

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

**ESCUELA DE POST GRADO
DOCTORADO EN INGENIERÍA Y CIENCIAS AMBIENTALES**



**“MACRO Y MICROZONIFICACION DEL MAR ECUATORIANO
PARA EL DESARROLLO DE LA MARICULTURA DE
PARGO (*Lutjanus guttatus*) Y HUAYAIPE (*Seriola rivoliana*)
USANDO CRITERIOS DE SOSTENIBILIDAD”**

Presentado por:

JOHNNY XAVIER CHAVARRÍA VITERI

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE
DOCTORIS PHILOSOPHIAE EN INGENIERIA Y CIENCIAS
AMBIENTALES**

Lima – Perú

2015

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

ESCUELA DE POSGRADO

DOCTORADO EN INGENIERÍA AMBIENTAL

**“MACRO Y MICROZONIFICACIÓN DEL MAR ECUATORIANO
PARA EL DESARROLLO DE LA MARICULTURA DE
PARGO (*Lutjanus guttatus*) Y HUAYAIPE (*Seriola rivoliana*)
USANDO CRITERIOS DE SOSTENIBILIDAD”**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE
DOCTORIS PHILOSOPHIAE**

Presentada por:

JOHNNY XAVIER CHAVARRÍA VITERI

Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:

**Dr. Víctor Meza Contreras
PRESIDENTE**

**Dr. Jaime Méndez Aguilar
PATROCINADOR**

**Dra. Rosemary Vela Cardich
MIEMBRO**

**Dr. Edgar Sánchez Infantas
MIEMBRO**

**Ph.D. María Cornejo Rodríguez
MIEMBRO EXTERNO**

DEDICATORIA

A mi madre Germania, por brindarme la educación y cobijarme con su amor, apoyando incondicionalmente todos mis emprendimientos académicos y profesionales.

A mi esposa Bonny e hijos Xavier y Camila que con amor y valentía apoyaron este proyecto a pesar de las dificultades a vencer por mi prolongada ausencia.

AGRADECIMIENTO

A Dios por guiarme y darme fuerza en los momentos difíciles, protegiendo mi camino y el de mi familia.

A la Secretaría Nacional de Educación Superior Ciencia Tecnología e Innovación de Ecuador (SENESCYT) por el financiamiento otorgado a través del programa de becas Academia 2010.

A la Universidad Estatal Península de Santa Elena en la persona de su Ex-Rector, Ing. Jimmy Candell S., por el apoyo institucional brindado al grupo de primeros becarios. Así mismo, al Ing. Héctor Chiriboga, ex Director de Relaciones Externas, por su contribución a la sistematización de los procedimientos que permitieron este logro.

Al patrocinador de mi tesis doctoral, Dr. Jaime Mendo Aguilar, por la confianza depositada, orientación y aporte durante el desarrollo y culminación del presente trabajo, así como por brindarme su invaluable amistad.

Al claustro de profesores del programa doctoral en ingeniería ambiental, por su generosidad al compartir sus conocimientos y experiencias.

A la M.Sc. Dennis Tomalá por su apoyo en diversas etapas de la investigación. Así como por el compañerismo y apoyo moral, compartido con nuestros compañeros de residencia en la ciudad de Lima, Douglas Vera y Mercedes Santisteban.

A mis compañeros de programa que me ofrecieron su amistad y respeto, formando equipos de trabajo que nos permitieron cumplir nuestros objetivos académicos.

A quienes que me apoyaron en distintas etapas de la investigación, Dra. Bonny Bayot, Dra. María Herminia Cornejo, Dra. Nardy Diez y estudiante Ian Ronquillo.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
<i>Capítulo 1. CONTEXTO GENERAL</i>	
1.1. Resumen	2
1.2. Introducción	4
1.2.1. Gobierno y maricultura	6
1.2.2. Análisis del problema	8
1.3. Desafíos	14
1.4. Conclusiones	16
1.5. Referencias bibliográficas	17
<i>Capítulo 2. LÍNEA BASE AMBIENTAL PARA LA MARICULTURA OCEÁNICA DE PARGO (<i>Lutjanus guttatus</i>) Y HUAYAIPE (<i>Seriola rivoliana</i>) EN ECUADOR</i>	
2.1. Resumen	23
2.2. Introducción	25
2.3. Área de estudio	26
2.4. Materiales y métodos	31
2.4.1. Aspectos físico-químicos	33
2.4.2. Aspectos biológicos	35
2.4.3. Aspectos socioculturales	36
2.5. Marco Normativo e Institucional	36
2.5.1. La Ley Gestión Ambiental y el Texto Unificado de la Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente	36

2.5.2. El Acuerdo Ministerial 023	39
2.5.3. Reglamentos complementarios al AM 023	42
2.5.4. Normativas sectoriales	43
2.5.5. Otras normativas ambientales	43
2.5.6. Marco institucional	43
2.6. Caracterización Ambiental	46
2.6.1. Medio físico	46
2.6.1.1. Oceanografía física	46
2.6.1.2. Descripción meteorológica	56
2.6.1.3. Calidad del agua y de los sedimentos	59
2.6.2. Medio biótico	62
2.6.2.1. Las áreas protegidas	62
2.6.2.2. Los mamíferos marinos	63
2.6.2.3. Las tortugas marinas	65
2.6.2.4. El bentos	67
2.6.3. Medio socio-cultural	69
2.6.3.1. Los pescadores	70
2.6.3.2. El turismo	74
2.7. Conclusiones	75
2.8. Referencias Bibliográficas	77
<i>Capítulo 3. EVALUACIÓN DE LAS CONDICIONES AMBIENTALES DEL MAR ECUATORIANO PARA LA ADAPTABILIDAD DEL PARGO (<i>Lutjanus guttatus</i>) Y HUAYAIPE (<i>Seriola rivoliana</i>) CON FINES DE MARICULTURA OCEÁNICA</i>	
3.1. Resumen	86

3.2. Introducción	87
3.2.1. Aspectos biológicos de las especies	89
3.2.2. Área de estudio	91
3.3. Materiales y Métodos	92
3.4. Resultados	94
3.4.1. Aspectos fisiológicos	94
3.4.2. Aspectos ambientales	95
3.4.3. Índice de adaptabilidad IA	98
3.5. Discusión	99
3.6. Conclusiones	102
3.7. Referencias Bibliográficas	102

*Capítulo 4. MACROZONIFICACIÓN PARA PROYECTOS DE MARICULTURA OCEÁNICA DE PARGO (*Lutjanus guttatus*) Y HUAYAIPE (*Seriola rivoliana*) EN ECUADOR*

4.1. Resumen	110
4.2. Introducción	111
4.3. Materiales y Métodos	113
4.4. Resultados y discusión	115
4.4.1. Restricciones normativas	115
4.4.2. Restricciones oceanográficas- Índice de Aptitud	117
4.4.3. Evaluación por zonas y especies	118
4.4.4. Macro-zonificación de áreas técnicamente viables para proyectos de maricultura oceánica	119

