeras variables que debe comprobar es el oxígeno disuelto, que puede haber descendido hasta un nivel crítico.

El caso muestra por qué un cambio en el agua debe confirmarse con mediciones antes de decidir una acción correctiva.



Figura 14. Peces boqueando en superficie ante un evento de hipoxia (imagen simulada).

Fuente: Elaboración propia.

Desarrollo Temático

4.1 Importancia de la calidad del agua en la acuicultura costera

Para un pez, el agua cumple a la vez la función de ambiente, vía de intercambio gaseoso y medio de eliminación de desechos, por ello, una alteración en su calidad se refleja rápidamente en el apetito, el crecimiento, la respuesta inmunitaria y la supervivencia. Ningún programa de alimentación compensa durante mucho tiempo un agua inadecuada (Boyd, 2020).

En estuarios y zonas costeras, las mareas, las lluvias, las descargas continentales y las actividades humanas modifican el agua en periodos cortos, y a través del monitoreo debe captar esa variación y no limitarse a una medición aislada. Registrar tendencias permite intervenir antes de que un cambio se convierta en una emergencia productiva.

4.2 Parámetros físico-químicos esenciales

Los parámetros físico-químicos deben interpretarse como un conjunto, la temperatura, oxígeno, salinidad y pH cambian a distinta velocidad y pueden modificar la respuesta del pez y la toxicidad de otros compuestos.

4.2.1 Oxígeno disuelto

Entre las variables del agua, el oxígeno disuelto requiere especial atención porque interviene directamente en la respiración y el metabolismo, cuando existe una disminución sostenida suele reflejarse primero en menor consumo y cambios de comportamiento; si el déficit continúa, puede comprometer la supervivencia del lote.

El oxígeno cambia a lo largo del día por efecto de la temperatura, la fotosíntesis, la respiración y la carga orgánica, en cuanto los cultivos con mayor biomasa conviene medirlo en los momentos de mayor riesgo, especialmente antes del amanecer, y disponer de aireación cuando el sistema no puede reponerlo con suficiente rapidez.

4.2.2 Temperatura

La temperatura modifica la velocidad de los procesos metabólicos y, con ello, el apetito, el crecimiento y la demanda de oxígeno, el intervalo adecuado depende de la especie y de la etapa de desarrollo; para peces tropicales se utilizan con frecuencia valores de referencia cercanos a 25–30 °C, que deben ajustarse al organismo cultivado.

Variaciones bruscas de temperatura, asociadas a eventos climáticos o cambios de marea, generan estrés térmico y aumentan la susceptibilidad a enfermedades, por lo cual, la temperatura debe ser monitoreada diariamente y considerada en la planificación del manejo alimenticio.

4.2.3 Salinidad

La salinidad adquiere importancia en estuarios, donde puede cambiar en pocas horas por mareas o lluvias, incluso las especies eurihalinas necesitan tiempo para ajustar la osmorregulación, un cambio brusco aumenta el costo energético y puede disminuir el crecimiento o el consumo de alimento.

En estuarios y zonas costeras del Ecuador, la salinidad puede variar significativamente debido a la influencia de lluvias y descargas fluviales, lo que obliga a seleccionar especies adaptadas y aplicar manejos graduales para evitar choques osmóticos.

4.2.4 pH

El pH no debe interpretarse de forma aislada, porque modifica el equilibrio químico del agua y, entre otros efectos, la proporción de amoníaco no ionizado, hay que tomar encuenta que los intervalos de referencia cercanos a 7,5–8,5 son útiles como orientación, pero deben contrastarse con la especie y con la dinámica diaria del sistema.

Valores fuera de este rango afectan la fisiología de los peces, alteran el metabolismo y favorecen la aparición de enfermedades, como el pH, debido a que puede variar a lo largo del día debido a la actividad

fotosintética, por lo que su monitoreo debe realizarse en horarios consistentes.

4.3 Parámetros químicos y nutrientes

Los parámetros químicos están relacionados principalmente con la presencia de compuestos nitrogenados generados por la excreción metabólica de los peces y la descomposición del alimento no consumido.

Tabla 4. Rangos óptimos de calidad del agua para peces cultivados en acuicultura costera.

Parámetro	Rango óptimo	Efectos fuera del rango	Observaciones técnicas
Oxígeno disuelto (mg/L)	≥ 5,0	Estrés, bajo consumo de alimento, mortalidad	Crítico en horas de madrugada
Temperatura (°C)	25 – 30	Bajo crecimiento, estrés térmico	Influye en metabolismo y FCR
Salinidad (ppt)	5 – 35	Estrés osmótico	Intervalo orientativo; debe ajustarse a la especie y etapa
pH	7,5 – 8,5	Toxicidad del amonio, estrés fisiológico	Presenta variación diurna
Transparencia (cm)	30 – 40	Baja productividad o eutrofización	Indicador útil en estanques; interpretar junto con fitoplancton y oxígeno

4.3.1 Amonio

El amonio es el principal producto de excreción nitrogenada de los peces, si se presente de forma no ionizada es altamente tóxica y puede causar daños en las branquias, disminución del crecimiento y mortalidad, por lo que la toxicidad del amonio aumenta con el pH y la temperatura del agua.

4.3.2 Nitritos

Los nitritos se producen durante el proceso de nitrificación y pueden interferir con el transporte de oxígeno en la sangre de los peces, generando estrés respiratorio y la presencia indica un desequilibrio en el sistema biológico de filtración o una carga orgánica excesiva.

4.3.3 Nitratos

Los nitratos representan la forma menos tóxica de los compuestos nitrogenados, pero en concentraciones elevadas contribuyen a la eutrofización del sistema, cuando existe una acumulación prolongada puede afectar la calidad del agua y el equilibrio del ecosistema acuícola.

4.4 Parámetros biológicos de la calidad del agua

Los parámetros biológicos reflejan la interacción entre los organismos cultivados y el ambiente, especies como el fitoplancton desempeña un rol fundamental como productor primario y fuente de oxígeno, especialmente en sistemas extensivos y semi-intensivos.

No obstante, un crecimiento excesivo del fitoplancton puede generar problemas de oxigenación nocturna y favorecer floraciones algales nocivas, afectando negativamente a los peces cultivados.

4.5 Floraciones algales nocivas (FAN)

Una floración algal se vuelve problemática cuando altera el oxígeno, la transparencia o la calidad química del agua, y algunas especies además producen toxinas, y el riesgo no depende solo de la presencia de algas,

sino de la composición de la comunidad, su abundancia y la respuesta del cultivo.

La prevención se apoya en el manejo de la carga orgánica y en el seguimiento de cambios de color, transparencia, oxígeno y comportamiento de los peces, por lo que es necesario evitar el exceso de alimento reduce una fuente de nutrientes, aunque la dinámica de una floración también depende de condiciones externas al sistema.

Caso didáctico: si una floración algal coincide con menor oxígeno al amanecer y reducción del consumo de alimento, el productor debe confirmar la concentración de oxígeno, identificar la tendencia del fitoplancton y revisar la carga orgánica antes de atribuir la mortalidad a una sola causa.

4.6 Métodos de monitoreo de la calidad del agua

Un programa de monitoreo útil responde tres preguntas: qué variable se medirá, con qué frecuencia y qué decisión se tomará si el valor cambia, y la respuesta depende de la especie, la densidad y el grado de control del sistema. En cuanro a los cultivos intensivos, se debe realizar una medición semanal de oxígeno sería insuficiente; en sistemas de baja biomasa, un sensor continuo puede no justificarse.

El monitoreo puede realizarse mediante métodos manuales**,** automatizados **y** biológicos**.** Los métodos manuales incluyen el uso de oxímetros portátiles para la medición de oxígeno disuelto, termómetros para el control de la temperatura, refractómetros para la determinación de la salinidad y kits químicos para el análisis de pH y compuestos

nitrogenados, estos métodos son de fácil aplicación y ampliamente utilizados en sistemas extensivos y semi-intensivos.

Por su parte, los sistemas automatizados emplean sensores digitales y sondas multiparamétricas que permiten el registro continuo de variables como oxígeno disuelto, temperatura, pH y salinidad, con transmisión de datos en tiempo real, mediante estas tecnologías resultan especialmente útiles en sistemas intensivos y de recirculación, donde las variaciones rápidas de la calidad del agua pueden generar impactos significativos en la producción.

La observación de los propios peces complementa los instrumentos: cambios de apetito, ventilación branquial, distribución en la unidad de cultivo o nado en superficie pueden advertir un deterioro del ambiente, con estas respuestas no identifican por sí solas la causa y deben confirmarse con mediciones físico-químicas o análisis de laboratorio.

La frecuencia de medición aumenta con la biomasa y con la velocidad a la que una variable puede cambiar, en los sistemas intensivos y de recirculación, el oxígeno, temperatura y variables del biofiltro requieren controles mucho más frecuentes que en cultivos de baja densidad.

Tabla 5. Parámetros recomendados de calidad del agua en acuicultura costera.

Parámetro	**Rango óptimo**	**Efecto si está fuera del rango**
Oxígeno disuelto	5–7 mg/L	Estrés, mortalidad
Temperatura	25–30 °C	Crecimiento lento, enfermedades
Salinidad	5–35 ppt	Estrés osmótico

pH	7,5–8,5	Acidosis o alcalosis en peces

Tabla 6. Métodos de monitoreo de la calidad del agua según tipo de sistema de cultivo.

Tipo de sistema	Parámetros monitoreados	Método	Frecuencia
Extensivo	Temperatura, transparencia	Manual (termómetro, disco Secchi)	Semanal
Semi-intensivo	Oxígeno, pH, temperatura, salinidad	Manual y semiautomatizado	Diaria
Intensivo	Oxígeno, pH, amonio, temperatura	Sensores y sondas digitales	Continua
RAS	Oxígeno, pH, amonio, nitritos, nitratos	Sondas multiparamétricas	Tiempo real

4.7 Estrategias de manejo y mejora de la calidad del agua

Entre las principales estrategias de manejo se encuentran el control de la alimentación, la aireación mecánica, el recambio parcial de agua, el uso de biofiltros y la aplicación de prácticas sostenibles como la acuicultura multitrófica integrada. Sin embargo, no existe ninguna medida de manejo debe aplicarse de forma automática, la aireación, recambio, biofiltración o ajuste de la ración se seleccionan de acuerdo con la variable que se encuentra fuera del intervalo esperado y con la causa probable del cambio.

A su vez, la integración de prácticas sostenibles, como la acuicultura multitrófica integrada, permite reducir la carga orgánica del sistema mediante el cultivo conjunto de peces, moluscos y algas, contribuyendo a mejorar la calidad del agua y reducir el impacto ambiental (FAO, 2021).

1. **Aireación mecánica:** uso de paletas o aireadores de fondo.

2. **Sistemas de recirculación (RAS):** reutilización de agua mediante filtros biológicos.

3. **Integración multitrófica:** cultivo conjunto de peces, moluscos y algas que reducen carga orgánica.

4. **Manejo de alimentación:** evitar exceso de alimento balanceado.

5. **Reforestación de manglares:** funcionan como biofiltros naturales en estuarios.

Aplicación potencial para El Oro: un módulo piloto podría evaluar peces y macroalgas (Gracilaria spp.) como componentes de un sistema multitrófico. La propuesta debe considerarse experimental mientras no existan datos locales de balance de nutrientes, crecimiento y capacidad de carga; la literatura internacional y el diagnóstico de maricultura del Ecuador respaldan su evaluación como línea de investigación (Troell et al., 2009; Jiménez Velastegui & Torres, 2023).



Figura 15. Imagen ilustrativa de proyecto piloto.

Fuente: Elaboración propia.

4.8 Enfoque territorial: calidad del agua en la provincia de El Oro

En sistemas costeros de El Oro, la calidad del agua puede variar por la dinámica estuarina, los aportes continentales y los eventos climáticos, durante periodos asociados a el fenómeno de El Niño, cambios de temperatura y salinidad deben registrarse en cada sitio antes de ajustar alimentación, densidad o recambio de agua.

Para El Oro, una mejora práctica consiste en estandarizar registros de campo y vincularlos con análisis periódicos de laboratorio, esto ayuda a crear un comparación basado en unas series de datos entre ciclos permitiría reconocer patrones estacionales y definir umbrales de manejo propios del sitio.

4.9 Síntesis del capítulo

La calidad del agua depende de variables físicas, químicas y biológicas que cambian con el tiempo y se influyen entre sí, es necesario medirlas, registrar tendencias y relacionarlas con el comportamiento de los peces permite actuar antes de que aparezcan mortalidades o pérdidas productivas.

Recursos Pedagógicos Internos

4.9.1 Conceptos clave

- **Hipoxia:** condición producida cuando el oxígeno disponible en el agua es insuficiente.

- **Eutrofización:** aumento excesivo de nutrientes que favorece la proliferación de algas.

- **FAN:** florecimientos algales nocivos.

4.9.2 Ejercicio breve

1. Registre con un refractómetro la salinidad de un estero próximo y contraste el resultado con los intervalos adecuados para la tilapia y la corvina.

2. Elabore un esquema de un sistema de aireación y explique cómo mejora el oxígeno disuelto.

4.9.3 Recurso visual sugerido

- **Mapa conceptual colorido:** *Calidad del agua → Parámetros físico-químicos → Parámetros biológicos → Métodos de control → Estrategias sostenibles.*



Fuente: Elaboración propia.

Imagen pedagógica: Fotografía de un aireador funcionando en estanque.



Fuente: Elaboración propia.



Fuente: Elaboración propia.

Infografía comparativa: Indicadores favorables y desfavorables de la calidad del agua en acuicultura.

4.10 Preguntas de reflexión

1. ¿Por qué el oxígeno disuelto es el parámetro más crítico en el cultivo de peces?

2. ¿Qué consecuencias genera un florecimiento algal nocivo en una granja acuícola?

3. Indique dos estrategias sostenibles para mantener las condiciones del agua.

4.11 Actividad práctica

Proponga un plan básico de monitoreo de la calidad del agua para un sistema de cultivo de peces costeros, luego indique parámetros, la frecuencia de medición, el equipo utilizado, los umbrales de alerta y las acciones correctivas.

4.11.1 Autoevaluación breve

1. En la acuicultura costera, el intervalo recomendado de pH es 7,5–8,5. (V)

2. Las especies eurihalinas no toleran variaciones de salinidad. (F)

3. El exceso de alimento balanceado puede generar eutrofización. (V)

4.11.2 Sugerencias de lectura y tareas

- Boyd, C. E. (2020). Water quality: An introduction (3rd ed.). Springer.

- FAO. (2022). El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2022: Hacia la transformación azul.
- Visitar un laboratorio de calidad de agua en la UTMACH y elaborar un reporte sobre análisis físico-químicos.

CAPÍTULO 5

5 NUTRICIÓN Y ALIMENTACIÓN DE PECES MARINOS

El alimento suele representar uno de los rubros de mayor peso en el costo de un cultivo de peces y su importancia económica se combina con un efecto directo sobre el crecimiento y sobre la carga de nutrientes que recibe el agua. Por ello, formular la dieta y ajustar la ración son decisiones productivas y ambientales, no tareas separadas (Tacon & Metian, 2015).

Objetivos de aprendizaje

- Comprender los requerimientos nutricionales de los peces marinos en cultivo.
- Identificar los principales ingredientes utilizados en la formulación de dietas balanceadas.
- Analizar estrategias de alimentación aplicadas en sistemas extensivos, semi-intensivos e intensivos.
- Reflexionar sobre innovaciones en nutrición y alimentación orientadas a la sostenibilidad.

Escenario motivador

Imagine que administra una granja de corvina (*Cilus gilberti*) en jaulas flotantes y debe alimentar a 5.000 juveniles diariamente, al planificar la jornada surge una pregunta clave: ¿cómo calcular la ración adecuada para mantener crecimiento sin desperdiciar alimento? Además, ¿qué

impacto tienen los ingredientes en los costos de producción? ¿Existen alternativas sostenibles que reduzcan la dependencia de insumos importados? Estas inquietudes reflejan los retos cotidianos del manejo alimenticio en la acuicultura.

Para conocer un modelo práctico de gestión, **véase el Anexo 1: Protocolo diario de alimentación en jaulas flotantes**, incluido al final de este libro. Este material complementario presenta un ejemplo detallado que puede servir de guía para productores y estudiantes interesados en optimizar la alimentación en sistemas intensivos.



Figura 16. Imagen ilustrativa de alimentación de corvinas.

Fuente: Elaboración propia.

5.1 Importancia de la nutrición en la acuicultura costera

El costo del alimento varía entre especies y sistemas, pero con frecuencia ocupa una fracción importante del presupuesto operativo, esto ocurre cuando la ración supera el consumo o la dieta no se aprovecha bien, el problema se refleja en dos lugares: aumenta el costo

por kilogramo producido y crece la cantidad de materia orgánica y nitrógeno que llega al agua (Boyd et al., 2007; Tacon & Metian, 2015).

Una dieta equilibrada debe cubrir los requerimientos de la especie y de su etapa de desarrollo, cuando esto ocurre, mejora el crecimiento, se sostiene la respuesta inmunitaria y disminuye el desperdicio de nutrientes. La calidad del alimento, sin embargo, debe evaluarse junto con la ración, la frecuencia de suministro y las condiciones del agua.

5.2 Requerimientos nutricionales de los peces marinos

Los peces marinos muestran requerimientos nutricionales específicos que varían según la especie, la etapa de desarrollo y las condiciones del entorno, estos requerimientos se agrupan en macronutrientes y micronutrientes, los cuales deben suministrarse en proporciones adecuadas para mantener un crecimiento óptimo.

La proteína aporta los aminoácidos necesarios para formar tejidos y suele requerirse en proporciones altas durante las etapas tempranas de muchas especies marinas. Por lo que el porcentaje adecuado no es único: cambia con la especie, la talla, la energía de la dieta y la digestibilidad de los ingredientes, y en las especies juveniles carnívoros se utilizan con frecuencia dietas de alto contenido proteico, que deben formularse con base en requerimientos específicos.

Los lípidos son una fuente concentrada de energía y aportan ácidos grasos esenciales, como el EPA y el DHA, fundamentales para el desarrollo fisiológico, la reproducción y la calidad del producto final,

creando un balance adecuado de lípidos, lo que facilita reducir el uso de proteína como fuente energética.

Los carbohidratos se emplean en menor proporción en peces marinos porque su capacidad para metabolizarlos es limitada, sin embargo pueden emplearse como fuente energética complementaria en niveles moderados.

5.3 Proteínas, lípidos y carbohidratos en la dieta

Una formulación eficiente busca que la proteína se destine principalmente al crecimiento y no a cubrir energía que podrían aportar los lípidos u otros nutrientes, cuando existe un exceso de proteína encarece la dieta y aumenta la excreción de nitrógeno; una deficiencia, en cambio, limita la formación de tejido.

El balance entre energía y proteína también se observa en la conversión alimenticia y cuando la dieta y la ración se ajustan al pez, una mayor proporción del alimento termina en biomasa y una menor fracción se transforma en residuos.

5.4 Vitaminas y minerales

Las vitaminas y los minerales se necesitan en cantidades menores que los macronutrientes, pero una deficiencia puede expresarse como crecimiento lento, alteraciones óseas o menor respuesta frente al estrés, al incluirse debe considerar la estabilidad del nutriente durante la fabricación y el almacenamiento del alimento.

En los peces costeros, las vitaminas y los minerales intervienen en el metabolismo, la formación ósea y la respuesta inmunitaria, es por ello, que la dieta debe aportar vitaminas liposolubles e hidrosolubles, además de minerales como calcio, fósforo y zinc.

5.5 Ingredientes tradicionales y alternativos en la alimentación acuícola

La formulación de alimentos balanceados para peces marinos se sustenta en una combinación de ingredientes que busca cubrir los requerimientos nutricionales de manera eficiente y sostenible. Tradicionalmente, la **harina y el aceite de pescado** han sido los insumos principales, reconocidos por su excelente perfil de aminoácidos y ácidos grasos esenciales como EPA y DHA (Tacon & Metian, 2015). Pese a ello, la alta demanda de estos productos ejerce presión sobre las pesquerías y encarece los costos de producción, lo que ha impulsado la búsqueda de fuentes alternativas (FAO, 2020).

Los ingredientes vegetales, entre ellos soya, maíz y trigo, pueden reemplazar una parte de los insumos marinos, pero su uso exige revisar digestibilidad, aminoácidos limitantes y factores antinutricionales, Al realizar un procesamiento térmico o enzimático mejora algunos de estos problemas (Gatlin et al., 2007). Con los aceites vegetales ocurre algo similar, estos aportan energía, aunque su perfil de ácidos grasos no reproduce por completo el de los aceites marinos (Glencross, 2009).

La búsqueda de ingredientes alternativos también incluye insectos, microalgas y levaduras. Su interés no depende únicamente del porcentaje de proteína; deben evaluarse digestibilidad, disponibilidad,

inocuidad, costo y constancia entre lotes. Los aditivos funcionales como: probióticos, prebióticos o antioxidantes, estos requieren la misma evaluación antes de atribuirles un efecto productivo.

En conjunto, la selección de ingredientes busca un equilibrio entre **eficiencia productiva, sostenibilidad ambiental y viabilidad económica**, lo cual constituye uno de los pilares de la acuicultura moderna en contextos globales y locales.

5.6 Estrategias de alimentación y manejo del alimento

La forma de suministrar alimento cambia con la intensidad del cultivo, y en sistemas de baja densidad, la productividad natural puede aportar una parte de la dieta; a medida que aumenta la biomasa, el alimento balanceado adquiere mayor peso y el control de la ración se vuelve más preciso. El objetivo no es ofrecer la mayor cantidad posible, sino cubrir la demanda sin dejar sobrantes (Tacon & Metian, 2015).

- **Alimentación manual:** empleada principalmente en sistemas extensivos y semi-intensivos. Hace posible observar directamente el comportamiento alimenticio de los peces, evaluar su estado sanitario y ajustar las raciones de acuerdo con el consumo real, reduciendo el desperdicio de alimento (Gatlin et al., 2007).

- **Alimentadores automáticos:** comunes en jaulas marinas y sistemas intensivos. Facilitan una distribución uniforme del alimento, mejoran la eficiencia de la alimentación y ayudan a reducir las pérdidas asociadas al suministro excesivo o irregular (Timmons & Ebeling, 2010).

- **Estrategia por etapas:** la ración se ajusta de forma progresiva según la talla, la biomasa y la fase de crecimiento y este procedimiento mejora la conversión alimenticia y ayuda a mantener un desarrollo uniforme del lote (FAO, 2022).

- **Feeding trays (bandejas de alimentación):** herramientas que permiten evaluar el consumo real del alimento, detectar sobrantes y prevenir el exceso de ración, contribuyendo tanto a la reducción de costos como al mantenimiento de una adecuada calidad del agua (Boyd, 2020).



Figura 17. Ilustración digital de estrategias de alimentación y manejo del alimento.

Fuente: Elaboración propia.

La ración diaria se calcula a partir de la biomasa, pero debe corregirse con la respuesta de los peces y las condiciones del agua. Si el consumo disminuye, mantener la ración programada aumenta el desperdicio y puede deteriorar el sistema. El registro de alimento ofrecido, sobrantes y crecimiento permite justificar cada ajuste (Boyd, 2020).

Caso didáctico: en un estanque de tilapia en agua salobre, las bandejas de alimentación pueden utilizarse para comparar la ración programada con el consumo observado. El estudiante debe registrar sobrantes y proponer un ajuste para el día siguiente.

5.7 Probióticos y dietas funcionales en la nutrición acuícola

- **Probióticos:** bacterias beneficiosas incorporadas a la dieta para apoyar la digestión y la resistencia frente a enfermedades.
- **Prebióticos:** compuestos que favorecen el crecimiento de bacterias beneficiosas en el intestino.
- **Alimentos funcionales:** dietas enriquecidas con antioxidantes y sustancias naturales, como extractos de ajo o algas marinas.
- **Algas y subproductos locales:** las macroalgas (*Gracilaria spp.*) y la harina de camarón pueden emplearse como fuentes alternativas de proteína.

Línea de investigación local: los subproductos de banano disponibles en El Oro pueden evaluarse como ingredientes energéticos, siempre que se determine su composición, digestibilidad, nivel de inclusión, costo y efecto sobre el crecimiento. Su disponibilidad regional no garantiza por sí sola que sean adecuados para una dieta comercial.

5.7 Conversión alimenticia y eficiencia productiva

El índice de conversión alimenticia (FCR) relaciona el alimento suministrado con la ganancia de biomasa. Un valor menor indica que se necesitó menos alimento por kilogramo producido, aunque su

interpretación debe considerar mortalidad, precisión de los muestreos y cambios de biomasa durante el periodo.

La comparación del FCR entre periodos ayuda a detectar cambios de eficiencia. Si el indicador empeora, conviene revisar alimento, temperatura, sanidad, densidad y exactitud de los registros antes de asumir que el problema está en una sola variable.

5.8 Innovaciones en nutrición acuícola

La nutrición acuícola ha evolucionado hacia el desarrollo de alimentos funcionales que aportan beneficios adicionales, como el fortalecimiento del sistema inmunológico y la mejora de la salud intestinal. Entre estas innovaciones se encuentran dietas enriquecidas con probióticos, prebióticos, antioxidantes y extractos naturales.

Estas estrategias ayudan a reducir la dependencia de antibióticos y a impulsar una acuicultura más sostenible y responsable.

5.9 Enfoque territorial: nutrición de peces costeros en la provincia de El Oro

En la provincia de El Oro, el acceso a subproductos agroindustriales y la experiencia del sector camaronero ofrecen oportunidades para la formulación de dietas adaptadas a las condiciones locales. La investigación aplicada y la transferencia tecnológica desde la academia hacia los productores son claves para mejorar la nutrición de peces costeros en la región.

5.10 Síntesis del capítulo

Una dieta adecuada no se evalúa solo por su porcentaje de proteína. También importan la digestibilidad, la etapa de vida, la frecuencia de alimentación, el costo y la cantidad de nutrientes que terminan en el agua. El mejor programa es el que integra esos criterios y se ajusta con registros del cultivo.

5.10.1 Recursos Pedagógicos Internos

Tabla 7. Comparación de fuentes proteicas en dietas de peces.

Fuente proteica	Ventajas	Limitaciones
Harina de pescado	Alta digestibilidad, rica en omega-3	Costosa, limitada disponibilidad
Harina de soya	Económica, abundante	Menor digestibilidad en peces marinos
Harina de insectos	Alta proteína, sostenible	Producción aún limitada en Ecuador
Subproductos agroindustriales	Bajo costo, disponibilidad local	Variabilidad en calidad nutricional

Fuente: Elaboración propia basada en FAO (2020) y Gatlin et al. (2007)

5.10.2 Conceptos clave

- La conversión alimenticia (FCR, por sus siglas en inglés) relaciona la cantidad de alimento suministrado con el incremento de biomasa obtenido. Se expresa en kilogramos de alimento por kilogramo de peso ganado.

- **Probiótico:** microorganismo vivo que favorece la digestión y el equilibrio intestinal.

- **Alimento funcional:** dieta formulada para brindar beneficios que complementan la nutrición básica.

5.10.3 Ejercicio breve

1. Prepare una dieta alternativa para tilapia marina usando al menos un subproducto agrícola disponible en su provincia.

2. Un lote de corvinas consumió 200 kg de alimento y aumentó 100 kg de biomasa. Calcule el índice de conversión alimenticia (FCR) e interprete el resultado.

5.11 Preguntas de reflexión

1. ¿Qué nutriente requieren en mayor proporción los peces marinos para crecer?
2. Indique dos ingredientes alternativos a la harina de pescado.
3. ¿Qué ventajas ofrecen los alimentos funcionales?

5.12 Actividad práctica

Diseñe un plan básico de alimentación para una especie de pez costero cultivado en la provincia de El Oro, considerando tipo de alimento, frecuencia de suministro y control de la conversión alimenticia.

5.12.1 Autoevaluación breve

1. Los probióticos se usan únicamente para aumentar el peso de los peces. (F)

2. La harina de insectos es una alternativa sostenible como fuente proteica. (V)

3. La conversión alimenticia mide la calidad del agua. (F)

5.12.2 Sugerencias de lectura y tareas

- Tacon, A. G. J., & Metian, M. (2015). Feed matters: Satisfying the feed demand of aquaculture.

- Revisar proyectos de investigación de la UTMACH en uso de ingredientes alternativos para peces marinos.

- Diseñar un plan de alimentación para una granja piloto de robalo en jaulas flotantes.

CAPÍTULO VI

6 REPRODUCCIÓN Y CULTIVO DE ALEVINES

La calidad de un lote de alevines se construye desde el manejo de los reproductores y continúa durante incubación, larvicultura y alevinaje, estos errores en estas fases tempranas pueden reflejarse después en supervivencia, uniformidad y crecimiento (Mylonas et al., 2010).

Objetivos de aprendizaje

- Comprender la fisiología reproductiva de peces marinos y costeros de interés acuícola.
- Conocer las principales técnicas de inducción reproductiva aplicadas en Ecuador.
- Analizar las fases críticas del manejo de larvas y alevines en sistemas controlados.
- Reflexionar sobre los desafíos de la producción de semilla de calidad en la acuicultura costera.

Escenario motivador

Figúrese un hatchery piloto en Puerto Bolívar que intenta producir alevines de corvina (*Cilus gilberti),* cuando los reproductores llegan a la fecha prevista sin desovar, porque antes de aplicar un tratamiento, el equipo debe revisar madurez gonadal, condición corporal, temperatura, fotoperiodo, salinidad, historial de manejo y respuesta al estrés.



Figura 18. Ilustración digital de producción de alevines de corvina.

Fuente: Elaboración propia.

Surge la pregunta:

- ¿Qué factores biológicos influyen en la reproducción?
- ¿Cuáles técnicas facilitan inducir el desove?
- ¿Qué medidas ayudan a asegurar que las larvas lleguen a convertirse en alevines sanos y viables?

Este capítulo responde esas preguntas y explica el proceso que va desde la reproducción hasta la obtención de semilla de calidad.

Desarrollo Temático

6.1 Importancia de la reproducción en la acuicultura costera

Disponer de alevines sanos y en cantidad suficiente permite programar los ciclos de cultivo sin depender de la captura de juveniles silvestres, y la independencia estos mejorar la planificación y reduce la presión sobre poblaciones naturales. La calidad de la semilla empieza con la selección

de reproductores y continúa durante la incubación y la larvicultura (FAO, 2022).

La reproducción de peces marinos y estuarinos suele exigir un control más fino que la de varias especies de agua dulce, en cuanto los reproductores responden al fotoperiodo, la temperatura, la salinidad y el estrés de manejo y así es más fácil comprender esas respuestas evita aplicar protocolos idénticos a especies con ciclos biológicos diferentes.

6.2 Fisiología reproductiva de peces marinos

La fisiología reproductiva de los peces marinos está regulada por una compleja interacción entre factores endocrinos y ambientales por lo que el hipotálamo, la hipófisis y las gónadas controlan la maduración gonadal y la liberación de gametos mediante la secreción de hormonas como la hormona liberadora de gonadotropina (GnRH) y las gonadotropinas (FSH y LH).

Factores ambientales como la temperatura, el fotoperiodo, la salinidad y la disponibilidad de alimento influyen directamente en la maduración sexual y el éxito reproductivo, los ambientes costeros tropicales, muchas especies presentan picos reproductivos asociados a la estación cálida, lo que permite establecer calendarios reproductivos para su manejo en cautiverio (Mylonas et al., 2010).