4.5. Conclusiones	125
4.6. Referencias Bibliográficas	126

*Capítulo 5: MICROZONIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE LA SOSTENIBILIDAD PARA LA MARICULTURA OCEÁNICA DE PARGO (*Lutjanus guttatus*) Y HUAYAIPE (*Seriola rivoliana*) EN ECUADOR*

5.1. Resumen	128
5.2. Introducción	129
5.2.1. Desarrollo Sostenible	129
5.2.2. Sostenibilidad	130
5.2.3. Evaluación ambiental y sostenibilidad	132
5.2.4. Indicadores de sostenibilidad y maricultura	136
5.3. Materiales y Métodos	138
5.3.1. Microzonificación ecosistémica	138
5.3.2. Evaluación de la Sostenibilidad (ES) método PCI	139
5.4. Resultados y discusión	143
5.4.1. Microzonificación ambiental para la maricultura oceánica	143
5.4.1.1. Mejores prácticas sostenibles	145
5.4.1.2. Microzonificación	154
5.4.2. Evaluación de la Sostenibilidad ES	158
5.4.2.1. Sostenibilidad ambiental	160

5.4.2.2. Sostenibilidad por gobernanza	162
5.4.2.3. Sostenibilidad económica	164
5.4.2.4. Sostenibilidad social	167
5.4.2.5. Sostenibilidad global	171
5.5. Conclusiones	171
5.6. Referencias Bibliográficas	173

Capítulo 6. CONCLUSIONES Y DISCUSIÓN GENERAL

6.1. Introducción	181
6.2. Aplicación del modelo	183
6.3. Perspectivas para futuras investigaciones	190

ANEXOS

1. Estaciones oceanográficas y meteorológicas	193
2. Validación de los índices	196
3. Indicadores por dimensión de la sostenibilidad	202

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 2.1	División del área de estudio en zonas latitudinales basada en la presencia de diferentes masas de agua y corrientes.	30
Cuadro 2.2	Proceso administrativo para obtener una concesión de maricultura.	39
Cuadro 2.3	Áreas permisibles para concesiones marinas de maricultura según el Acuerdo Ministerial 023.	40
Cuadro 2.4	Aspectos ambientales adicionales del Acuerdo Ministerial 023.	41
Cuadro 2.5	Variables del monitoreo de agua y sedimentos marinos en proyectos de investigación en maricultura según el Acuerdo Ministerial MAGAP 056.	42
Cuadro 2.6	Distribución climatológica de la temperatura superficial del mar – TSM (°C)	47
Cuadro 2.7	Fluctuación de la temperatura con profundidad en cuatro estaciones <i>costa afuera</i> en el área de estudio, observados durante el año 2008.	47
Cuadro 2.8	Amplitudes de mareas (m) en las zonas del estudio para distintas fases lunares.	50
Cuadro 2.9	Información histórica del oleaje en la costa ecuatoriana.	52
Cuadro 2.10	Información de circulación costera en el área de estudio.	54
Cuadro 2.11	Información meteorológica en la costa ecuatoriana.	57
Cuadro 2.12	Caracterización de la calidad del agua en el área de estudio.	60
Cuadro 2.13	Resumen de algunas características químicas de las masas de agua del área de estudio.	61
Cuadro 2.14	Caracterización de la calidad de los sedimentos marinos en el área de estudio	61
Cuadro 2.15	Áreas del Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Ecuador con influencia en el área de estudio.	62
Cuadro 2.16	Distribución de reportes de anidamiento de tortugas marinas en el área de estudio.	67
Cuadro 2.17	Distribución de organismos de macro y meiofauna en las distintas zonas del área de estudio.	68

Cuadro 2.18	Población e índice de Necesidades Básicas Insatisfechas de la población en la zona de influencia del área de estudio.	69
Cuadro 2.19	Caletas pesqueras artesanales frente al área de estudio.	70
Cuadro 2.20	Flota de barcos cerqueros sardineros de Ecuador.	73
Cuadro 3.1	Niveles de escala de respuesta fisiológica para huayaipe en relación a variaciones de temperatura y concentración de O ₂ .	95
Cuadro 3.2	Niveles de escala de respuesta fisiológica para pargo en relación a variaciones de temperatura y concentración de O ₂	95
Cuadro 3.3	Promedio y máximos y mínimos climatológicos de temperatura del agua para las 5 zonas de estudio	96
Cuadro 3.4	Temperatura promedio, máxima y mínima, de la columna de agua de 10 y 20 m de profundidad para las 5 zonas de estudio.	96
Cuadro 3.5	Recurrencia de eventos/año de ascenso (<i>afloramiento</i>) de isothermas con temperaturas bajo el nivel fisiológico 4 (estrés), que alcanzan la columna de agua de 10 y 20 m de profundidad	97
Cuadro 3.6	Recurrencia de eventos/año de descenso (<i>hundimiento</i>) de isothermas con temperaturas bajo el nivel fisiológico 4 (estrés), que alcanzan la columna de agua de 10 y 20 m de profundidad.	97
Cuadro 3.7	Concentración de O ₂ promedio, máxima y mínima, de la columna de agua de 10 y 20 m de profundidad para las 5 zonas de estudio.	98
Cuadro 4.1	Valoración por criterio de selección para la obtención del índice de aptitud IAp para maricultura en jaulas en las distintas zonas del área de estudio.	115
Cuadro 4.2	Índice de Aptitud para maricultura en jaulas en las distintas zonas del área de estudio.	118
Cuadro 4.3	Estimación de la superficie de las áreas técnicamente viables para maricultura.	120
Cuadro 5.1	Tipos de sostenibilidad y características. Tomado de: Turner (1993) en Leiva (1998)	131
Cuadro 5.2	Esquema de evolución de la Evaluación Ambiental, de la EIA a la EAE, hacia la ES. Adaptado de Sadler (1999, en Morrison-Saunders y Arts, 2012).	134