La reproducción de peces marinos depende de factores internos y externos:

- **Internos:** maduración gonadal, secreción hormonal (GnRH, gonadotropinas).

- **Externos:** temperatura, fotoperiodo, salinidad y disponibilidad de alimento.

Consideración técnica: la estacionalidad reproductiva varía entre especies y poblaciones, y parámetros como: la Temperatura, fotoperiodo, condición corporal y madurez gonadal deben registrarse antes de establecer un calendario de reproducción; no es recomendable extrapolar una temporada de desove sin datos de la población manejada (Mylonas et al., 2010).



Figura 19. Ilustración digital de actividad reproductiva.

Fuente: Elaboración propia.

6.3 Técnicas de reproducción en cautiverio

Cuando las condiciones naturales del entorno no son suficientes para inducir la reproducción, se emplean técnicas de reproducción asistida, entre las más empleadas en la acuicultura costera se encuentran la inducción hormonal, la manipulación ambiental y la fecundación artificial.

La inducción hormonal se utiliza cuando los peces completan parte del desarrollo gonadal en cautiverio, pero no alcanzan de forma espontánea la maduración final, la ovulación o la espermiación y, para su aplicación debe basarse en la especie, el estado de madurez y un protocolo previamente validado; una dosis no puede extrapolarse entre especies (Mylonas et al., 2010).

La **manipulación ambiental** consiste en controlar variables como la temperatura y el fotoperiodo para reproducir condiciones favorables para el desove. En cuanto a la fecundación artificial ofrece mayor control del proceso y se aplica cuando se busca mejorar la eficiencia y la calidad de los huevos fertilizados.

Consejo práctico: La inducción debe realizarse con personal capacitado y respetando protocolos de bioseguridad para evitar estrés y mortalidad de reproductores.

6.4 Manejo y selección de reproductores

El manejo adecuado de los reproductores es determinante para la obtención de huevos y larvas de calidad, los peces destinados a la reproducción deben mantenerse en condiciones óptimas de alimentación, calidad del agua y sanidad, evitando factores de estrés que afecten su desempeño reproductivo.

La selección de reproductores se basa en criterios como tamaño, edad, condición corporal y estado sanitario. Asimismo, una dieta rica en proteínas y ácidos grasos esenciales favorece la maduración gonadal y mejora la calidad de los gametos (Izquierdo et al., 2001).

6.5 Larvicultura: manejo de larvas

El éxito del cultivo depende en gran medida de la atención a las fases tempranas, donde las larvas y alevines son particularmente sensibles a cambios en el ambiente y a deficiencias nutricionales, por lo tanto, para poder garantizar su supervivencia y crecimiento adecuado, es necesario cuidar los siguientes factores:

- **Alimentación**: en la etapa larvaria, los peces demandan alimento vivo como rotíferos, artemia y microalgas, que aportan nutrientes fácilmente asimilables y estimulan el desarrollo del sistema digestivo, y conforme avanza la ontogenia, se introduce de manera gradual una dieta microencapsulada o balanceada, lo cual facilita la transición hacia una alimentación más estable y eficiente.

- **Condiciones del agua:** para prevenir el estrés, los parámetros físico-químicos deben permanecer dentro de intervalos apropiados, Se recomienda mantener el oxígeno disuelto entre 5 y 7 mg/L, la temperatura entre 26 y 28 °C y la salinidad cerca de 25–30 ppt. Los cambios bruscos de estas variables pueden elevar la mortalidad.

- **Densidad de cultivo:** trabajar con densidades bajas durante las primeras fases limita la competencia por alimento y espacio, mejora la uniformidad del crecimiento y reduce los problemas sanitarios. Conforme aumente el tamaño de los alevines, la densidad debe ajustarse a la capacidad del sistema.

- **Manejo sanitario:** el control de patógenos es esencial en estas etapas. El empleo de protocolos de bioseguridad, como la desinfección del agua y la utilización de cepas probióticas, ayuda a reducir la presión de enfermedades y mejora la calidad del medio de cultivo.

- **Monitoreo constante:** la observación diaria del comportamiento alimenticio y la tasa de supervivencia permite realizar ajustes oportunos en la dieta y en las condiciones ambientales, asegurando así la estabilidad del lote.

Ejemplo: En hatcheries experimentales de la UTMACH, se emplean microalgas (*Nannochloropsis spp.*) como alimento inicial para larvas de peces marinos.

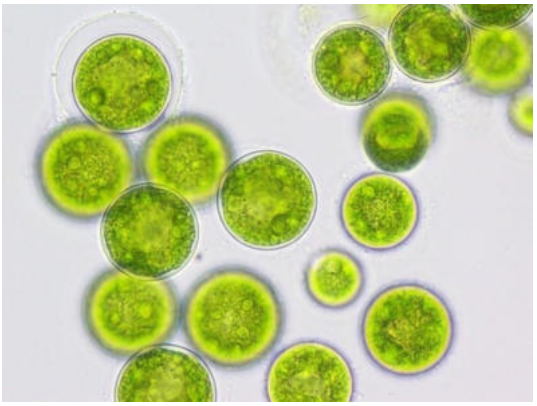

Figura 20. Microalga Nannochloropsis oculata utilizada en larvicultura marina.

Fuente: Pérez-Mora (2019).

Tabla 8. Etapas larvarias de peces costeros y consideraciones de manejo.

Etapa	Días aproximados	Alimentación	Riesgos principales
Huevo embrionado	0–1	No requiere alimentación externa (saco vitelino)	Sensibilidad a cambios de temperatura y salinidad; baja oxigenación
Larva recién eclosionada	1–3	Saco vitelino	Mortalidad por mala calidad del agua; iluminación inadecuada
Larva temprana	3–7	Rotíferos (*Brachionus* sp.)	Desnutrición, baja disponibilidad de alimento vivo
Larva media	7–15	Rotíferos enriquecidos y artemia	Estrés por densidad; fallas en enriquecimiento
Larva tardía	15–25	Artemia y transición a microdietas	Canibalismo; adaptación deficiente al alimento balanceado
Alevín temprano	25–40	Alimento balanceado finamente molido	Crecimiento desigual; problemas sanitarios
Alevín avanzado	>40	Alimento balanceado comercial	Estrés por manejo; mala conversión alimenticia

6.6 Producción y manejo de alevines

Durante el alevinaje se consolida la transición hacia alimento formulado y aumenta la capacidad de manejar el lote mediante clasificación y ajustes de densidad. Una adaptación deficiente a la dieta o una gran dispersión de tallas puede traducirse en crecimiento desigual y mayor competencia.

El manejo de alevines abarca el control de la densidad de cultivo, la clasificación por tallas y el seguimiento continuo del estado sanitario. Una práctica inadecuada en esta fase puede comprometer el crecimiento, la supervivencia y la uniformidad del lote.

6.7 Factores críticos de supervivencia en larvas y alevines

Entre los factores más relevantes que afectan la supervivencia de larvas y alevines se encuentran las condiciones del agua, la nutrición, la densidad de siembra y el manejo sanitario. La estabilidad de parámetros como oxígeno disuelto, temperatura y salinidad es indispensable para reducir el estrés y prevenir enfermedades.

La bioseguridad debe comenzar antes de la eclosión y mantenerse durante todo el proceso. Desinfección, separación de lotes, registros de mortalidad y control de entradas reducen la probabilidad de que un problema se propague entre tanques.

6.7.1 Retos para obtener semilla acuícola de calidad

- Baja supervivencia larval: en especies marinas nuevas para cultivo, la supervivencia puede variar ampliamente entre lotes; por ello, debe registrarse por fase y relacionarse con alimentación, densidad y calidad del agua.
- **Dependencia de alimento vivo:** eleva los costos y exige infraestructura especializada.
- **Genética de reproductores:** un manejo deficiente puede aumentar la consanguinidad y reducir la variabilidad genética.
- **Capacitación técnica:** el trabajo en hatcheries requiere personal con formación especializada.

El control sanitario temprano, mediante prácticas de bioseguridad y seguimiento continuo, también permite reducir la aparición de patógenos y mejorar la supervivencia de los alevines (FAO, 2022).

Caso de análisis: en la larvicultura de pargos (Lutjanus spp.), la disponibilidad y calidad del alimento vivo, el tamaño de presa y la estabilidad del agua son variables que deben ajustarse durante el desarrollo. El estudiante puede comparar estos requerimientos con los de otra especie marina.

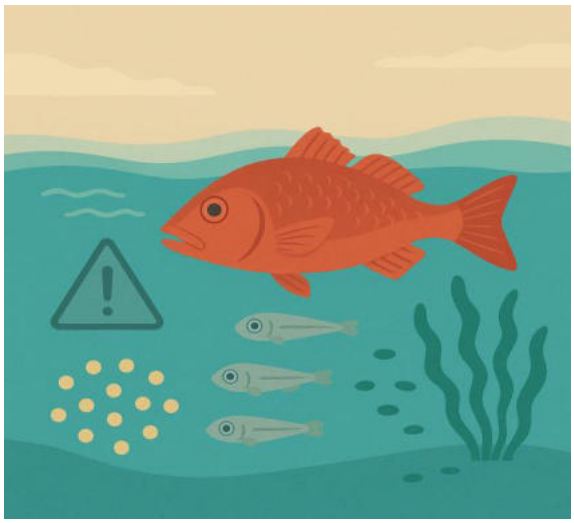

Figura 21. Ilustración digital de retos en la etapa larval en el cultivo de pargo.

Fuente: Elaboración propia.

6.8 Enfoque territorial: producción de alevines en la provincia de El Oro

Para diversificar el cultivo de peces en El Oro, la disponibilidad de semilla es una condición previa. El diagnóstico de la maricultura ecuatoriana identifica la producción de semilla y la validación

tecnológica entre los aspectos que todavía requieren desarrollo; por ello, cualquier propuesta de hatchery debe partir de ensayos de reproducción y larvicultura ajustados a la especie y al sitio (Jiménez Velastegui & Torres, 2023).

El desarrollo de hatcheries en la región requiere trabajo conjunto entre universidades, centros de investigación y productores. La academia puede aportar protocolos y evaluación experimental, mientras el sector productivo ayuda a comprobar si esos procedimientos son viables a escala comercial.

6.8.1 Recursos pedagógicos internos

Tabla 9. Fases de desarrollo en el cultivo de peces marinos.

Etapa	Características	Requerimientos principales	Riesgos
Huevos	Flotantes, fecundación externa	Agua limpia, oxigenada	Fungosis, infertilidad
Larvas	Cuerpo transparente, alta mortalidad	Alimento vivo (rotíferos, artemia)	Deficiencia alimentaria, infecciones
Alevines	Desarrollo de aletas y órganos	Dieta balanceada, baja densidad	Estrés, enfermedades
Juveniles	Crecimiento acelerado	Alimentación intensiva	Competencia, malformaciones

6.9 Síntesis del capítulo

La calidad del alevín se construye desde el manejo de los reproductores. Control del desove, incubación, alimento vivo, transición a microdietas y bioseguridad forman una secuencia en la que un error temprano puede

reflejarse semanas después. La trazabilidad de cada lote ayuda a reconocer esos puntos críticos.

6.9.1 Conceptos clave

- **Inducción al desove:** comprende técnicas aplicadas para estimular la reproducción de peces en cautiverio, que abarcan el uso de hormonas o la manipulación de condiciones del entorno como fotoperiodo, temperatura y salinidad.
- **Fecundación artificial:** técnica en la que se extraen y mezclan gametos de los reproductores bajo condiciones controladas para elevar la tasa de fertilización.
- **Fase larval:** periodo inicial del ciclo de vida y uno de los más sensibles, debido a la mortalidad asociada con la alimentación, las condiciones del agua y la susceptibilidad a enfermedades.
- ***Microalga Nannochloropsis oculata:*** especie empleada en hatcheries como alimento vivo, dado su aporte de ácidos grasos esenciales y su capacidad para enriquecer rotíferos y artemia.
- **Semilla de calidad:** juveniles o alevines que muestran uniformidad en tamaño, buen estado sanitario y altas probabilidades de supervivencia; por ello, son esenciales para el éxito del cultivo.
- ***FCR (Feed Conversion Ratio):*** expresa la relación entre el alimento suministrado y la biomasa obtenida (kg de alimento/kg de peso ganado).

6.9.2 Ejercicio breve

1. Represente un hatchery mediante un esquema e identifique las áreas destinadas a reproductores, larvas y alevines.

2. Revise con un oxímetro los niveles de oxígeno disuelto en un tanque larvario y compare con los rangos óptimos (5–7 mg/L).

3. Prepare un cuadro con las diferencias entre desove natural, inducido hormonalmente y manipulación ambiental.

6.10 Preguntas de reflexión

- ¿Qué factores internos y externos condicionan la reproducción de peces marinos en cautiverio?
- ¿Cuáles son las principales técnicas de inducción al desove empleadas en acuicultura?
- ¿Por qué la fase larval se reconoce como la etapa más crítica en el ciclo de cultivo?
- ¿Qué beneficios aporta la utilización de microalgas como Nannochloropsis oculata en la alimentación inicial de larvas?
- ¿Cuáles son los principales desafíos para mantener semilla de calidad en los hatcheries costeros?

6.11 Actividad práctica

Proponga un esquema básico de un hatchery para peces costeros, identificando las áreas destinadas a reproductores, larvicultura y alevinaje, y describa los principales factores de manejo en cada etapa.

6.11.1 Autoevaluación breve

1. La alimentación con rotíferos y artemia supone la base nutricional de las larvas en sus primeros días de vida. (V)
2. La supervivencia de las larvas apenas depende del oxígeno disuelto. (F)
3. El desove puede inducirse mediante el control ambiental o la aplicación de hormonas. (V)
4. Una densidad elevada durante la fase larvaria favorece la uniformidad y acelera el crecimiento. (F)
5. El origen biológico de los organismos y el manejo larvario influyen en la calidad de la semilla producida en un hatchery. (V)

6.11.2 Sugerencias de lectura y tareas

- Mylonas, C. C., Fostier, A., & Zanuy, S. (2010). Broodstock management and hormonal manipulations of fish reproduction.
- Izquierdo, M. S., Fernández-Palacios, H., & Tacon, A. G. J. (2001). Effect of broodstock nutrition on reproductive performance of fish.
- Visitar un centro de producción de alevines y elaborar un reporte con observaciones sobre manejo reproductivo.

CAPÍTULO 7

7 SANIDAD Y BIOSEGURIDAD EN ACUICULTURA COSTERA

En sanidad acuícola, la prevención empieza antes de que aparezca un pez enfermo. La calidad del agua, la procedencia de los organismos, la limpieza de equipos y los registros de mortalidad condicionan la probabilidad de un brote y la rapidez con la que puede detectarse (Boyd et al., 2020).

Objetivos de aprendizaje

- Analizar los principales agentes patógenos que afectan a peces marinos cultivados.
- Comprender la importancia de la bioseguridad en el manejo de granjas acuícolas.
- Identificar medidas preventivas y correctivas para mantener la sanidad en sistemas costeros.
- Evaluar prácticas responsables en el uso de medicamentos y alternativas sostenibles.

Caso de bioseguridad

Piense en un escenario cercano a la realidad productiva ecuatoriana: usted está a cargo de un centro de cultivo de pargo (*Lutjanus* spp.) en jaulas flotantes, en la costa de El Oro. En cuestión de días nota algo inusual —más mortalidades de lo normal, peces con lesiones en la piel

y un consumo de alimento que ha bajado notablemente—. El diagnóstico preliminar apunta a una infección bacteriana. Frente a esta situación, conviene detenerse a pensar:

- ¿Qué protocolos de bioseguridad habrían podido evitar este brote?
- ¿Cuál es el procedimiento que corresponde seguir ante una emergencia sanitaria en acuicultura?
- ¿Con qué alternativas se puede reducir el uso excesivo de antibióticos?