Cuadro 5.3	Principios de Bellagio. Adaptado de IISD (1997)	135
Cuadro 5.4	Aplicación del método ASSIPAC a la iniciativa de desarrollo de la maricultura de <i>Lutjanus guttatus</i> y <i>Seriola rivoliana</i> en Ecuador.	138
Cuadro 5.5	Número de criterios e indicadores de maricultura asociados a dimensiones y principios de la sostenibilidad. Tomados de: GFCM (2011).	140
Cuadro 5.6	Tabla para la selección de los atributos más representativos de los indicadores. Tomados de: GFCM (2011).	141
Cuadro 5.7	Mejores prácticas sostenibles por dimensión de la sostenibilidad	143
Cuadro 5.8	Nivel de sostenibilidad en base a la presencia de condiciones logísticas necesarias para el desarrollo de la maricultura.	153
Cuadro 5.9	Estimación de la superficie de las áreas disponibles para una maricultura sostenible.	154
Cuadro 5.10	Selección de los atributos más representativos para los indicadores.	159
Cuadro 5.11	Ponderación de los atributos por dimensión de la sostenibilidad.	159
Cuadro 5.12	Indicadores ambientales de sostenibilidad obtenidos en un proceso participativo, presentados en orden descendente de importancia.	160
Cuadro 5.13	Desarrollo de los Indicadores de Sostenibilidad Ambiental.	161
Cuadro 5.14	Indicadores de sostenibilidad en gobernanza obtenidos en un proceso participativo, presentados en orden descendente de importancia.	162
Cuadro 5.15	Desarrollo de los Indicadores de Gobernanza	164
Cuadro 5.16	Indicadores económicos de sostenibilidad obtenidos en un proceso participativo, presentados en orden descendente de importancia.	164
Cuadro 5.17	Desarrollo de los Indicadores de Sostenibilidad Económica	167
Cuadro 5.18	Indicadores sociales de sostenibilidad obtenidos en un proceso participativo, presentados en orden descendente de importancia.	168
Cuadro 5.19	Desarrollo de los Indicadores de Sostenibilidad Social	170
Cuadro 5.20	Puntaje global de Evaluación de la Sostenibilidad de la maricultura oceánica de <i>Lutjanus guttatus</i> y <i>Seriola rivoliana</i> en Ecuador.	171

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1	Masas de agua y corrientes frente al Ecuador. Fuente: Chavarría, 2001	29
Figura 2.2	Zonificación latitudinal del área de estudio, definida por el área comprendida entre las isobatas de 20 a 70 m de profundidad.	31
Figura 2.3	Estructura orgánica del Viceministerio de Acuicultura y pesca. Tomada de: http://www.viceministerioap.gob.ec/la-institucion	45
Figura 2.4	Perfiles verticales de temperatura, promedio de largo período (5 años), obtenidos a lo largo del área de estudio.	48
Figura 2.5	Climatología de la estructura térmica vertical en la Estación El Pelado. Fuente: Riofrío y Chavarría, 2009.	49
Figura 2.6	Climatología de la estructura halina vertical en la Estación El Pelado. Fuente: Riofrío y Chavarría, 2009.	49
Figura 2.7	Amplitudes de marea en las Zonas del área de estudio.	50
Figura 2.8	Dirección predominante del oleaje en la costa ecuatoriana. Tomada de: Vera <i>et al.</i> , 2009.	51
Figura 2.9	Dirección del viento en porcentaje de ocurrencia (%) en las épocas húmeda y cálida en Santa Elena. Promedios de datos para el periodo 2002-2008. Tomada de: CEIDA-UPSE, 2009.	59
Figura 2.10	Componentes costeros del Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Ecuador. Fuente: Sistema Nacional de Información.	63
Figura 2.11	Distribución de los avistamientos de ballenas jorobadas graficada en base a las observaciones reportadas en SIBIMAP (2014) para el período 1959 - 2010. Recuadro tomado de Félix y Haase (2005), obtenido en base a expediciones realizadas entre 1959 – 2003.	65
Figura 2.12	Posiciones geográficas de cinco tortugas carey, equipadas con emisores satelitales, monitoreadas a partir del PNMachalilla. Tomada de: Baquero et al. 2010.	66

Figura 2.13	Distribución de organismos de macro y meiofauna en las distintas zonas del área de estudio.	68
Figura 2.14	Principales áreas de pesca en Ecuador continental. Tomada de: Arriaga y Martínez (2002).	71
Figura 2.15	Zonas de pesca de peces pelágicos grandes a) dorado y b) atún, picudo y pez espada. Tomada de: Elías y Guamán (2012)	72
Figura 3.1	Índice de adaptabilidad de huayaipe a las distintas zonas del mar ecuatoriano para maricultura oceánica a dos profundidades de las jaulas.	99
Figura 3.2	Índice de adaptabilidad de pargo a las distintas zonas del mar ecuatoriano para maricultura oceánica a dos profundidades de las jaulas.	99
Figura 4.1	Áreas pesqueras y del PANE que expresan algún nivel de exclusión normativa para proyectos de maricultura. La división del área de estudio, en zonas, fue definida en el Estudio de Línea Base Ambiental (Chavarría, 2014).	116
Figura 4.2	Índice combinado para maricultura de <i>S. rivoliana</i> para las zonas del mar ecuatoriano a dos profundidades de las jaulas.	118
Figura 4.3	Índice combinado para maricultura de <i>L. guttatus</i> para las zonas del mar ecuatoriano a dos profundidades de las jaulas.	119
Figura 4.4	Áreas técnicamente viables para proyectos de maricultura en la Zona I.	120
Figura 4.5	Áreas técnicamente viables para proyectos de maricultura en la Zona II.	121
Figura 4.6	Áreas técnicamente viables para proyectos de maricultura en la Zona III.	122
Figura 4.7	Áreas técnicamente viables para proyectos de maricultura en la Zona IV.	123

Figura 4.8	Áreas técnicamente viables para proyectos de maricultura en la Zona V.	124
Figura 5.1	Escala de semáforo para la determinación de la sostenibilidad de la maricultura. Adaptado de Fezzardi <i>et al.</i> , 2013.	142
Figura 5.2	Interacción de las áreas técnicamente viables con otras actividades y procesos ambientales y socio-económicos que pueden afectar la sostenibilidad de los procesos de maricultura en jaulas.	144
Figura 5.3	Áreas para proyectos sostenibles de maricultura en la Zona I.	155
Figura 5.4	Áreas para proyectos sostenibles de maricultura en la Zona II.	155
Figura 5.5	Áreas para proyectos sostenibles de maricultura en la Zona III.	156
Figura 5.6	Áreas para proyectos sostenibles de maricultura en la Zona IV.	157
Figura 5.7	Áreas para proyectos sostenibles de maricultura en la Zona V.	158

CAPÍTULO I

CONTEXTO GENERAL

Publicado en:

Revista Ciencias Pedagógicas e Innovación

Volumen III, No.1, junio de 2015

Edición del Universidad Estatal Península de Santa Elena - Ecuador

Indexada en Latindex-Catálogo, Latindex-Directorio, en Línea e Impreso, y

REDIB Red Iberoamericana de Innovación y Conocimiento Científico

Título del documento:

Metodología de Evaluación Ambiental para una

Maricultura Oceánica Sostenible en Ecuador

CAPÍTULO I

CONTEXTO GENERAL

1.1. Resumen

La acuicultura marina se perfila como una actividad muy prometedora en respuesta a la creciente presión mundial por recursos alimenticios. Debido a las limitaciones de espacio y menor calidad ambiental en las zonas costeras, las aguas mar afuera se proyectan como el área natural de expansión de la acuicultura marina o maricultura oceánica. Ecuador, un país con vocación pesquera y acuícola, pretende impulsar esta actividad. No obstante, a la luz de los problemas ambientales observados en otros países, su desarrollo puede entrar en conflicto con los principios de sostenibilidad y la visión ambiental del gobierno. A pesar de los avances tecnológicos y la existencia de un marco jurídico para el desarrollo de la actividad, se han autorizado pocas concesiones. El objetivo del presente trabajo fue estructurar un modelo de investigación que, teniendo como base la Evaluación Ambiental de última generación, es decir la Evaluación de la Sostenibilidad (ES), conduzca a la realización de una microzonificación del mar ecuatoriano para una maricultura sostenible de la especies locales pargo (*Lutjanus guttatus*) y huayaípe (*Seriola rivoliana*). El estudio plantea que la actividad pudiera impulsarse con un estudio que analice la sostenibilidad en sus dimensiones ambiental, social, económica y de gobernanza, estableciendo las áreas más apropiadas para implementar proyectos en Ecuador.

Palabras clave: Maricultura, sostenibilidad, evaluación ambiental, *Seriola rivoliana*, *Lutjanus guttatus*.

ABSTRACT

Marine aquaculture is emerging as a promising activity in response to the growing global pressure of food resources. Offshore waters are projected as the natural area of expansion of marine aquaculture in open water due to space constraints and lower environmental quality in coastal areas. Ecuador has important fishery and aquaculture industries. Since last few years, several governmental initiatives point to promote the marine aquaculture. However, considering the environmental problems observed in other countries, the development of the marine aquaculture may conflict with the principles of sustainability and environmental vision of the Ecuadorian government. Despite technological advances and the existence of a legal framework for the development of the activity, few concessions for offshore marine fish aquaculture has been authorized. The goal of this study was to structure a research model, based on the Environmental Assessment of last generation, i. e. Sustainability Assessment (ES), leading to the realization of a micro-zoning of the Ecuadorian sea for a sustainable mariculture of local species snapper (*Lutjanus guttatus*) and huayaipe (*Seriola rivoliana*). This work suggests that the activity could be promoted if a study is done by analyzing sustainability of oceanic mariculture in its environmental, social, economic and governance dimensions, establishing the most appropriate areas to implement projects in Ecuador.

Keywords: Marine aquaculture, sustainability, environmental assessment, *Seriola rivoliana*, *Lutjanus guttatus*.

1.2. Introducción

La producción pesquera mundial en el año 2012 fue estimada por la FAO (2014) en 158 millones de TM; de esta producción, 136.2 millones de TM se destinaron al consumo humano. La producción global alcanzada expresa un crecimiento sostenido de la pesca y consumo de pescado. No obstante, un análisis desagregado de los datos, muestra la estabilización de la pesca extractiva aproximadamente desde el segundo lustro de la década de los 80, fluctuando alrededor de las 90 millones de TM anuales. Por consiguiente, el crecimiento del sector se sustenta actualmente en la producción acuícola. Así, en el año en referencia, la acuicultura y el sector extractivo produjeron 66.6 y 91.3 millones de TM (42.2 % y 57.8 %), respectivamente. Dentro del rubro acuicultura, el componente maricultura o acuicultura marina presenta también un crecimiento continuo, con una producción de 24.7 millones de TM al 2012.

Halwart *et al.* (2008) indican que la acuicultura en jaulas ha crecido rápidamente durante las dos últimas décadas, experimentando actualmente grandes cambios como respuesta a las presiones de la globalización y a un aumento de la demanda mundial de productos acuáticos. Con ello se ha avanzado hacia el desarrollo y uso de más sistemas intensivos de cultivo en jaulas. En particular, la necesidad de contar con sitios apropiados ha hecho que esta actividad acceda y se expanda a nuevas áreas inexploradas del cultivo, entre ellas áreas de mar abierto.

En lo que respecta a la Región América Latina y el Caribe, Rojas y Wadsworth (2008) han establecido que 31 de los 44 países de la región tienen producción acuícola. El sector acuícola se ha desarrollado de forma desigual, por ejemplo países como Chile y Brasil, son responsables del 72 por ciento de la producción total, y de ésta, se estima que el 70 por ciento proviene del cultivo en jaulas. En el 2004, la Región presentó una producción acuícola total de 1.3 millones de toneladas valoradas en 5200 millones de dólares, estas cifras representan el 2.9 por ciento de la cosecha acuícola mundial y el 8.2 por ciento de su valor, siendo gran parte de las especies cultivadas peces de alto valor comercial (casi 900 mil toneladas), la gran mayoría producida en sistemas de cultivo en jaulas. Más del 90 por

ciento de los sistemas de jaulas utilizados en la Región se encuentran en Chile, destinándose principalmente al cultivo de salmón.

Con estos antecedentes, la acuicultura marina se perfila como una actividad muy prometedora en respuesta a una creciente presión por recursos alimenticios. De este rubro, las aguas mar afuera se proyectan como el área natural de expansión de la maricultura debido a las limitaciones de espacio y menor calidad ambiental en las zonas costeras. La publicación regional Mundo Acuícola - Pesquero (2008) reportó que “*muchas empresas (chilenas) reconocen grandes beneficios económicos de cultivar en lugares alejados y expuestos, y se ve claramente una tendencia a cultivar en tales lugares*”. En cuyo caso, la rentabilidad económica debe responder a un balance dado por las mejores condiciones ambientales. Esto permitiría obtener una producción mayor, capaz de compensar el incremento en los costos logísticos y de infraestructura de la acuicultura marina de aguas abiertas o maricultura oceánica.

Considerando las múltiples definiciones existentes para maricultura oceánica, fundamentadas principalmente en las condiciones batimétricas y de distancia a la costa de los emplazamientos, este estudio propone una definición, basada en aspectos normativos, a decir: *acuicultura que se realiza en ambientes confinados en aguas marinas expuestas a las condiciones de mar abierto, con escasa influencia y protección de la costa*. En lo que respecta a este ensayo, el análisis está orientado a la maricultura de peces.

La maricultura constituye una actividad económicamente riesgosa puesto que se desarrolla en un ambiente capaz de incrementar su nivel de hostilidad conforme el proyecto se aleja de la costa, lo cual exige el uso de tecnología cada vez más sofisticada y costosa.

En otros países los proyectos de maricultura oceánica industrial han estado tradicionalmente orientados al cultivo de especies de peces de alto valor comercial (Buschmann, 2001; Blacio, 2002; Benneti *et al.*, 2010a, 2010c) dirigidas al mercado de exportación, lo que se justifica por las altas inversiones. Por su parte, la maricultura oceánica artesanal, por lo menos en su etapa inicial, estaría dirigida a satisfacer la demanda

local, sin desestimar el mercado de exportación, esto tendría influencia sobre la tecnología de cultivo, pues se hace imperativo desarrollar tecnologías más económicas para este sector.