Desarrollo Temático

7.1 Importancia de la sanidad en la acuicultura costera

Antes de que una enfermedad provoque mortalidad visible, ya suele haber afectado el crecimiento de los animales. Esto explica por qué la sanidad no es solo un asunto de bienestar animal, sino también un factor que incide directamente en el costo del ciclo productivo. Ninguna escala de producción está exenta de estas pérdidas —afectan tanto a unidades pequeñas como grandes—, aunque no todas cuentan con la misma capacidad para diagnosticar a tiempo ni para responder con la misma rapidez (FAO, 2022).

A esto se suma que los cultivos costeros no operan en un sistema cerrado: mantienen un contacto permanente con el ambiente circundante, lo que los hace vulnerables a variaciones de salinidad, temperatura y calidad del agua. Si a ello se suman densidades elevadas, el riesgo sanitario aumenta. Prevenir mediante cuarentena, limpieza,

registros y vigilancia suele ser más eficaz que actuar cuando el brote ya está establecido.

7.2 Principales enfermedades de los peces cultivados en ambientes costeros

Los peces cultivados en ambientes costeros pueden verse afectados por diversos agentes patógenos, entre los que se encuentran bacterias, virus, parásitos y hongos. La aparición y propagación de estos agentes está estrechamente relacionada con factores como la calidad del agua, el estrés, la densidad de cultivo y el manejo inadecuado.

En las costas ecuatorianas, los peces marinos de cultivo enfrentan la presión de distintos grupos de patógenos, cada uno con una forma particular de afectar al organismo.

Entre las bacterias, destaca *Vibrio* spp., un género frecuente en aguas costeras capaz de generar cuadros de úlceras y septicemia. Un comportamiento distinto presenta *Aeromonas* spp., que suele asociarse con ambientes pobres en oxígeno y se manifiesta principalmente como lesiones cutáneas.

En el grupo de los parásitos, *Cryptocaryon irritans* es el responsable del llamado "punto blanco marino", afección que compromete tanto la piel como las branquias. A esto se suman los monogéneos branquiales - entre ellos *Neobenedenia* spp.- , que reducen la capacidad respiratoria del pez al fijarse en ese tejido.

Del lado viral, el Nodavirus - agente causante de la necrosis viral nerviosa (NNV, por sus siglas -provoca necrosis del tejido nervioso, con mayor impacto en larvas y juveniles (FAO, 2022).

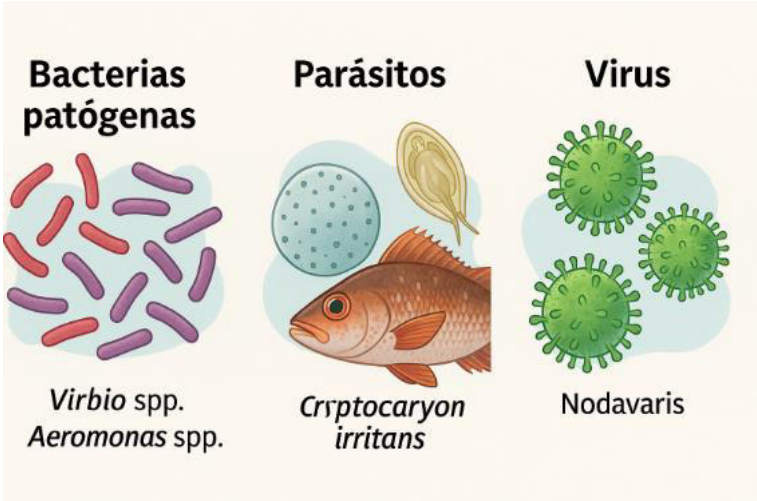

Figura 22. Principales enfermedades que afectan a peces marinos en cultivo.

Fuente: Elaboración propia.

Las enfermedades bacterianas, especialmente las causadas por bacterias del género *Vibrio*, son comunes en ambientes marinos y estuarinos. Estas infecciones suelen manifestarse mediante lesiones externas, hemorragias, letargo y disminución del apetito. Las enfermedades de origen parasitario, en cambio, tienden a concentrarse en la piel, las branquias y el tracto digestivo. Su efecto no suele ser letal por sí solo, sino que debilita al pez y le abre la puerta a infecciones secundarias.

Tabla 10. Principales enfermedades en peces cultivados en acuicultura costera, signos clínicos y medidas preventivas

Tipo de enfermedad	Agente causal	Signos clínicos	Factores predisponentes	Medidas de prevención
Bacteriana	*Vibrio* spp.	Hemorragias, letargo, pérdida de apetito	Mala calidad del agua, estrés, altas densidades	Monitoreo continuo del agua, manejo del estrés, prácticas de bioseguridad
Bacteriana	*Aeromonas* spp.	Úlceras cutáneas, necrosis, nado errático	Sobrealimentación, acumulación orgánica	Control adecuado de la ración, limpieza periódica de estanques
Parasitaria	Protozoarios y helmintos	Lesiones en branquias, pérdida de peso	Ingreso de peces infectados al sistema	Cuarentena y control sanitario previo al ingreso
Fúngica	*Saprolegnia* spp.	Crecimiento algodonoso sobre piel y huevos	Daño físico, baja temperatura	Manejo cuidadoso de los organismos, desinfección de equipos
Viral	Virus emergentes	Mortalidad elevada, alteraciones de comportamiento	Deficiencias en bioseguridad	Control estricto de ingreso, vigilancia sanitaria constante

Caso didáctico: ante una mortalidad de robalo acompañada de lesiones externas, Vibrio spp. puede incluirse entre los diagnósticos diferenciales, pero la confirmación requiere aislamiento, pruebas de laboratorio y análisis de los factores ambientales.

7.3 Agentes patógenos: bacterias, virus y parásitos

Bacterias, virus y parásitos difieren en su forma de transmisión y en las herramientas necesarias para diagnosticarlos. Las bacterias oportunistas, por ejemplo, pueden aprovechar estrés, lesiones o deterioro del agua; por ello, encontrar una bacteria en una muestra no demuestra por sí solo que sea la causa primaria del problema.

Los virus pueden originar brotes de alta mortalidad en especies susceptibles, mientras que los parásitos producen efectos que van desde irritación y daño branquial hasta pérdida de condición. La importancia de cada agente depende de la especie, edad, origen del lote y condiciones de cultivo.

7.4 Factores predisponentes a las enfermedades

La aparición de enfermedades en la producción acuícola costera suele estar asociada a condiciones de estrés. Factores como fluctuaciones bruscas de temperatura y salinidad, bajos niveles de oxígeno disuelto, acumulación de materia orgánica y manejo inadecuado del alimento incrementan la susceptibilidad de los peces a los patógenos.

De igual manera, la introducción de organismos sin un adecuado control sanitario y la falta de protocolos de bioseguridad favorecen la diseminación de enfermedades dentro y entre sistemas de cultivo.

7.4.1 Métodos de diagnóstico y prevención

- **Observación clínica:** Implica registrar cambios en el comportamiento del pez, entre ellos el nado errático y la disminución o pérdida del apetito.

- **Exámenes de laboratorio:** Incluyen análisis microbiológicos y la reacción en cadena de la polimerasa (PCR, por sus siglas en inglés) para la detección de agentes virales.

- **Prevención:**

    - Selección de reproductores en buen estado sanitario.

    - Cuarentena de nuevos ingresos.

    - Control de densidad de siembra.

    - Monitoreo permanente de parámetros de agua.

Consejo práctico: mantener registros sanitarios detallados facilita identificar patrones de brotes y actuar de manera preventiva.

7.5 Diagnóstico y monitoreo sanitario

El diagnóstico oportuno de enfermedades es fundamental para minimizar su impacto en la actividad productiva acuícola. El monitoreo sanitario abarca la observación diaria del comportamiento de los peces, la identificación de signos clínicos externos y el análisis de parámetros básicos de las condiciones del agua.

En los casos necesarios, el diagnóstico puede complementarse con análisis de laboratorio para la identificación de agentes patógenos. La detección temprana hace posible aplicar medidas correctivas inmediatas, como ajustes en el manejo, reducción de densidades o aislamiento de lotes afectados.

7.6 Bioseguridad en sistemas de acuicultura costera

La bioseguridad abarca el conjunto de medidas preventivas orientadas a evitar la introducción, establecimiento y propagación de agentes patógenos en los sistemas acuícolas. Estas incluyen el control de acceso a las instalaciones, la desinfección periódica de los equipos, un manejo apropiado de los residuos y la capacitación constante del personal que participa en las actividades productivas.

En el caso particular de la acuicultura costera, la bioseguridad no puede aplicarse de forma genérica: debe ajustarse a las condiciones del entorno, tomando en cuenta el contacto directo con cuerpos de agua naturales, el efecto de las mareas y el riesgo de que ingresen patógenos procedentes del medio externo. Por ello, resulta indispensable aplicar estrategias integrales que reduzcan los riesgos sanitarios sin afectar la sostenibilidad ambiental del sistema.

1. **Barreras físicas:** cercas, mallas y pediluvios ayudan a bloquear el ingreso de patógenos y a controlar el acceso de personas, animales y vehículos.

2. **Control de equipos:** desinfección regular de redes, botas, herramientas y embarcaciones empleadas en las actividades acuícolas, para evitar la contaminación cruzada.

3. **Manejo del personal:** el registro de ingresos, la capacitación continua y el equipo de protección reducen la posibilidad de transmitir agentes infecciosos.

4. **Rotación de cultivos:** los periodos de descanso sanitario en estanques y otras unidades de producción interrumpen la acumulación y la permanencia de patógenos.

5. **Integración multitrófica:** incorporación de organismos como moluscos y algas que contribuyen a reducir la carga orgánica del sistema, mejorando la calidad del agua y disminuyendo el riesgo sanitario.

Aplicación práctica: un hatchery puede establecer un punto de ingreso con cambio de calzado, lavado de manos y desinfección de materiales. El procedimiento debe definir concentración del desinfectante, tiempo de contacto, frecuencia de recambio y responsable del registro.

7.7 Uso responsable de medicamentos y alternativas sostenibles

El uso de medicamentos en la acuicultura, particularmente de antibióticos, debe realizarse de manera responsable y bajo criterios técnicos estrictos, con el fin de evitar la generación de resistencia antimicrobiana, la presencia de residuos en el producto final y la contaminación del ambiente acuático. En este sentido, la tendencia actual de la acuicultura moderna promueve la reducción progresiva del

uso de fármacos y el fortalecimiento de estrategias preventivas orientadas al control sanitario (Boyd et., 2022).

- Antibióticos: cuando se emplean sin control, favorecen el desarrollo de resistencia bacteriana, ponen en riesgo la inocuidad del producto final y generan un impacto ambiental no deseado. Por ello, su aplicación debería reservarse a casos estrictamente necesarios y bajo supervisión técnica.
- Vacunas: aunque su disponibilidad para especies marinas sigue siendo limitada —la mayoría se encuentra todavía en fase experimental—, constituyen una alternativa con buen potencial para prevenir enfermedades sin generar efectos adversos sobre el ambiente.
- Probióticos y fitobióticos: esta opción combina microorganismos benéficos con extractos de origen vegetal, como ajo, cúrcuma y algas marinas, cuyo aporte principal es fortalecer el sistema inmunológico y favorecer la salud intestinal de los peces.

Buenas prácticas de manejo: mantener una calidad de agua adecuada, respetar densidades de cultivo apropiadas y ofrecer una nutrición balanceada reduce el estrés de los animales y forma, en conjunto, la base sobre la que se sostiene la prevención sanitaria en la acuicultura costera.



Figura 23. Representación esquemática de protocolos de bioseguridad en la acuicultura.

Fuente: Elaboración propia.

Línea de investigación: extractos vegetales disponibles en la región, incluida la moringa, pueden estudiarse como fitobióticos. Para afirmar un beneficio se requiere comparar dosis, supervivencia, crecimiento y respuesta sanitaria frente a un tratamiento control.

7.8 Alternativas sostenibles en sanidad acuícola

Las alternativas sostenibles en sanidad acuícola abarcan el uso de vacunas, cuando están disponibles, la aplicación de fitobióticos y la implementación de buenas prácticas de manejo. Estas estrategias permiten mejorar la salud de los peces sin generar efectos adversos sobre el ecosistema acuático.

Reducir el estrés mediante una densidad adecuada, buena calidad del agua y manipulación cuidadosa disminuye factores que favorecen la aparición de enfermedad. Estas medidas son parte del control sanitario diario y deben registrarse igual que los tratamientos.

7.9 Enfoque territorial: sanidad acuícola en la provincia de El Oro

La trayectoria acuícola de El Oro aporta experiencia en bioseguridad, manejo de agua y control de accesos. Parte de ese aprendizaje puede servir como referencia para el cultivo de peces, pero los protocolos deben ajustarse a sus patógenos, vías de transmisión y características de manejo.

La vigilancia sanitaria mejora cuando productores, instituciones públicas y universidades comparten información y criterios de respuesta. Esa coordinación puede acortar el tiempo entre la aparición de un problema, su diagnóstico y la aplicación de medidas de control.

7.10 Síntesis del capítulo

La sanidad se sostiene con prevención, observación y registros. La cuarentena, la limpieza, el control de ingresos y el seguimiento de signos clínicos reducen el riesgo de introducción y dispersión de patógenos. Los medicamentos deben utilizarse únicamente con diagnóstico y supervisión técnica.

7.10.1 Recursos pedagógicos internos

Tabla 11. Principales agentes patógenos en peces marinos.

Agente patógeno	Ejemplo	Síntomas principales
Bacterias	*Vibrio spp.*	Úlceras, septicemia, mortalidad súbita.
	Aeromonas spp.	Lesiones cutáneas, asociadas a aguas mal oxigenadas.
Parásitos	*Cryptocaryon irritans*	Manchas blancas en piel y branquias, irritación.
	Neobenedenia spp.	Daño branquial, reducción de capacidad respiratoria.
Virus	*Nodavirus (NNV)*	Necrosis viral nerviosa en larvas y juveniles.

Fuente: Elaboración propia con base en FAO (2022) y Boyd et al. (2020).

a) Conceptos clave

- **Bioseguridad:** medidas para prevenir la propagación de enfermedades.
- **Patógeno oportunista:** microorganismo que enferma bajo condiciones de estrés.
- **Fitobióticos:** aditivos de origen vegetal empleados para apoyar la salud de los peces.

b) Ejercicio breve

1. Examine plantas locales que podrían emplearse como fitobióticos en dietas acuícolas.

7.11 Preguntas de reflexión

1. ¿Cuáles son los principales agentes patógenos de los cultivos marinos y qué enfermedades provocan?
2. Indique tres medidas básicas de bioseguridad que deben aplicarse en hatcheries y jaulas flotantes.

3. ¿Por qué suele ser más rentable prevenir las enfermedades que tratarlas?
4. ¿Qué beneficios aportan los probióticos frente al uso rutinario de antibióticos?
5. Argumente el papel de los fitobióticos y dé un ejemplo de ingrediente natural aplicado en la acuicultura local.

7.12 Actividad práctica

Prepare un protocolo básico de sanidad y bioseguridad para un sistema de cultivo de peces costeros, incluyendo medidas preventivas, acciones de monitoreo y procedimientos ante la detección de enfermedades.

7.12.1 Autoevaluación breve

1. La prevención de enfermedades es más rentable que el tratamiento en acuicultura. (V)
2. La bioseguridad solo se aplica en hatcheries y no es necesaria en jaulas marinas. (F)
3. El uso excesivo de antibióticos puede generar resistencia bacteriana en patógenos acuícolas. (V)
4. Los fitobióticos como extractos de plantas pueden mejorar la respuesta inmune de los peces. (V)
5. El registro sanitario de mortalidades y tratamientos no es necesario en sistemas intensivos. (F)

7.12.2 Sugerencias de lectura y tareas

- FAO. (2022). El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2022: Hacia la transformación azul.