Ecuador es un país con vocación pesquera y acuícola, y es natural que se pretenda impulsar esta actividad. No obstante, a la luz de los problemas ambientales observados en otros países, el desarrollo de la maricultura puede entrar en conflicto con los principios de conservación y precaución contemplados en la Constitución¹ del Estado ecuatoriano. En este contexto, es apropiado indicar que el Gobierno ecuatoriano muestra una inclinación filosófica hacia una economía ecológica como se refleja en el trabajo de Correa y Falconí² (2012), “Después de Río+20: Bienes Ambientales y Relaciones de Poder” en el cual expresan textualmente *“El Ecuador plantea al mundo alternativas al desarrollismo y propicia en cambio, ..., una economía que contempla los derechos de la naturaleza. En forma concreta, hemos desarrollado un complejo Plan Nacional de lo que llamamos Buen Vivir, el cual considera que la naturaleza es, per se, la fuente de valor. No puede existir una economía que se sustraiga a ella. No puede existir una economía parcial que se sujete tan solo al mercado como medida de todas las cosas, pues tal reduccionismo exime a los países de su dependencia extrema de los bienes naturales....”*.

1.2.1. Gobierno y maricultura

Bajo este escenario, el Gobierno del Ecuador ha dado muestras de interés en el desarrollo de la maricultura oceánica, principalmente como una alternativa para el sector pesquero artesanal. Es así que, en el año 2009 la Subsecretaría de Recursos Pesqueros (SRP) realizó un estudio básico de las principales características ambientales-oceanográficas y sociales para la implementación de proyectos de maricultura en 10 áreas relevantes del mar costero ecuatoriano (Benetti, 2010; Benetti *et al.*, 2010a, Benetti *et al.*, 2010b, Benetti *et al.*, 2010c). Por otra parte, el sector privado, interesado en el desarrollo de proyectos de maricultura, ha realizado estudios en sectores más específicos, como es el caso de DOCAPES S.A. (2009) y MARAMAR (2011).

¹ Constitución de la República del Ecuador: Artículos 71, 72, 73, 397, etc.

² Presidente de la República y ex - Secretario Nacional de Planificación y Desarrollo, respectivamente.

Los resultados del estudio de la SRP fueron presentados en abril de 2010 en el “I Primer Simposio de Maricultura en el Ecuador”, dirigido al sector pesquero artesanal. Posteriormente, en marzo de 2011, la Universidad Estatal Península de Santa Elena (UPSE) co-organizó la “I Jornada de Acuicultura Marina: Una oportunidad para Ecuador”, convocando a investigadores locales y expertos de la maricultura chilena del salmón, con la participación del Viceministro de Acuicultura y Pesca y representantes del Ministerio del Ambiente (MAE). Por otro lado, el sector privado, a través de la Sociedad Latinoamericana de Acuicultura (SLA) realizó a finales del 2011 un foro a partir del cual se solicitó al sector gubernamental se realicen las gestiones pertinentes para apresurar el proceso de concesiones en el área marina. En octubre de 2013, en el marco del “XV Congreso Ecuatoriano de Acuicultura” se presentó una jornada científica de maricultura, financiada por el Estado, con el objeto de presentar al sector acuicultor los avances locales en el tema y experiencias exitosas externas, como la maricultura costera de *scallops* ejecutada por pescadores artesanales en Perú (Mendo, 2013).

La evolución normativa ha sido relevante desde el año 2010 en que se promulgó, a través del Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuicultura y Pesca (MAGAP), el Acuerdo Ministerial 407: *Instructivo para el ordenamiento y control de las actividades de acuicultura que se desarrollen utilizando zonas en aguas de mar, fondos marinos arenosos o rocosos y áreas marinas técnicamente permisibles*, mismo que fuera derogado, el 16 de octubre de 2012, por el Acuerdo Ministerial 458: *Instructivo para el ordenamiento y control de concesiones para las actividades de maricultura en el Ecuador*, el que a su vez fue sustituido por el Acuerdo Ministerial 023 (MAGAP, 2015) del 6 de febrero de 2015: *Instructivo para el ordenamiento, control de concesiones y fomento de las actividades de maricultura en el Ecuador*, norma que regula la actividad con una orientación hacia los principios de la sostenibilidad.

El Gobierno también ha establecido el sistema de categorización de especies³ con las cuales está permitido realizar maricultura. La inclusión en la lista de Especies Permitidas

³ Acuerdo Ministerial 057 (23-11-2014): Instructivo para la categorización de especies bioacuáticas e inclusión en la lista de especies para acuicultura marina.

supone la existencia de una base de conocimientos técnicos locales sobre ellas, como *e.g.* haber logrado el ciclo de vida cerrado de la especie. De este modo, en la lista referida, emitida por el Instituto Nacional de Pesca, constan aquellas que tiene potencial para acuicultura marina. Estudios previos han sido realizados para las dos especies entre otros por: Blacio (2002), Blacio y Álvarez (2002), Blacio *et al.* (2003), Blacio (2005), CENAIM (2007), Benetti *et al.* (2010b) y Benetti *et al.* (2010c).

A pesar de la existencia de una base técnico-científica y de un marco jurídico para el desarrollo de la actividad, según reporte de la Subsecretaría de Acuicultura (2014), únicamente se han autorizado dos concesiones para maricultura oceánica industrial y una para investigación-industrial, todas en la provincia de Manabí; cabe indicar que solo una de ellas está dirigida a la producción exclusiva de peces, mientras que dos están dirigidas a camarones y peces. Por el momento, ninguna de ellas se encuentra en operación. Por su parte al sector artesanal se le han otorgado dos concesiones, una para producción de moluscos, y otra para investigación de macroalgas, ambas en la provincia de Santa Elena, destacando que aún no se han autorizado proyectos para el cultivo de peces en jaulas para este sector priorizado por el Gobierno.

1.2.2. Análisis del problema

Es legítimo argumentar que el inicio formal de la maricultura oceánica en Ecuador aún no es una realidad. En consecuencia es necesario analizar las razones para que esto no haya sido posible:

Por un lado están los **aspectos económicos**, pues *e. g.* además de los altos costos de infraestructura y operación, se debe incluir los costos de los estudios ambientales e hidrodinámicos exigidos, que en el caso de los cultivos de peces incluyen: batimetría, dirección e intensidad de corrientes, mareas, olas y fondo marino de sus respectivas áreas de implantación. Como se ha indicado en distintos foros, esto constituye un factor de desmotivación, principalmente en el sector artesanal.

Por otro lado están los **aspectos sociales**, se conoce que existe un evidente componente social incorporado al tema, manifestado principalmente por los gremios de pescadores artesanales; lo que ha sido abordado principalmente desde la esfera política.

Es obligatorio mencionar también los **aspectos ambientales**. La maricultura oceánica presenta también el problema de la generación de impactos ambientales como ha sido referido en incontables publicaciones *e. g.* los trabajos de Naylor *et al.* (2000); Buschmann (2001); Vita *et al.*, (2002); González *et al.* (2005); CIESM (2007); Sanz- Lázaro y Marín (2008); Jensen *et al.* (2010); Sanz-Lázaro *et al.* (2011); y, Sanz-Lázaro y Marín (2011). Benetti *et al.* (2010a) indican que, *para garantizar que la industria de maricultura oceánica sea sostenible a largo plazo, manteniendo condiciones ambientales estables, se debe seguir estrategias de manejo óptimas.*

Los aspectos mencionados, conjuntamente con los temas de gobernanza, constituyen las cuatro dimensiones de la sostenibilidad.

En consecuencia, se plantea que, el desarrollo del sector, desde el punto de vista de la selección de áreas (*site selection*), pudiera impulsarse si se realiza un estudio interdisciplinar, que incluya tales dimensiones, determinando las zonas más aptas para una maricultura oceánica ambientalmente sostenible. Se estima necesario realizar un estudio que analice de manera independiente la sostenibilidad ambiental del desarrollo de la actividad, lo cual es posible de hacer proponiendo distintos escenarios de producción en las zonas técnicamente viables más favorables. Un ejemplo de aplicación de análisis de la sostenibilidad a la acuicultura lo constituye el estudio realizado por la Comisión General de Pesquerías para el Mediterráneo “Indicadores para el desarrollo sostenible de la acuicultura mediterránea de peces” (2011) basados en los indicadores generados en el Proyecto InDAM (Indicadores para el desarrollo sostenible de la acuicultura y guías para su uso en el Mediterráneo).

En tal sentido, desde las distintas aristas desde las cuales es posible abordar el tema, se propone, a través de este ensayo, hacerlo desde el espacio metodológico de la Evaluación

Ambiental, utilizando herramientas tradicionales como la Evaluación de Impactos Ambientales (EIA) y Evaluación Ambiental Estratégica (EAE); explorando y desarrollando instrumentos metodológicamente afines a la llamada evaluación ambiental de nueva generación Evaluación de la Sostenibilidad (ES) definida por Devuyst (1999) en Páez (2003) como “*el proceso formal de identificación, predicción y estimación (o evaluación) de los impactos potenciales de una iniciativa –legislación, regulación, política, plan, programa o proyecto- y sus alternativas con relación al desarrollo sostenible de una sociedad*”. En resumen, se plantea una evaluación de las áreas técnicamente apropiadas (macrozonificación) para maricultura, aplicando herramientas ambientales y consideraciones socio-económicas, satisfaciendo indicadores de sostenibilidad que permitan generar una microzonificación de las áreas más apropiadas para la implantación de los proyectos, esto es, una ordenación (cartográfica) del territorio marítimo. Estos enfoques permitirían superar las distorsiones políticas, constituyendo al estudio en una herramienta técnica adecuada para la toma de decisiones del Gobierno, en la búsqueda de la sostenibilidad de esta actividad.

Es así que, por la naturaleza práctica del tema, el estudio planteado se enmarca dentro de las ciencias aplicadas, proponiendo como meta básica el análisis de la sostenibilidad ambiental del desarrollo de la maricultura oceánica, artesanal e industrial, de dos de la especies locales más promisorias para la acuicultura marina, pargo (*Lutjanus guttatus*) y huayaipe (*Seriola rivoliana*)⁴.

Ecuador, actualmente, observa en el mar un componente esencial para el cambio de su matriz productiva y energética, existiendo en el borde costero⁵ importantes polos de desarrollo económico *e. g.* la acuicultura del camarón, industria que ha estado sujeta a varias externalidades que han cuestionado o han puesto en peligro su sostenibilidad. Esta actividad industrial en 1998 alcanzó una producción aproximada de 115000 TM de camarón de exportación (Aquicultura, 2013), para lo cual se utilizaron cerca de 175256 ha de áreas costeras (Chávez y Zurita, 2000); en contraste, en 1999 las condiciones

⁴ *Lutjanus guttatus* y *Seriola rivoliana* son especies de peces aprobadas (Especies Permitidas) por el Instituto Nacional de Pesca para su cultivo en el Ecuador en sistemas de maricultura oceánica. Memorando Nro. MAGAP-INP-2014-1867-M. Guayaquil, 11 de abril de 2014

⁵ Definido como la zona de interacción marino -costera.

ambientales favorecieron la epidemia de la *Mancha Blanca*⁶, representando el casi colapso del sector. La recuperación fue lenta alcanzando la producción record de 215563 TM en el 2013 (CNA, 2014). Esta importante actividad económica también ha sido asociada a la generación de impactos ambientales y conflictividad social, por el uso de zonas costeras y de manglar, los que quizás se hubieran podido mitigar con la introducción de criterios de sostenibilidad. Otras actividades de desarrollo como: la explotación costera hidrocarburífera, realizada en todas las etapas producción e industrialización; la extracción *off shore* de gas natural; la construcción de obras costeras; la generación eléctrica; el turismo; la producción de sal; la pesca industrial y artesanal; etc., se constituyen en tensiones ambientales sobre los ecosistemas estuarinos y marino costeros.

En este contexto, se ha indicado que la expansión de la maricultura en Latinoamérica es irreversible. En los últimos años, otros países de la región como Colombia, Panamá, Chile, Costa Rica, Belice, Brasil, Martinica, Puerto Rico, República Dominicana, México, Bahamas, etc., se encuentran desarrollando programas de maricultura en jaulas flotantes (Benetti, 2010). Según indican Blacio *et al.* (2003) los primeros experimentos en jaulas fueron realizados en Ecuador hace cerca de dos décadas. Paradójicamente, Ecuador, siendo un pionero en el área, actualmente no cuenta con esa tecnología.

A pesar del interés del Gobierno en el desarrollo de la maricultura oceánica, no se ha avanzado significativamente en viabilizar los procesos de concesión de áreas marinas. El principio de precaución ha primado en el ejercicio de la toma de decisión. Observándose poco avance en los esfuerzos institucionales por establecer zonificaciones, a pesar de existir información razonablemente suficiente para iniciar un proceso de evaluación ambiental y selección de sitio.

La orientación ambiental del Estado ecuatoriano en relación a la maricultura se refleja en el artículo 2 del Acuerdo Ministerial 023 el cual establece que: *las autorizaciones y concesiones para maricultura se entregarán sobre zonas de aguas de mar, fondos marinos arenosos o rocosos,cuidando de no afectar las actividades de la pesca, turismo,*

⁶ Enfermedad causada por el WSSV (virus del síndrome de la mancha blanca) y que produjo en el año 1999 el colapso de la acuicultura del camarón blanco en Ecuador.

tráfico marítimo y otros usuarios de este bien nacional, utilizando las técnicas disponibles para reducir el impacto ambiental sobre las áreas que serían destinadas a la maricultura. Esta declaración normativa expresa una serie de aspectos que deben analizarse en un marco complejo que involucra las ciencias ambientales y marinas en general, en interacción con aspectos sociales y económicos, en un escenario ambiental cambiante; marco compatible, con los denominados Sistemas Ecológicos Sociales - SES, como fuera expresado por Chapin *et al.* (2009) y que refleja las interacciones de procesos físicos, ecológicos y sociales. En consecuencia, considerando la alineación filosófica del Gobierno, el estudio debe observar la visión ecosistémica de los SES.