- Revisar la normativa sanitaria vigente y los protocolos institucionales aplicables al movimiento y manejo de organismos acuáticos.

- Diseñar un mapa conceptual sobre las barreras de bioseguridad en sistemas de cultivo intensivo.

CAPÍTULO 8

8 PRODUCCIÓN Y MANEJO COMERCIAL

La viabilidad comercial depende de todo el proceso: volumen, calidad, inocuidad y sostenibilidad de la cadena de valor (FAO, 2022).

Objetivos de aprendizaje

Examinar el proceso de planificación y organización que sigue la actividad productiva acuícola.

- Explicar por qué el manejo poscosecha resulta determinante para la calidad final del producto.
- Distinguir las estrategias de comercialización empleadas en mercados nacionales frente a las de mercados internacionales.
- Examinar de forma crítica la asociatividad y las cadenas de valor presentes en la producción acuícola de las zonas costeras.

Escenario motivador

Ahora, desde una perspectiva comercial, póngase en el lugar de quien gerencia una granja acuícola de robalo (*Centropomus* spp.). en Santa Rosa que está próxima a cosechar. El lote alcanzó el tamaño comercial, pero todavía deben resolverse decisiones que afectan el precio final: cuándo cosechar, cómo enfriar el producto y a qué canal dirigirlo.

1. ¿De qué forma conviene organizar la recolección para minimizar el estrés en los peces?

2. ¿Qué medidas conviene aplicar para mantener la frescura durante el transporte?

3. ¿Qué estrategias ayudan a negociar precios justos en el mercado local o proyectarse a la exportación?

La respuesta a estas preguntas depende de la planificación productiva y el manejo comercial.



Figura 24. Cosecha de peces en jaula flotante con personal utilizando redes y equipos de protección.

Fuente: Elaboración propia.

Desarrollo Temático

8.1 Importancia del manejo productivo y comercial

El proceso productivo no termina con la cosecha. A partir de ese momento, factores como el tiempo transcurrido, la temperatura de manejo y la forma en que se manipula el producto son los que definen la calidad con la que finalmente llega al comprador. Cuando la venta se

planifica junto con la producción y no después de ella, es posible reducir las pérdidas poscosecha, aprovechar mejor los recursos disponibles y responder con mayor precisión a las condiciones reales del mercado (FAO, 2022).

Para los productores pequeños y medianos, comercializar puede resultar tan exigente como el propio cultivo. La variación de precios, los costos de transporte y el acceso limitado a compradores estables reducen el margen con el que se puede negociar. Frente a esto, organizarse de forma colectiva y planificar las cosechas con anticipación son estrategias que permiten mejorar esa posición.

8.2 Planificación y organización de la producción

Planificar la actividad acuícola implica, en primer lugar, definir con claridad los objetivos productivos; después, programar los momentos de siembra y cosecha, y estimar los insumos que se requerirán alimento, mano de obra, energía. Cuando esta planificación se hace bien, permite ajustar la oferta a la demanda real del mercado y evitar sobreproducciones que terminan afectando la rentabilidad.

Los registros de crecimiento, supervivencia, alimento y costos permiten actualizar el plan durante el ciclo. Si la talla esperada no se alcanza en la fecha prevista, el productor puede recalcular alimento, tiempo de engorde y compromiso de venta antes de que el retraso genere un problema logístico.

Tabla 12. Planificación básica de un ciclo productivo en acuicultura costera (ejemplo: corvina en jaulas flotantes).

Etapa	Duración estimada	Actividades principales	Observaciones
Siembra	0–1 mes	Traslado y aclimatación de alevines	Evitar estrés
Engorde	2–6 meses	Alimentación balanceada, monitoreo	Ajustar densidad
Cosecha	7–8 meses	Recolección selectiva o total	Evitar mortalidad
Poscosecha	Inmediata	Lavado, clasificación, empaque	Mantener cadena de frío

Fuente: Elaboración propia (2026)

8.3 Organización y control del proceso productivo

Organizar el proceso productivo significa, en la práctica, tres cosas importantes: diseñar las actividades del día a día, definir quién responde por cada una y dejar por escrito registros técnicos confiables. Sin estos registros de crecimiento, conversión alimenticia, supervivencia y costos por etapa resulta casi imposible saber, con certeza, cómo se está comportando el cultivo.

Ahí entra el control sistemático: revisar de manera constante lo que arrojan esos registros es lo que permite detectar a tiempo cuándo algo se está desviando de lo esperado, valorar si el sistema está funcionando bien y corregir el rumbo antes de que el problema afecte la eficiencia o la rentabilidad del cultivo.

8.4 Cosecha en sistemas de acuicultura costera

Ciertas tapas son tan delicadas como la cosecha. Un manejo descuidado en este punto puede echar por tierra semanas de buen trabajo: Alcanzar

la calidad del producto final para que las pérdidas económicas se vuelvan inevitables. En el contexto costero, esto se traduce en reglas concretas: minimizar el estrés en los peces, acortar al máximo el tiempo de manipulación y sostener condiciones de higiene adecuadas durante todo el proceso.

¿Cuándo cosechar, entonces? La respuesta depende de varios factores a la vez: el tamaño comercial que ya alcanzaron los peces, lo que el mercado está pidiendo en ese momento y las condiciones del entorno el día de la faena. Una cosecha planificada permite maximizar el valor del producto y reducir riesgos poscosecha.

8.5 Manejo poscosecha y conservación del producto

El manejo poscosecha abarca todas las operaciones realizadas desde la cosecha hasta la comercialización del producto. Estas abarcan el sacrificio humanitario, el enfriamiento inmediato, la clasificación por tallas y el almacenamiento en condiciones adecuadas.

El empleo de buenas prácticas poscosecha ayuda a preservar la frescura, textura y calidad organoléptica del pescado, así como a asegurar la inocuidad alimentaria. Un manejo deficiente en esta etapa puede comprometer la aceptación del producto en el mercado y afectar la reputación del productor.

Tabla 13. Factores que determinan la calidad del pescado en poscosecha. Fuente: elaboración propia con base en FAO (2022).

Factor	Buena práctica	Riesgo si no se cumple
Temperatura	0–4 °C en cadena de frío	Pérdida de frescura
Higiene	Manipulación con guantes	Contaminación microbiana
Tiempo de transporte	< 24 horas	Pérdida de calidad



Figura 25. Transporte de pescado en cadena de frío. Fuente: elaboración propia.

Fuente: Elaboración propia (2026)

8.6 Calidad del producto e inocuidad alimentaria

La calidad del producto acuícola está determinada por atributos físicos, químicos y microbiológicos, así como por la ausencia de residuos de medicamentos y contaminantes. El cumplimiento de normas de inocuidad alimentaria resulta indispensable para acceder a mercados formales y, especialmente, a mercados de exportación.

La implementación de Buenas Prácticas de Acuicultura (BPA) y sistemas de trazabilidad permite garantizar la seguridad del producto y fortalecer la confianza del consumidor.

8.7 Comercialización de productos de la acuicultura costera

El canal o linea de venta condiciona presentación, volumen, trazabilidad y logística. Un mercado local puede aceptar lotes pequeños y entregas frecuentes; existen cadenas de distribución o exportación que exige uniformidad, documentación y capacidad de mantener la cadena de frío. El productor debe de tomar decisión debe tomarse antes de la cosecha, para la comercialización

La venta directa al consumidor final supone una alternativa para mejorar los márgenes de ganancia, aunque demanda mayor organización, cumplimiento de requisitos sanitarios y estrategias de marketing adecuadas.

El mercado de peces marinos en Ecuador aún es limitado, pero presenta oportunidades:

- **Nacional:** restaurantes y mercados mayoristas (Guayaquil, Quito).
- **Internacional:** exportación hacia EE. UU. y Europa, bajo certificaciones (GlobalG.A.P., ASC).



Figura 26. Ruta comercial de peces marinos desde granja hasta mercado internacional.

Fuente: Elaboración propia (2026)

Caso didáctico: una asociación de productores evalúa vender robalo entero en el mercado local o procesarlo mediante una planta habilitada para acceder a compradores de mayor escala. El análisis debe comparar precio, rendimiento, costos de proceso, transporte, certificaciones y riesgo de rechazo; no basta con comparar el precio de venta.

Tabla 14. Comparación de canales de comercialización.

Canal	**Ventajas**	**Limitaciones**
Mercado local	Rápida colocación, menos requisitos	Precios variables
Mayoristas nacionales	Volumen asegurado	Márgenes reducidos
Exportación	Mayor rentabilidad	Requiere certificaciones

8.8 Costos de producción en la acuicultura costera

El costo total del cultivo reúne alimentación, mano de obra, energía, sanidad, mantenimiento e infraestructura, además de otros gastos propios de cada sistema. Ordenar estos rubros por etapa ayuda a identificar dónde se concentra el gasto y qué cambio técnico tendría un efecto económico real.

El control y la optimización de los costos productivos son fundamentales para mejorar la competitividad del emprendimiento, especialmente en un contexto de fluctuación de precios y aumento de los costos de insumos.

La **asociatividad** entre productores permite mejorar competitividad:

- Compra conjunta de insumos.
- Acceso a financiamiento y capacitaciones.
- Negociación de mejores precios en mercados internacionales.



Figura 27. Reunión de pequeños acuicultores planificando estrategias de mercado.

Fuente: Elaboración propia (2026)

Aplicación didáctica: una organización de pequeños productores puede negociar compras conjuntas, programar cosechas y ofrecer un volumen más estable que cada miembro por separado. El beneficio de la asociatividad debe compararse con sus costos de coordinación, cumplimiento y administración.

Tabla 15. Beneficios de la asociatividad en acuicultura.

Aspecto	**Individual**	**Asociativo**
Compra de insumos	Precios altos	Precios bajos por volumen
Acceso a mercados	Limitado	Negociación colectiva
Financiamiento	Dificultad para acceder	Mayor respaldo grupal

8.9 Rentabilidad y competitividad del sistema productivo

La rentabilidad resulta de la relación entre ingresos y todos los costos necesarios para producir y vender. Una mejora técnica solo aumenta la competitividad si su beneficio supera el costo de implementarla y si el mercado reconoce el producto obtenido. La asociatividad puede bajar costos de compra o transporte y mejorar la negociación frente a compradores, pero requiere reglas claras sobre calidad, entregas y distribución de gastos. El beneficio depende de que la coordinación funcione y no únicamente de formar una organización.

8.10 Enfoque territorial: producción y comercialización acuícola en la provincia de El Oro

Para un proyecto de peces costeros en El Oro, el canal comercial debe definirse mediante información actualizada sobre demanda, talla, presentación, precio, cadena de frío y requisitos sanitarios. El mercado gastronómico y los circuitos regionales pueden evaluarse como opciones, pero su viabilidad debe demostrarse con compradores y costos reales antes de dimensionar la producción. En El Oro, la cooperación entre productores puede ser especialmente útil para compartir infraestructura de frío, transporte o procesamiento. Antes de adoptar este esquema conviene definir responsabilidades, reglas de calidad, volúmenes comprometidos y mecanismos de distribución de costos e ingresos.

8.11 Síntesis del capítulo

La rentabilidad no depende solo de cuántos peces llegan a la cosecha. También intervienen el momento de venta, la cadena de frío, la inocuidad, los costos logísticos y la capacidad de negociar con el mercado. Planificar estos elementos desde el inicio reduce pérdidas y mejora la calidad del producto.

8.11.1 Recursos pedagógicos internos

a) Conceptos clave

- **Cadena de frío:** conservación del producto a baja temperatura desde la poscosecha hasta su entrega al consumidor.
- **Certificación acuícola:** reconocimiento que acredita el cumplimiento de buenas prácticas y criterios de sostenibilidad.
- **Asociatividad:** unión de productores para fortalecer su poder de negociación.

b) Ejercicio breve

1. Diseñe un plan básico de comercialización para corvina en el mercado local de Machala.
2. Elabore un esquema comparativo entre el manejo poscosecha de peces y camarón en El Oro.

8.12 Preguntas de reflexión

1. ¿Por qué es importante escalonar las cosechas?

2. ¿Qué prácticas poscosecha aseguran frescura y calidad?

3. Mencione dos estrategias de comercialización con valor agregado.

8.13 Actividad práctica

Desde la cosecha hasta la venta, prepare un esquema básico de costos de producción para un sistema de cultivo de peces costeros, identificando los principales rubros y su incidencia en la rentabilidad del emprendimiento.

a) Autoevaluación breve

1. Una cosecha escalonada facilita mantener oferta constante. (V)
2. La cadena de frío importa únicamente cuando el producto se exporta. (F)
3. Los registros productivos facilitan la planificación de los ciclos y la reducción de riesgos. (V)

b) Sugerencias de lectura y tareas

- FAO. (2022). El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2022: Hacia la transformación azul.
- Consultar estadísticas oficiales actualizadas de producción y comercio exterior antes de elaborar el plan comercial.
- Consultar fuentes oficiales de comercio exterior para verificar destinos, volúmenes y requisitos del mercado objetivo.
- Diseñar un cuadro de costos de producción y comercialización de una granja piloto de peces marinos.

CAPÍTULO 9

9 SOSTENIBILIDAD Y MEDIO AMBIENTE EN LA ACUICULTURA COSTERA

El volumen producido no describe por sí solo el desempeño de la acuicultura. Para evaluar su continuidad también deben considerarse uso de recursos, calidad ambiental, viabilidad económica y relación con las comunidades que comparten el espacio costero (FAO, 2022).

Objetivos de aprendizaje

- Explicar los principales impactos ambientales que se derivan de la producción acuícola en zonas costeras.
- Distinguir las estrategias de mitigación y manejo ambiental aplicables en los distintos sistemas de cultivo.
- Valorar el papel de las certificaciones ambientales y de sostenibilidad dentro del sector.
- Examinar de forma crítica la contribución de la acuicultura a la seguridad alimentaria y al desarrollo sostenible. Explicar los principales impactos ambientales asociados a la producción acuícola en zonas costeras.
- Distinguir estrategias de mitigación y manejo ambiental en sistemas de cultivo.
- Valorar la importancia de certificaciones ambientales y de sostenibilidad en el sector.

- Examinar de forma crítica el papel de la acuicultura para la seguridad alimentaria y el desarrollo sostenible.

Escenario motivador

Imagine que participa en el seguimiento ambiental de una granja de corvina (Cilus gilberti) en la Bahía de Jambelí. Los muestreos muestran acumulación de materia orgánica bajo las jaulas y cambios en la comunidad bentónica, mientras pescadores de la zona manifiestan preocupación por el uso compartido del espacio. El problema exige integrar datos ambientales y diálogo con los usuarios, no solo aumentar el recambio de agua.

- ¿Qué acciones permitirían lograr un equilibrio entre producción y conservación del ecosistema?
- ¿Qué medidas de mitigación son necesarias?
- ¿Qué certificaciones pueden ayudar a abrir mercados internacionales y mantener sostenibilidad?



Figura 28. Ilustración digital de Vista de jaulas flotantes con monitoreo ambiental en estuario costero.

Fuente: Elaboración propia (2026)

Desarrollo Temático

9.2 Importancia de la sostenibilidad en la acuicultura costera

La continuidad de la acuicultura costera depende de un equilibrio que no es automático. La producción debe ser económicamente viable, socialmente aceptable y compatible con la conservación de los ecosistemas. Si una de estas dimensiones se ignora, el crecimiento puede sostenerse por un tiempo, pero deja costos que comprometen el futuro de la actividad (FAO, 2022).

Manglares, estuarios y bahías concentran pesca, transporte, turismo, conservación y producción acuícola. Esa superposición obliga a considerar los efectos acumulados y los derechos de otros usuarios. Un

enfoque sostenible no consiste solo en reducir descargas; también exige acordar cómo, dónde y hasta qué escala puede crecer el cultivo.