De hecho, el factor social es gravitante, pues *e.g.* el Acuerdo Ministerial 407 fue influenciado antes de ser promulgado, de modo que, por presión de los gremios de pescadores artesanales, la asignación de espacios marinos constituyó inicialmente una extrapolación de la legislación pesquera manifestándose que, dentro de las primeras 8 millas náuticas desde la costa, solo serían autorizados los proyectos presentados por organizaciones pesqueras artesanales o proyectos de investigación. Esto ha sido corregido en el Acuerdo Ministerial 023, permitiendo proyectos industriales dentro de la zona pesquera artesanal; no obstante, se desconoce las posibles reacciones de las agremiaciones artesanales que consideran este espacio como propio.

Por otro lado, el desarrollo de maricultura oceánica expresa una exposición directa de la infraestructura de jaulas a las condiciones ambientales oceanográficas y meteorológicas, siendo componentes fundamentales a considerar en la selección de sitio, pues afectan por un lado a la ingeniería de los sistemas de jaulas y por otro a la dispersión de contaminantes, incidiendo consecuentemente en la evaluación ambiental.

En definitiva, casi cinco años después de la promulgación del Acuerdo Ministerial 407, el proceso de concesiones ha avanzado lentamente; esta inercia ha propiciado dos escenarios: a) desfavorable, la generación de un retraso tecnológico con respecto a otros países que ya han implementado proyectos piloto o productivos, y b) favorable, la oportunidad de realizar e impulsar la actividad dentro de un marco de sostenibilidad.

Con respecto al escenario b, la experiencia ecuatoriana en la acuicultura del camarón blanco, y sus cuestionamientos como actividad ambiental y socialmente sostenibles, generaron a lo largo de las últimas décadas cierto grado de desconfianza en la actividad acuícola por parte de la institucionalidad ambiental y algunos segmentos de la sociedad. Si a esto se suma las experiencias de impactos ambientales y sociales significativos reportados en otros países por las actividades de maricultura (Naylor *et al.*, 2000; Buschmann, 2001; Vita *et al.*, 2002; González *et al.*, 2005; CIESM, 2007; Sanz- Lázaro y Marín, 2008; Jensen *et al.*, 2010; Sanz-Lázaro *et al.*, 2011), es comprensible el desfase del inicio de la maricultura oceánica en Ecuador. Cabe resaltar además, que a diferencia de otros países, donde la acuicultura marina mar afuera es una actividad productiva tradicional, paralelamente a la cual se ha generado gradualmente una normativa; en Ecuador, el desarrollo de la actividad se deberá ajustar a restricciones normativas y a una serie de procedimientos administrativos que pudieran parecer excesivos, pero que, en definitiva, se han construido para satisfacer dos conceptos esenciales de la constitución política y planificación ecuatoriana que son: *los derechos de la naturaleza* (concepto ambiental) y el *buen vivir* (concepto de desarrollo sostenible).

Entonces, es válido plantear la pregunta ¿es sostenible el desarrollo de la maricultura oceánica en el Ecuador? Esta pregunta aún no ha sido respondida, pues obviamente es complejo evaluar una actividad que aún no tiene vida propia. En consecuencia, con la experiencia de la EIA y EAE tradicionales, que estiman impactos a partir de proyectos, se propone abordar el tema desde la aproximación a metodologías que contribuyan a la Evaluación de la Sostenibilidad (ES), es decir, en base a un análisis de sostenibilidad, plantear una microzonificación que satisfaga parámetros ambientales e indicadores de sostenibilidad que cumplan con los requerimientos del Gobierno. En este contexto, es necesario responder las siguientes preguntas:

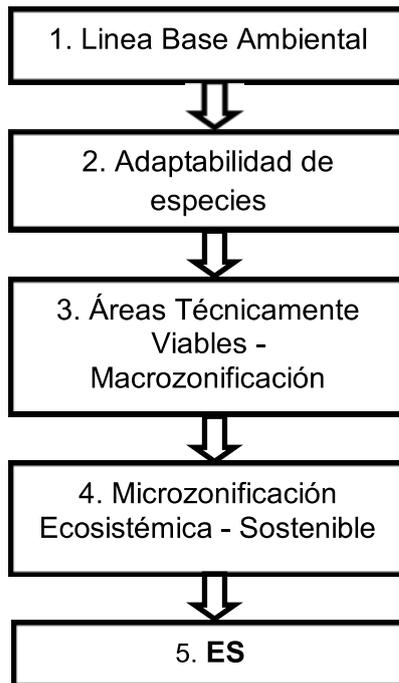
- ¿Existe información ambiental disponible para el desarrollo del proyecto?
- ¿Se conoce las condiciones ambientales más apropiadas para el crecimiento en cautiverio de las especies *S. rivoliana* y *L. guttatus* aprobadas por el Gobierno ecuatoriano para su cultivo en el mar?

- ¿Son las condiciones ambientales apropiadas para la instalación y seguridad de las jaulas?
- ¿Cuáles serían las áreas técnicamente viables para el desarrollo de la maricultura oceánica de peces?
- ¿Cuáles serían las áreas más adecuadas para el desarrollo de la maricultura oceánica de *S. rivoliana* y *L. guttatus*, bajo un escenario ecosistémico?
- ¿La institucionalidad y la normativa ambiental y acuícola vigentes garantizan el desarrollo de la actividad en un marco de sostenibilidad ambiental?
- ¿Qué escenarios de producción en maricultura se podrían proyectar considerando la demanda de mercado?
- ¿Qué escenarios de riesgo pudieran afectar la actividad?
- Finalmente ¿es la maricultura de *S. rivoliana* y *L. guttatus* sostenible en Ecuador?.

Estas preguntas deben ser respondidas para iniciar y desarrollar esta actividad en un marco de sostenibilidad, lo cual es factible realizar mediante la elaboración de varios estudios integrados en forma secuencial en un modelo conducente a la ES.

1.3. Desafíos

Desde un enfoque epistemológico, la ingeniería y ciencias ambientales son por naturaleza interdisciplinarias; existiendo problemas ambientales que necesitan ser estudiados en forma integrada, considerando sus dimensiones ecológicas, sociales, económicas y tecnológicas, con el objeto de promover el desarrollo sostenible (DS). Este trabajo, plantea un modelo de investigación que aborda la problemática de la sostenibilidad de la maricultura oceánica de peces en el Ecuador, particularmente de *S. rivoliana* y *L. guttatus*, incorporando la multidimensionalidad del tema en la planificación de las áreas para el desarrollo de los proyectos. En este contexto, se propone el siguiente procedimiento:



1. **Línea Base ambiental:** Levantamiento de la base de información (ambiental, normativa, social y económica) más relevante que caracterice el estado actual del mar ecuatoriano, con una orientación a procesos de maricultura oceánica en ambientes confinados.
2. **Adaptabilidad de especies:** Evaluación de la adaptabilidad (Índice de Adaptabilidad) de las especies huayaipe (*Seriola rivoliana*) y pargo (*Lutjanus guttatus*) a las condiciones ambientales que se presentarían en las jaulas, para distintas áreas del mar ecuatoriano.
3. **Áreas técnicamente viables:** Macro-zonificación con Índice de Aptitud para el desarrollo de la maricultura oceánica en Ecuador en base al análisis integrado de la información suministrada en el estudio de línea base y las zonas más apropiadas para las especies seleccionadas.
4. **Microzonificación:** Sobre la base de las áreas técnicamente viables, proposición de zonas apropiadas en base a consideraciones ecosistémicas y de sostenibilidad.