9.3 Principales impactos ambientales de la acuicultura costera

Los impactos ambientales aparecen de distinta forma según la especie, la densidad y el sitio. Entre los problemas más frecuentes se encuentran la acumulación de nutrientes y materia orgánica, la alteración del hábitat y los escapes. Su magnitud debe evaluarse con datos del sistema y no solo a partir del tipo de cultivo.

El alimento no consumido, las heces y los nutrientes disueltos pueden modificar el agua y los sedimentos cuando la carga supera la capacidad de asimilación del sitio. La magnitud del efecto depende de la especie, la densidad, la hidrodinámica y la eficiencia alimenticia; por ello, la evaluación debe relacionar residuos generados con producción obtenida (Boyd et al., 2007).

Los impactos de la acuicultura dependen de la especie, el sistema de cultivo y el manejo:

- Alteración de hábitats naturales: la ubicación y expansión de instalaciones puede afectar manglares, fondos y zonas de uso compartido si no existe planificación espacial y evaluación previa.
- **Eutrofización:** exceso de nutrientes por alimento no consumido y excretas.
- **Dispersión de enfermedades:** escapes de peces cultivados o proliferación de patógenos en alta densidad.

- **Competencia con pescadores artesanales:** uso de espacios marítimos compartidos.

Tabla 16. Principales impactos ambientales de la acuicultura costera y medidas de mitigación.

Impacto ambiental	Causa principal	Efectos sobre el ecosistema	Medidas de mitigación
Eutrofización del agua	Exceso de alimento y residuos orgánicos	Disminución de oxígeno disuelto, mortalidad de organismos	Ajuste de raciones, monitoreo de calidad del agua
Acumulación de sedimentos	Alta densidad de cultivo	Degradación del fondo, alteración de hábitats	Rotación de áreas, periodos de descanso
Contaminación química	Uso inadecuado de medicamentos	Afectación de organismos no objetivo	Uso responsable de fármacos, alternativas sostenibles
Escape de organismos	Fallas estructurales	Alteración de poblaciones silvestres	Mantenimiento de infraestructura, selección de especies
Alteración de ecosistemas	Ubicación inadecuada del sistema	Pérdida de biodiversidad	Planificación espacial y enfoque ecosistémico

9.4 Enfoque ecosistémico de la acuicultura

El enfoque ecosistémico sitúa la granja dentro de un sistema mayor. Además de los límites de la unidad productiva, considera la capacidad de carga, las actividades vecinas, los servicios ecosistémicos y los actores que utilizan el mismo espacio. La planificación deja de preguntarse solo cuánto puede producir una granja y pasa a examinar cuánto puede sostener el territorio (FAO, 2010).

Aplicar este enfoque requiere delimitar el área de análisis, identificar usuarios y problemas, definir objetivos medibles y establecer indicadores de seguimiento. La participación local forma parte del

proceso porque los conflictos de uso no pueden resolverse únicamente con mediciones biofísicas (FAO, 2010).

9.5 Buenas prácticas ambientales en la acuicultura costera

Estas buenas prácticas no quedan en el discurso: se traducen en acciones concretas y verificables, como ajustar las raciones de alimento, controlar la densidad de siembra, dar mantenimiento a los equipos, llevar registro de los efluentes y actuar según lo que arroja cada monitoreo. Su verdadero valor se comprueba cuando es posible vincularlas a una reducción real de residuos, de consumo de recursos, de riesgo ambiental.

A esto se suma otro factor relevante: optar por especies nativas, o al menos adaptadas a las condiciones locales, contribuye a reducir los riesgos ecológicos del cultivo y, de paso, favorece que los proyectos acuícolas en zonas costeras sean mejor aceptados por las comunidades del entorno.

9.5.1 Estrategias de mitigación y manejo ambiental

Reducir el impacto ambiental de la acuicultura costera no depende de una sola medida, sino de la combinación de varias estrategias que se refuerzan entre sí. Empecemos por el monitoreo: dar seguimiento constante a la calidad del agua y de los sedimentos es lo que permite detectar a tiempo cualquier cambio en las condiciones ambientales, antes de que se convierta en un problema mayor. Una de las alternativas más innovadoras en este campo son los sistemas multitróficos integrados (IMTA, por sus siglas en inglés), que combinan en un mismo

espacio peces, moluscos y algas con el fin de reciclar nutrientes y reducir la acumulación de desechos (Troell et al., 2009).

En paralelo, trabajar con alimentos balanceados de mejor eficiencia s decir, con una tasa de conversión alimenticia (FCR, por sus siglas en inglés) más baja— contribuye directamente a disminuir la carga orgánica que termina en el fondo marino.

La ubicación de las jaulas tampoco es un detalle menor: instalarlas en zonas con buena circulación de agua facilita que los residuos se dispersen de forma natural, en lugar de acumularse. Y en el caso particular de Ecuador, existe una estrategia que vale la pena destacar: vincular la restauración de manglares a las licencias de producción, de modo que la actividad acuícola avance de la mano con la conservación de los ecosistemas costeros. Ejemplo en Ecuador: En la provincia de El Oro se han implementado proyectos piloto de cultivo de corvina integrados con algas (Gracilaria spp.), reduciendo la acumulación de nutrientes en el fondo marino.

9.5.2 Certificaciones ambientales y de sostenibilidad

Las certificaciones pueden facilitar el acceso a determinados compradores y ordenar procesos internos, pero no sustituyen el cumplimiento de la normativa ni garantizan por sí solas un impacto ambiental nulo. Cada estándar debe revisarse según especie, mercado y alcance de la certificación.

Tabla 17. Principales certificaciones en acuicultura.

Certificación	Enfoque	Beneficio	Uso o alcance habitual

ASC (Aquaculture Stewardship Council)	Responsabilidad social y ambiental	Acceso a mercados premium internacionales	Aplicable a operaciones que buscan demostrar desempeño social y ambiental frente a compradores que reconocen el estándar.
GlobalG.A.P.	Buenas prácticas acuícolas (bioseguridad, inocuidad, trazabilidad)	Mejora de procesos internos y acceso a supermercados globales	Utilizada por cadenas de suministro que exigen trazabilidad y buenas prácticas verificables.
Orgánica	Cumplimiento de un estándar específico sobre insumos, manejo y trazabilidad	Diferenciación en nichos de mercado y valor agregado	Su aplicación depende del estándar, la especie y el mercado; debe verificarse con el organismo certificador.

Fuente: Elaboración propia con base en FAO (2022) y en los alcances generales de los esquemas de certificación indicados.

9.6 Acuicultura multitrófica integrada

En un sistema multitrófico, las especies se seleccionan para aprovechar fracciones distintas de los nutrientes generados en el cultivo. Los residuos disueltos de los peces pueden ser utilizados por productores primarios, mientras partículas orgánicas pueden ser aprovechadas por organismos filtradores o detritívoros. El principio es sencillo; demostrar un balance efectivo de nutrientes requiere mediciones del sistema (Troell et al., 2009).

La AMTI ofrece una posibilidad interesante porque combina producción y recuperación de nutrientes en un mismo esquema. Sin embargo, su beneficio ambiental debe demostrarse con balances y mediciones; integrar varias especies no garantiza por sí solo que el sistema sea sostenible.

9.7 Economía circular aplicada a la acuicultura costera

La economía circular pregunta qué materiales salen del sistema y cuáles podrían recuperar valor sin trasladar el impacto a otro proceso. En acuicultura, esto incluye subproductos del procesamiento, nutrientes, agua y materiales de empaque. La reutilización solo es válida cuando mantiene inocuidad, trazabilidad y viabilidad económica.

Aplicar principios de economía circular puede reducir pérdidas y recuperar valor de ciertos subproductos, siempre que el nuevo uso sea seguro y económicamente justificable. El objetivo no es reutilizar todo, sino evitar que una solución traslade el problema a otra etapa del proceso.

9.7.1 Aporte de la acuicultura a la seguridad alimentaria

La acuicultura sostenible contribuye a:

- Aportar proteínas de buena calidad a las comunidades costeras.
- Reducir presión sobre pesquerías sobreexplotadas.
- Crear empleo y aportar estabilidad económica en las zonas rurales.

En provincias costeras ecuatorianas, la acuicultura contribuye a la seguridad alimentaria no solo a través de proteína de calidad, sino también mediante la generación de empleo rural.

La FAO (2022) muestra que la acuicultura ocupa una participación creciente en el suministro mundial de animales acuáticos. Esta tendencia refuerza la necesidad de evaluar no solo cuánto se produce, sino con qué recursos y bajo qué condiciones ambientales y sociales.

9.8 Cambio climático y acuicultura costera

El cambio climático modifica variables que el productor utiliza a diario: temperatura, salinidad, nivel del mar y frecuencia de eventos extremos. Sus efectos pueden aparecer como menor crecimiento, cambios sanitarios o daños en la infraestructura, por lo que el riesgo debe incorporarse a la planificación del ciclo.

Adaptarse implica combinar varias respuestas: escoger especies y sitios con mayor tolerancia, mejorar los registros ambientales, revisar planes de contingencia y evitar depender de una sola alternativa productiva. La estrategia adecuada cambia según el sistema y la amenaza que predomina en cada lugar.

9.9 Enfoque territorial: sostenibilidad acuícola en la provincia de El Oro

El caso de El Oro resulta particularmente sensible en materia de sostenibilidad. La provincia alberga ecosistemas frágiles manglares, estuarios que conviven, a veces con tensión, con distintas actividades productivas que compiten por el mismo espacio costero. En ese

contexto, aplicar buenas prácticas ambientales no es opcional: es lo que hace viable que el desarrollo acuícola avance sin sacrificar la conservación de esos ecosistemas.

Lograrlo, sin embargo, exige algo más que buena voluntad individual: requiere coordinación. Cuando productores, universidades e instituciones públicas trabajan de forma articulada, es posible construir series de datos propios de la zona sobre calidad del agua, sedimentos, desempeño productivo, conflictos de uso del territorio. Esa información local es, precisamente, la que permite traducir criterios generales de sostenibilidad en decisiones ajustadas a las condiciones reales de un territorio concreto como El Oro, y no a un estándar genérico pensado para otro contexto.

9.10 Síntesis del capítulo

Reducir impactos requiere combinar varias acciones: respetar la capacidad de carga, controlar efluentes, usar insumos con eficiencia, recuperar materiales y prepararse para la variabilidad climática. Ninguna medida aislada resuelve el problema; el desempeño debe revisarse durante todo el ciclo productivo.

9.10.1 Recursos pedagógicos internos

a) Conceptos clave

- **Sostenibilidad:** balance entre la producción, el ambiente y las necesidades sociales.

- **Eutrofización:** acumulación de nutrientes que favorece el crecimiento excesivo de algas.
- **IMTA (Integrated Multi-Trophic Aquaculture):** sistema de cultivo integrado con varias especies.

b) Ejercicio breve

1. Identifique dos impactos ambientales de la acuicultura en El Oro y proponga medidas de mitigación.
2. Elabore un esquema comparativo entre acuicultura convencional e integrada multitrófica.

9.11 Preguntas de reflexión

1. ¿Cuáles son los principales impactos ambientales de la acuicultura costera?
2. ¿Qué beneficios ofrece la integración multitrófica?
3. ¿Qué certificaciones ambientales existen en acuicultura y qué garantizan?

9.12 Actividad práctica

Analice un sistema de cultivo de peces costeros e identifique posibles impactos ambientales, proponiendo medidas de mitigación basadas en buenas prácticas ambientales y el enfoque ecosistémico.

9.12.1 Autoevaluación breve

1. La eutrofización se produce cuando hay una acumulación excesiva de nutrientes en el agua. (V)

2. Combinar el cultivo de peces con algas y moluscos contribuye a reducir la carga orgánica del sistema. (V)
3. La certificación del Aquaculture Stewardship Council (ASC) evalúa exclusivamente parámetros de producción. (F)

9.12.2 Sugerencias de lectura y tareas

- FAO. (2022). El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2022: Hacia la transformación azul.

- Jiménez Velastegui, J. R., & Torres, G. (2023). Diagnóstico de la maricultura en Ecuador: oportunidades y desafíos.

- FAO. (2010). Aquaculture development. 4. Ecosystem approach to aquaculture.

- Diseñar un plan de monitoreo ambiental para una granja de peces en jaulas flotantes.

CAPÍTULO 10

10 INNOVACIONES Y TENDENCIAS FUTURAS EN LA ACUICULTURA COSTERA

Una innovación tiene valor cuando resuelve un problema de cultivo con resultados medibles. Automatizar una tarea o incorporar un sensor no garantiza una mejora si la unidad productiva no puede interpretar el dato, mantener el equipo o recuperar la inversión (FAO, 2022).

Objetivos de aprendizaje

- Distinguir las principales innovaciones tecnológicas que se están aplicando a la producción acuícola en zonas costeras.
- Examinar qué papel cumplen la digitalización y la biotecnología en el futuro del sector.
- Valorar el potencial de nuevas especies para el cultivo en el contexto ecuatoriano.
- Examinar de forma crítica los retos y las oportunidades que enfrenta la acuicultura de cara al 2030.

Escenario motivador

Imagine que forma parte de un equipo de la UTMACH que debe diseñar un prototipo de jaula instrumentada para corvina en la Bahía de Jambelí. El proyecto propone medir oxígeno, temperatura y salinidad en tiempo real y relacionar esos datos con el suministro de alimento. Antes de automatizar la ración, el equipo debe definir qué variable utilizará, qué umbral activará una respuesta y cómo validará el resultado.

- ¿Qué beneficios traería esta innovación?
- ¿Qué desafíos existen en términos de costos y adopción tecnológica?
- ¿Cómo se conectan estas innovaciones con la sostenibilidad del sector?



Figura 29. Jaula marina con sensores y sistema automático de alimentación conectado a red digital.

Fuente: Elaboración propia.

Desarrollo Temático

10.1 Importancia de la innovación en la acuicultura costera

Innovar no significa incorporar tecnología por moda. Una mejora es pertinente cuando resuelve un problema verificable: reduce el uso de agua, mejora la supervivencia, disminuye residuos o facilita una decisión. Bajo ese criterio, sensores, automatización y nuevos modelos

de cultivo pueden elevar la eficiencia sin desplazar la evaluación técnica del productor (FAO, 2022).

La demanda de productos acuáticos continúa ejerciendo presión sobre los sistemas de producción y sobre los ecosistemas. La respuesta no puede limitarse a producir más. La innovación debe demostrar que utiliza mejor los recursos y que sus beneficios justifican la inversión y los riesgos asociados.

Aplicación de biotecnología en la acuicultura

La biotecnología ha cambiado buena parte de cómo se hace acuicultura hoy, aportando herramientas que inciden directamente en la productividad y en la resistencia de las especies cultivadas. La selección genética, por ejemplo, permite obtener líneas de organismos con mayor velocidad de crecimiento o con mejor tolerancia a enfermedades. Un paso más allá lo representan las técnicas de edición genómica, como CRISPR-Cas9, que abren la posibilidad de intervenir genes específicos para reducir la susceptibilidad a patógenos o mejorar el aprovechamiento de nutrientes.

A esto se suman los avances en reproducción controlada la inducción hormonal de desoves es un buen ejemplo que han hecho posible domesticar nuevas especies y garantizar, en los hatcheries, un abastecimiento de alevines más estable y confiable.

10.2 Acuicultura 4.0 y digitalización del sector

La expresión Acuicultura 4.0 agrupa sensores conectados, automatización y análisis de datos. Un sensor de oxígeno puede generar

alertas; un sistema de alimentación puede registrar horarios y cantidades; y los modelos de datos pueden buscar relaciones entre ambiente, consumo y crecimiento. La utilidad depende de la calidad de los datos y de que exista una decisión concreta asociada a cada medición.

En Ecuador, la experiencia tecnológica del sector camaronero ofrece un punto de partida para probar sensores, automatización y trazabilidad en otros cultivos. La transferencia a peces marinos debe validarse porque cambian la especie, la infraestructura y los riesgos operativos (Jiménez Velastegui & Torres, 2023).



Figura 30. Infografía comparativa: Acuicultura actual vs. Acuicultura 4.0.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 18. Tecnologías digitales aplicadas a la acuicultura.

Tecnología	Aplicación	Beneficio
Sensores IoT	Monitoreo de parámetros de agua	Reducción de mortalidades
Drones	Inspección de jaulas y esteros	Ahorro de tiempo y costos
Big Data / IA	Predicción de brotes, ajuste de alimentación	Mayor eficiencia
Blockchain	Certificación de origen	Confianza del consumidor

10.3 Innovaciones tecnológicas en sistemas de cultivo

En los sistemas de cultivo, la innovación se observa tanto en los RAS como en nuevas jaulas marinas y configuraciones híbridas. Cada opción intenta resolver problemas distintos —control del agua, exposición al oleaje, uso del espacio o tratamiento de residuos— y debe evaluarse según el contexto donde se pretende aplicar.

Las jaulas ubicadas en áreas más expuestas pueden encontrar mayor renovación de agua, pero también enfrentan oleaje, corrosión, logística y mantenimiento más exigentes. Los RAS plantean el problema opuesto: ofrecen mayor control y reúso de agua, a cambio de energía, tratamiento y dependencia tecnológica. La innovación consiste en elegir qué riesgo puede gestionarse mejor, no en asumir que un sistema es superior en todos los contextos.



Figura 31. Dron sobrevolando una granja acuícola costera.

Fuente: Elaboración propia.

10.4 Innovación en nutrición acuícola

En nutrición, una parte de la innovación se concentra en sustituir gradualmente ingredientes marinos por microalgas, insectos, subproductos agroindustriales o materias primas vegetales. La sustitución solo es útil si mantiene digestibilidad, crecimiento, calidad del producto y un costo razonable.

También han ganado espacio los alimentos funcionales con probióticos, prebióticos, antioxidantes o compuestos inmunoestimulantes. Su incorporación debe apoyarse en ensayos que demuestren un efecto para la especie y la etapa de cultivo, en lugar de asumir el mismo resultado para todos los sistemas.

10.5 Innovaciones en sanidad y bioseguridad

En sanidad, la innovación se orienta a detectar antes y tratar menos. Diagnósticos rápidos, vacunas disponibles para especies específicas, selección de reproductores y sistemas de vigilancia pueden reducir la dependencia de tratamientos tardíos. La adopción debe basarse en sensibilidad, especificidad, costo y capacidad de respuesta del productor.

Un sistema de alerta sanitaria es útil cuando integra observación de peces, agua, mortalidad y resultados de laboratorio. La tecnología mejora la respuesta si reduce el tiempo entre la aparición de un cambio y la decisión técnica.

10.5.1 Especies alternativas para el cultivo acuícola en Ecuador

La diversificación no consiste en sumar especies a una lista. Cada candidato debe superar etapas de domesticación, semilla, nutrición, sanidad, engorde y mercado. Para Ecuador, el diagnóstico de maricultura destaca el potencial de peces, moluscos y macroalgas, pero también el limitado desarrollo comercial fuera del camarón; por ello, lisa, pargos, corvinas y macroalgas deben analizarse como líneas de evaluación con distintos niveles de madurez tecnológica (Jiménez Velastegui & Torres, 2023).

Tabla 19. Especies emergentes con potencial acuícola en Ecuador.

Especie	Ventaja	Desafío
Pargo	Alto valor comercial potencial	Supervivencia larval y producción de semilla
Lisa	Dieta omnívora y tolerancia a ambientes costeros	Validación del crecimiento y del mercado
Corvina	Alto valor comercial y posibilidad de diversificación	Producción de semilla y validación del engorde

10.6 Investigación, desarrollo e innovación (I+D+i)

La I+D+i es útil cuando parte de un problema concreto del cultivo y termina en resultados que otros puedan comprobar. En ese proceso, universidades, centros de investigación y productores pueden definir juntos la pregunta, comparar alternativas y decidir con datos si una tecnología merece pasar a una escala mayor.

Los proyectos piloto son especialmente útiles antes de una inversión grande porque permiten estimar fallas, costos de mantenimiento y desempeño bajo condiciones locales. Documentar también los resultados negativos evita repetir soluciones que no funcionaron.

10.7 Enfoque territorial: innovación acuícola en la provincia de El Oro

En El Oro existen capacidades que pueden apoyar la innovación: formación universitaria, experiencia técnica vinculada al camarón y cercanía a sistemas estuarinos. El reto es convertir esas capacidades en ensayos con objetivos y datos comparables, en lugar de trasladar tecnologías de una especie a otra sin validación.

La innovación local también necesita infraestructura, mantenimiento, personal capacitado y reglas claras para realizar pruebas. La prioridad debería centrarse en tecnologías que respondan a problemas identificados por los productores y que puedan sostenerse después de terminar un proyecto piloto.

Las tendencias más discutidas incluyen el cultivo offshore, la integración multitrófica, la economía circular y el uso de herramientas digitales. Más que tendencias independientes, representan respuestas diferentes a problemas de espacio, residuos, control y eficiencia, por lo que su adopción dependerá de la realidad de cada sistema.

La acuicultura enfrenta retos significativos en su tránsito hacia la sostenibilidad. El cambio climático genera variaciones de temperatura y eventos extremos (como El Niño) que afectan la producción. La presión de los mercados globales exige calidad, inocuidad y diferenciación de productos. Además, las certificaciones internacionales (ASC, Global G.A.P., orgánico) se han vuelto un requisito para acceder a compradores especializados. Finalmente, el rol de las políticas públicas es central: el apoyo en investigación, financiamiento y normativas claras puede acelerar la adopción de tecnologías emergentes y garantizar que el crecimiento del sector sea inclusivo y sostenible.

10.7.1 Retos:

- Preparación frente al cambio climático y a eventos como El Niño.
- Disminución de los efectos ambientales y mejora de la aceptación social.

- Costos de adopción tecnológica.

10.7.2 Oportunidades:

- Aumento de la demanda mundial de proteínas procedentes del medio acuático.
- Integración de certificaciones y trazabilidad.
- Soluciones locales que incorporan subproductos de banano y cacao en las dietas.

Contexto ecuatoriano: el diagnóstico de maricultura señala oportunidades para ampliar la diversificación con especies marinas, pero advierte que el desarrollo comercial sigue siendo limitado y que se requieren investigación, ordenamiento y transferencia tecnológica (Jiménez Velastegui & Torres, 2023).

10.8 Síntesis del capítulo

Sensores, automatización, dietas mejoradas y herramientas biotecnológicas todo esto amplía el abanico de opciones de manejo disponibles para el productor. Pero adoptarlas no debería ser automático: hay que sustentarlo en evidencia real, en costos que puedan verificarse y en personal con la capacitación necesaria para operarlas. En el caso de El Oro, innovar significa además algo más específico: investigar qué especies y qué sistemas de cultivo son compatibles con las condiciones del territorio y con las necesidades de las comunidades que dependen de él.

10.8.1 Conceptos clave

- **Acuicultura 4.0:** integra sensores, automatización y análisis de datos como soporte para las decisiones de producción.
- **Blockchain:** tecnología digital utilizada para registrar y verificar la trazabilidad de los productos.
- **Especies emergentes:** peces que continúan en evaluación experimental, pero muestran posibilidades de mercado.

10.8.2 Ejercicio breve

1. Proponga un plan de innovación tecnológica para una granja de corvina en jaulas flotantes.
2. Plantee una estrategia para introducir una especie emergente en el mercado nacional.

10.9 Preguntas de reflexión

1. ¿Qué aplicaciones de la biotecnología se están utilizando en acuicultura?
2. ¿Cómo contribuye la digitalización a la eficiencia productiva?
3. ¿Qué especies emergentes tienen mayor potencial en Ecuador?

10.10 Actividad práctica

Identifique una innovación tecnológica aplicable a la acuicultura costera en la provincia de El Oro y analice sus posibles beneficios productivos, ambientales y económicos.

10.10.1 Autoevaluación breve

1. La acuicultura 4.0 se basa en el uso de sensores, IA y blockchain. (V)

2. El pargo y la lisa son ejemplos de especies que pueden evaluarse dentro de estrategias de diversificación acuícola en Ecuador. (V)

3. Los drones solo se usan en agricultura terrestre, no en acuicultura. (F)

10.10.2 Sugerencias de lectura y tareas

- FAO. (2022). El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2022: Hacia la transformación azul.

- Jiménez Velastegui, J. R., & Torres, G. (2023). Diagnóstico de la maricultura en Ecuador: oportunidades y desafíos.

- Investigue proyectos de innovación acuícola en universidades ecuatorianas y elabore un reporte comparativo.

10.10.3 ANEXO 1. Protocolo diario de alimentación (jaulas flotantes)

1) Verifica condiciones antes de alimentar

- **Oxígeno disuelto (OD):** objetivo ≥6 mg/L (mínimo 5 mg/L).
- **Temperatura:** rango cómodo 24–28 °C.
- **Corriente/oleaje:** evita alimentar con corrientes muy fuertes o marejada.
- **Observa** comportamiento (nado activo, respiración, lesiones) y **mortalidades**.

Regla de ajuste inmediato:

- OD 5.0–5.9 → alimenta **−20%** del plan.
- OD <5.0 → **no alimentar** hasta recuperar OD.
- Temperatura: **−5% por cada 1 °C** por debajo de 26 °C; **+5% por cada 1 °C** por encima, si el comportamiento es normal.

2) Calcula la ración base del día

1. **Biomasa (kg):**

$$Biomsa\ (kg) = N\ x\ \frac{peso\ promedio\ g}{1000}$$

donde:

- N= número total de peces

- peso promedio en gramos
- Se divide para 1000 para convertir g → kg

2. **Tasa de alimentación diaria (% biomasa):** elige según talla y temperatura (26–28 °C, peces sanos):

Peso promedio (g)	**% biomasa/día (referencia)**
20–50	3.0–4.0%
50–100	2.0–3.0%
100–200	1.5–2.0%
200–400	1.0–1.5%

3. **Ración diaria (kg):**

$$Ración\ diaria\ \ (kg) = Biomasa\ (kg)\ x\ \frac{Tasa\ de\ alimemtación\ \%}{100}$$

4. **Distribución de la ración**

$$Ración\ por\ oferta\ = \frac{Ración\ diaria\ (kg)}{n}$$

donde $n = 2$ o 3 según el clima:

- 2 veces (mañana y tarde)
- 3 veces si hace calor (para mejorar conversión y evitar deterioro del agua)

Ejemplo numérico (reemplaza con tus datos):

- N = 5 000 peces
- Peso promedio = 150 g

Biomasa

$$Biomsa\ (kg) = \ N\ x\ \frac{peso\ promedio\ g}{1000}$$

$$Biomsa\ (kg) = \ 5000\ x\ \frac{150g}{1000}$$

$$Biomsa = 750\ kg$$

Tasa de alimentación

Para Talla 100–200 g → usa **1.5% = 0.015**

Ración base diaria

$$Ración\ \left(\frac{kg}{día}\right) = Biomasa\ x\ Tasa$$

$$Ración = 75\ x\ 0.015$$

$$Ración = 11.25\ kg/día$$

Ajuste por temperatura

Si la temperatura es 24 °C, es decir 2 °C menos del rango óptimo (26–28 °C), se aplica un ajuste de –10 %:

$$Ración\ ajustada = Ración\ base\ x\ \ (1 - 0.10)$$

$$Ración\ ajustada = 11.25\ x\ 0.90$$

$$Ración\ ajustada = 10.125 kg/día\ \approx 10.1\ kg/día$$

División en tres comidas

$$Ración\ por\ comida = \frac{Ración\ ajustada}{3}$$

$$Ración\ por\ comida = \frac{10.125}{3}$$

$$Ración\ por\ comida = 3.4\ kg$$

3) Aplica alimentación según la respuesta de los peces

- Ofrezca el 70 % de la ración planificada durante los primeros 15–20 min.
- **Observe:** si los pellets **desaparecen en ≤2 min** y los peces continúan activos, ofrezca el 30 % restante de forma fraccionada.
- **Señales para parar:** pellets flotando >2–3 min, peces lentos en superficie, cardumen se dispersa, aves entrando a la jaula.
- En jaulas, utilice **bandejas de verificación** (feed trays) o intervalos cronometrados para evaluar los sobrantes.

4) Control de conversión y ajustes semanales

- **Muestreo de peso**: 100–150 peces/jaula cada 7–10 días (rápido, con anestesia si corresponde).

FCR (Índice de conversión):

El FCR indica cuántos kilogramos de alimento se necesitan para producir 1 kg de biomasa.

1. **Fórmula general FCR**

$$FCR = \frac{Alimentación\ suministrada\ (kg)}{Ganancia\ de\ biomasa\ (kg) + Mortalidad\ recolectada\ (kg)}$$

2. **Ganancia de biomasa (kg)**

$$Ganancia\ de\ biomasa\ (kg) = Biomasa\ final\ (kg) - Biomasa\ inicial\ (kg)$$

3. **Mortalidad recolectada (kg)**

$$Mortalidad\ recolectada\ (kg) = \#\ de\ pesos\ muertos\ x\ \frac{peso\ promedio\ (g)}{1000}$$

$$FCR = \frac{Alimentación\ suministrada\ (kg)}{Ganancia\ de\ biomasa\ (kg) + Mortalidad\ recolectada\ (kg)}$$

4. Objetivo orientativo para corvina en jaula **1.5 a 2.0**

Ejemplo numérico de FCR (Índice de Conversión)

El ejemplo que se presenta a continuación expone el cálculo del índice de conversión alimenticia (FCR) utilizando información registrada durante un periodo de engorde en jaulas. Para ello se consideran la biomasa inicial y final del lote, la cantidad total de alimento suministrado y la mortalidad observada. A partir de estos datos se estima la eficiencia con la que los peces transformaron el alimento en ganancia de peso, parámetro esencial para evaluar el desempeño zootécnico del cultivo y compararlo con los valores de referencia establecidos para la especie.

Datos:

Peso promedio inicial = 150 g
Biomasa inicial = 750 kg
Biomasa final = 820 kg
Alimento suministrado = 120 kg
Mortalidad registrada = 20 peces

- **Ganancia de biomasa**

Ganancia de biomasa (kg) = Biomasa final (kg) − Biomasa inicial (kg)
Ganancia de biomasa = 820 − 750 = 70 kg

- **Mortalidad recolectada**
- Peso promedio del pez = 150 g = 0,15 kg
  Mortalidad recolectada (kg) = 20 × 0,15 = 3 kg

- FCR (Índice de Conversión)

$$FCR = \frac{Alimentación\ suministrada\ (kg)}{Ganancia\ de\ biomasa\ (kg) + Mortalidad\ recolectada\ (kg)}$$

$$FCR = \frac{120\ kg}{70\ kg\ + 3\ kg}$$

$$FCR = \frac{120\ kg}{73\ kg} = 1.64$$

$FCR \approx 1.64$

- **Conclusión***: El FCR obtenido es:* 1.64

Este valor está ***dentro del objetivo recomendado para corvina en jaula****:*

$1.5 - 2.0 \rightarrow$ ***Desempeño alimenticio adecuado.***

5) Buenas prácticas para evitar contaminación

Para mantener un cultivo sano y evitar problemas de contaminación, es importante aplicar algunas medidas sencillas en el manejo diario:

- Ofrezca alimento extruido flotante apropiado para la talla de los peces y verifique el tamaño del pellet y el nivel de proteína requerido. Esta práctica facilita el consumo y reduce pérdidas innecesarias.
- No alimente cuando las condiciones del agua sean deficientes, especialmente si el oxígeno disuelto es bajo, se observa una

coloración verde intensa por una floración algal o existen corrientes fuertes que dispersan el alimento.

- Retire diariamente los peces muertos, ya que su descomposición puede deteriorar las condiciones del agua y favorecer la presencia de patógenos.
- Registre cada jornada en una bitácora e incluya la temperatura, el oxígeno disuelto, la salinidad, el alimento ofrecido, los sobrantes y cualquier observación relevante. Estos datos ayudan a interpretar la evolución del cultivo y a tomar mejores decisiones.

6) Plantilla rápida de registro diario (rellenable)

1. Datos del lote

- Número de peces (N): _____
- Peso promedio (g): _____
- Biomasa (kg): _____

2. Alimentación

- % de tasa diaria: _____
- Ración base (kg): _____
- Temperatura (°C): _____
- Ajuste aplicado (%): _____
- **Ración final (kg): _____**

3. Distribución de la ración

- Ofrecimientos por día: _____
- **Ración por ofrecimiento (kg): _____**

4. Calidad del agua

- Oxígeno disuelto (mg/L):
    - Mañana: _____
    - Tarde: _____
- Sobras de alimento: Sí ___ / No ___
- Observaciones:

  _____

5. Conversión alimenticia (FCR)

- FCR semanal: _____
- Acción recomendada:
    - ▼ Reducir 15% ___
    - ▲ Aumentar 10% ___
    - Mantener ___

BIBLIOGRAFÍA

Asamblea Nacional del Ecuador. (2020). Ley Orgánica para el Desarrollo de la Acuicultura y Pesca. Registro Oficial, Suplemento No. 187, 21 de abril de 2020.

Badiola, M., Mendiola, D., & Bostock, J. (2012). Recirculating aquaculture systems (RAS): Main issues on management and future challenges. Aquacultural Engineering, 51, 26–35. https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2012.07.004

Badiola, M., Mendiola, D., & Bostock, J. (2012). Recirculating aquaculture systems (RAS): Main issues on management and future challenges. Aquacultural Engineering, 51, 26–35. https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2012.07.004

Boyd, C. E. (2020). Water quality: An introduction (3rd ed.). Springer.

Boyd, C. E. (2020). Water quality: An introduction (3rd ed.). Springer.

Boyd, C. E., D'Abramo, L. R., Glencross, B. D., Huyben, D., Juarez, L. M., Lockwood, G. S., McNevin, A. A., Tacon, A. G. J., Teletchea, F., Tomasso, J. R., Jr., Tucker, C. S., & Valenti, W. C. (2020). Achieving sustainable aquaculture: Historical and current perspectives and future needs and challenges. Journal of the World Aquaculture Society, 51(3), 578–633. https://doi.org/10.1111/jwas.12714

Boyd, C. E., D'Abramo, L. R., Glencross, B. D., Huyben, D., Juarez, L. M., Lockwood, G. S., McNevin, A. A., Tacon, A. G. J., Teletchea,

F., Tomasso, J. R., Jr., Tucker, C. S., & Valenti, W. C. (2020). Achieving sustainable aquaculture: Historical and current perspectives and future needs and challenges. Journal of the World Aquaculture Society, 51(3), 578–633. https://doi.org/10.1111/jwas.12714

Boyd, C. E., D'Abramo, L. R., Glencross, B. D., Huyben, D., Juarez, L. M., Lockwood, G. S., McNevin, A. A., Tacon, A. G. J., Teletchea, F., Tomasso, J. R., Jr., Tucker, C. S., & Valenti, W. C. (2020). Achieving sustainable aquaculture: Historical and current perspectives and future needs and challenges. Journal of the World Aquaculture Society, 51(3), 578–633. https://doi.org/10.1111/jwas.12714

Boyd, C. E., D'Abramo, L. R., Glencross, B. D., Huyben, D., Juarez, L. M., Lockwood, G. S., McNevin, A. A., Tacon, A. G. J., Teletchea, F., Tomasso, J. R., Jr., Tucker, C. S., & Valenti, W. C. (2020). Achieving sustainable aquaculture: Historical and current perspectives and future needs and challenges. Journal of the World Aquaculture Society, 51(3), 578–633. https://doi.org/10.1111/jwas.12714

Boyd, C. E., D'Abramo, L. R., Glencross, B. D., Huyben, D., Juarez, L. M., Lockwood, G. S., McNevin, A. A., Tacon, A. G. J., Teletchea, F., Tomasso, J. R., Jr., Tucker, C. S., & Valenti, W. C. (2020). Achieving sustainable aquaculture: Historical and current perspectives and future needs and challenges. Journal of the World

Aquaculture Society, 51(3), 578–633. https://doi.org/10.1111/jwas.12714

Boyd, C. E., D'Abramo, L. R., Glencross, B. D., Huyben, D., Juarez, L. M., Lockwood, G. S., McNevin, A. A., Tacon, A. G. J., Teletchea, F., Tomasso, J. R., Jr., Tucker, C. S., & Valenti, W. C. (2020). Achieving sustainable aquaculture: Historical and current perspectives and future needs and challenges. Journal of the World Aquaculture Society, 51(3), 578–633. https://doi.org/10.1111/jwas.12714

Boyd, C. E., D'Abramo, L. R., Glencross, B. D., Huyben, D., Juarez, L. M., Lockwood, G. S., McNevin, A. A., Tacon, A. G. J., Teletchea, F., Tomasso, J. R., Jr., Tucker, C. S., & Valenti, W. C. (2020). Achieving sustainable aquaculture: Historical and current perspectives and future needs and challenges. Journal of the World Aquaculture Society, 51(3), 578–633. https://doi.org/10.1111/jwas.12714

Boyd, C. E., Tucker, C., McNevin, A., Bostick, K., & Clay, J. (2007). Indicators of resource use efficiency and environmental performance in fish and crustacean aquaculture. Reviews in Fisheries Science, 15(4), 327–360. https://doi.org/10.1080/10641260701624177

Boyd, C. E., Tucker, C., McNevin, A., Bostick, K., & Clay, J. (2007). Indicators of resource use efficiency and environmental performance in fish and crustacean aquaculture. Reviews in

Fisheries Science, 15(4), 327–360. https://doi.org/10.1080/10641260701624177

Boyd, C. E., Tucker, C., McNevin, A., Bostick, K., & Clay, J. (2007). Indicators of resource use efficiency and environmental performance in fish and crustacean aquaculture. Reviews in Fisheries Science, 15(4), 327–360. https://doi.org/10.1080/10641260701624177

Boyd, C. E., Tucker, C., McNevin, A., Bostick, K., & Clay, J. (2007). Indicators of resource use efficiency and environmental performance in fish and crustacean aquaculture. Reviews in Fisheries Science, 15(4), 327–360. https://doi.org/10.1080/10641260701624177

Evans, D. H., Piermarini, P. M., & Choe, K. P. (2005). The multifunctional fish gill: Dominant site of gas exchange, osmoregulation, acid–base regulation, and excretion of nitrogenous waste. Physiological Reviews, 85(1), 97–177. https://doi.org/10.1152/physrev.00050.2003

FAO. (2010). Aquaculture development. 4. Ecosystem approach to aquaculture. FAO Technical Guidelines for Responsible Fisheries No. 5, Suppl. 4. Rome: FAO.

FAO. (2010). Aquaculture development. 4. Ecosystem approach to aquaculture. FAO Technical Guidelines for Responsible Fisheries No. 5, Suppl. 4. Rome: FAO.

FAO. (2020). The State of World Fisheries and Aquaculture 2020. Sustainability in action. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. https://doi.org/10.4060/ca9229en

FAO. (2022). El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2022: Hacia la transformación azul. Roma: FAO. https://doi.org/10.4060/cc0461es

FAO. (2022). El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2022: Hacia la transformación azul. Roma: FAO. https://doi.org/10.4060/cc0461es

FAO. (2022). El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2022: Hacia la transformación azul. Roma: FAO. https://doi.org/10.4060/cc0461es

FAO. (2022). El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2022: Hacia la transformación azul. Roma: FAO. https://doi.org/10.4060/cc0461es

FAO. (2022). El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2022: Hacia la transformación azul. Roma: FAO. https://doi.org/10.4060/cc0461es

FAO. (2022). El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2022: Hacia la transformación azul. Roma: FAO. https://doi.org/10.4060/cc0461es

FAO. (2022). El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2022: Hacia la transformación azul. Roma: FAO. https://doi.org/10.4060/cc0461es

FAO. (2022). El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2022: Hacia la transformación azul. Roma: FAO. https://doi.org/10.4060/cc0461es

FAO. (2022). El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2022: Hacia la transformación azul. Roma: FAO. https://doi.org/10.4060/cc0461es

FAO. (2022). El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2022: Hacia la transformación azul. Roma: FAO. https://doi.org/10.4060/cc0461es

Gatlin, D. M., Barrows, F. T., Brown, P., Dabrowski, K., Gaylord, T. G., Hardy, R. W., ... & Wurtele, E. (2007). Expanding the utilization of sustainable plant products in aquafeeds: a review. Aquaculture Research, 38(6), 551–579. https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2007.01704.x

Glencross, B. D. (2009). Exploring the nutritional demand for essential fatty acids by aquaculture species. Reviews in Aquaculture, 1(2), 71–124. https://doi.org/10.1111/j.1753-5131.2009.01006.x

Helfman, G. S., Collette, B. B., Facey, D. E., & Bowen, B. W. (2009). The diversity of fishes: Biology, evolution, and ecology (2nd ed.). Wiley-Blackwell.

Izquierdo, M. S., Fernández-Palacios, H., & Tacon, A. G. J. (2001). Effect of broodstock nutrition on reproductive performance of fish. Aquaculture, 197(1–4), 25–42. https://doi.org/10.1016/S0044-8486(01)00581-6

Jiménez Velastegui, J. R., & Torres, G. (2023). Diagnóstico de la maricultura en Ecuador: oportunidades y desafíos. AquaTechnica, 5(3), 134–155. https://doi.org/10.33936/at.v5i3.5814

Jiménez Velastegui, J. R., & Torres, G. (2023). Diagnóstico de la maricultura en Ecuador: oportunidades y desafíos. AquaTechnica, 5(3), 134–155. https://doi.org/10.33936/at.v5i3.5814

Jiménez Velastegui, J. R., & Torres, G. (2023). Diagnóstico de la maricultura en Ecuador: oportunidades y desafíos. AquaTechnica, 5(3), 134–155. https://doi.org/10.33936/at.v5i3.5814

Jiménez Velastegui, J. R., & Torres, G. (2023). Diagnóstico de la maricultura en Ecuador: oportunidades y desafíos. AquaTechnica, 5(3), 134–155. https://doi.org/10.33936/at.v5i3.5814

Jiménez Velastegui, J. R., & Torres, G. (2023). Diagnóstico de la maricultura en Ecuador: oportunidades y desafíos. AquaTechnica, 5(3), 134–155. https://doi.org/10.33936/at.v5i3.5814

Jiménez Velastegui, J. R., & Torres, G. (2023). Diagnóstico de la maricultura en Ecuador: oportunidades y desafíos. AquaTechnica, 5(3), 134–155. https://doi.org/10.33936/at.v5i3.5814

Jobling, M. (2016). Fish nutrition research: Past, present and future. Aquaculture International, 24, 767–786. https://doi.org/10.1007/s10499-015-9941-3

Mylonas, C. C., Fostier, A., & Zanuy, S. (2010). Broodstock management and hormonal manipulations of fish reproduction. General and Comparative Endocrinology, 165(3), 516–534. https://doi.org/10.1016/j.ygcen.2009.03.007

Pérez-Mora, C. (2019). Cultivo de microalgas marinas y su aplicación en larvicultura de peces. Guayaquil: Editorial Universitaria.

Tacon, A. G. J., & Metian, M. (2015). Feed matters: Satisfying the feed demand of aquaculture. Reviews in Fisheries Science & Aquaculture, 23(1), 1–10. https://doi.org/10.1080/23308249.2014.987209

Tacon, A. G. J., & Metian, M. (2015). Feed matters: Satisfying the feed demand of aquaculture. Reviews in Fisheries Science & Aquaculture, 23(1), 1–10. https://doi.org/10.1080/23308249.2014.987209

Timmons, M. B., & Ebeling, J. M. (2010). Recirculating aquaculture. Cayuga Aqua Ventures.

Troell, M., Joyce, A., Chopin, T., Neori, A., Buschmann, A. H., & Fang, J. G. (2009). Ecological engineering in aquaculture—Potential for integrated multi-trophic aquaculture (IMTA) in marine coastal systems. Aquaculture, 297(1–4), 1–9. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2009.09.010

Troell, M., Joyce, A., Chopin, T., Neori, A., Buschmann, A. H., & Fang, J. G. (2009). Ecological engineering in aquaculture—Potential for integrated multi-trophic aquaculture (IMTA) in marine coastal systems. Aquaculture, 297(1–4), 1–9. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2009.09.010

Acuicultura costera: principios y prácticas para el cultivo de peces en El Oro, Ecuador, se publicó en el mes de noviembre de 2026.

ISBN: 978-9907-852-67-7

Grupo Editorial BLR
Ecuador
Cel: +593 98 320 4362
https://grupoblr.com/
publicaciones@grupoblr.com

BIOGRAFÍA DEL AUTOR

Jessica Gricelda Bazurto Espinoza:

Ingeniera en Acuicultura por la Universidad Técnica de Machala y Magíster en Acuicultura por la Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Con experiencia académica como docente ocasional en la Universidad Técnica de Machala, ha desarrollado labores de formación y acompañamiento pedagógico en el área acuícola.

En el sector productivo, se ha desempeñado como asesora técnica y comercial en empresas del ámbito acuícola, liderando diagnósticos de campo, propuestas de mejora, implementación de soluciones y actividades de investigación y desarrollo (I+D).

Cuenta con formación complementaria en sistemas de recirculación en acuicultura (RAS), reincubación de ovas embrionarias y un diplomado en inteligencia artificial aplicada a la educación. Combina formación técnica y experiencia de campo con una visión innovadora orientada a la sostenibilidad del sector.

ACUICULTURA COSTERA: PRINCIPIOS Y PRÁCTICAS PARA EL CULTIVO DE PECES EN EL ORO, ECUADOR

Estimado lector, la acuicultura costera en la provincia de El Oro constituye una de las es una de las industrias de mayor relevancia económica. Su impacto trasciende lo financiero y alcanza dimensiones sociales y ambientales. Miles de familias dependen de la acuicultura costera como fuente de empleo directo e indirecto, contribuyendo significativamente a la seguridad alimentaria local.

El presente libro surge como una respuesta a la necesidad de contar con un texto académico que integre conocimientos teóricos y prácticos aplicados a la acuicultura costera. Se estructura en diez capítulos que abordan desde los fundamentos biológicos de las especies de interés hasta las innovaciones y tendencias que marcan el futuro de la disciplina. Cada capítulo ha sido diseñado bajo un enfoque pedagógico, incorporando elementos de apertura, recursos didácticos internos y actividades de cierre, de acuerdo con los lineamientos establecidos por la Universidad Técnica de Machala.

El objetivo general de esta obra es proporcionar a los estudiantes, docentes y profesionales, una herramienta de aprendizaje que facilite la comprensión integral de la acuicultura costera, promoviendo la reflexión crítica y la aplicación práctica en escenarios reales. Asimismo, busca fomentar la formación de competencias en investigación, gestión y sostenibilidad, indispensables para enfrentar los retos actuales de la producción acuícola.
Las figuras identificadas como elaboración propia corresponden a escenarios hipotéticos o imágenes creadas expresamente para este texto con fines pedagógicos.
Con este texto, se espera fortalecer la enseñanza universitaria y, al mismo tiempo, contribuir al desarrollo responsable de la acuicultura en El Oro y el Ecuador.

GRUPO BLR

Grupo Editorial BLR
Ecuador
Cel: +593 98 320 4362
https://grupoblr.com/
publicaciones@grupoblr.com

ISBN: 978-9907-852-67-7

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA
1969