5. **Evaluación de sostenibilidad:** proposición de ES de la actividad, en base a Indicadores de Sostenibilidad ambiental, social, económica y de gobernanza, considerando, factores de producción y mercado, institucionalidad y posibles escenarios de riesgo.

Con este modelo se propone un procedimiento para aplicar la ES en la gestión ambiental de la maricultura, permitiendo preservar la calidad ambiental marina, sin afectar las actividades de desarrollo. Los procesos planteados buscan resolver un problema importante en la toma de decisiones del Gobierno, puesto que su aplicación permitiría contar con una herramienta apropiada a los tomadores de decisiones de las distintas instituciones involucradas en el tema del otorgamiento de concesiones y control ambiental.

Finalmente, su aplicación permite plantear la siguiente hipótesis descriptiva: “La aplicación del modelo de Evaluación de la Sostenibilidad (ES) en la etapa inicial del desarrollo de la maricultura oceánica de las especies pargo (*Lutjanus guttatus*) y huayaípe (*Seriola rivoliana*), incorporando procesos de evaluación de la adaptabilidad de las referidas especies a las condiciones oceanográficas locales, estudios de aptitud del área para la maricultura y definición de una microzonificación en un marco promotor de sostenibilidad ambiental, además de económica y social, permite establecer que el desarrollo de la maricultura oceánica en las áreas indicadas del mar ecuatoriano, presentaría condiciones sostenibles”.

1.4. Conclusiones

- El desarrollo de la maricultura oceánica en Latinoamérica es irreversible. Las proyecciones de la FAO expresan que la demanda per cápita y consumo global de productos acuícolas marinos seguirá incrementándose.

- El desarrollo de la actividad acuícola en el ambiente marino está asociado a problemas ambientales que requieren ser evaluados en un contexto ecosistémico.
- Es necesario construir procedimientos aplicables al ambiente marino-costero generando metodologías de evaluación ambiental regional coherentes con la evaluación ambiental de última generación ES.
- La planificación de la maricultura oceánica en el Ecuador ha sido abordada casi exclusivamente desde la dimensión política. Su escaso desarrollo efectivo se explica porque no ha sido abordado suficientemente desde el componente científico-técnico. La propuesta planteada pretende aportar a ese desarrollo, como punto de partida para una planificación para la producción de peces en cautiverio en el mar.
- Es posible y necesario evaluar la sostenibilidad ambiental de las proyecciones de desarrollo de la maricultura oceánica en volúmenes confinados de agua de las especies actualmente aprobadas pargo (*Lutjanus guttatus*) y huayaipe (*Seriola rivoliana*) en el Ecuador, en base al análisis integrado de la oceanografía costera y la evaluación ambiental bajo un concepto de sistema ecológico y social.

1.5. Referencias bibliográficas

AQUACULTURA, 2013. Estadísticas. Cámara Nacional de Acuicultura. Acuicultura; 95: 48.

BENETTI, D. 2010. Consultoría para la elaboración de estudios básicos y de factibilidad para la implementación de proyectos de maricultura en 10 áreas del mar costero ecuatoriano para la diversificación productiva del sector pesquero artesanal. Informe Final. Stratega BDS. Subsecretaría de Recursos Pesqueros. Manta, Ecuador.

BENETTI, D; RIVERA, J; VELARDE, E; VELASCO, M. 2010a. Estudios básicos para instalar proyectos de maricultura oceánica en diez sitios cercanos a puertos pesqueros artesanales en el Ecuador. Consultoría para la elaboración de estudios básicos y de factibilidad para la implementación de proyectos de maricultura en 10 áreas del mar costero ecuatoriano para la diversificación productiva del sector pesquero artesanal. Stratega BDS. Subsecretaría de Recursos Pesqueros. Manta, Ecuador.

BENETTI, D; RIVERA, J; VELARDE, E; VELASCO, M. 2010b. Línea base biológica, física, química, oceanográfica, cálculo de fetch, correntometría con ADCP, pruebas de anclas, cálculo ingeniería de jaula y de fondeo para el proyecto de maricultura oceánica en diez sitios cercanos a puertos pesqueros artesanales en el Ecuador. Consultoría para la elaboración de estudios básicos y de factibilidad para la implementación de proyectos de maricultura en 10 áreas del mar costero ecuatoriano para la diversificación productiva del sector pesquero artesanal. Stratega BDS. Subsecretaría de Recursos Pesqueros. Manta, Ecuador.

BENETTI, D; RIVERA, J; VELARDE, E; VELASCO, M. 2010c. Modelo de factibilidad biológica, científica, técnica y ambiental para el proyecto de maricultura oceánica en diez sitios cercanos a puertos pesqueros artesanales en el Ecuador. Consultoría para la elaboración de estudios básicos y de factibilidad para la implementación de proyectos de maricultura en 10 áreas del mar costero ecuatoriano para la diversificación productiva del sector pesquero artesanal. Stratega BDS. Subsecretaría de Recursos Pesqueros. Manta, Ecuador.

BLACIO, E. 2002. Posibilidades de diversificación en la acuicultura ecuatoriana. El Mundo Acuícola; 8 (2). CENAIM. Guayaquil.

BLACIO, E. 2005. Cultivo de huayaípe, *Seriola rivoliana* en piscinas de tierra y piscinas cubiertas con geomembrana. CENAIM Informa. Boletín Informativo No. 123.

BLACIO, E; ÁLVAREZ, R. 2002. Propuesta de selección de especies de peces y moluscos para diversificación de la Acuicultura Marina. Fundación CENAIM-ESPOL. 2002. 62 p.

BLACIO, E; DARQUEA, J; RODRÍGUEZ, S. 2003. Avances en el Cultivo de Huayaipe, *Seriola rivoliana* (Valeciennes 1833), en las Instalaciones del CENAIM. Mundo Acuícola 2003; 9(1).

BUSCHMANN. 2001. Impacto Ambiental de la Acuicultura. El Estado de la Investigación en Chile y el Mundo. Terram Publicaciones. p 67.

CENTRO NACIONAL DE ACUICULTURA E INVESTIGACIONES MARINAS (CENAIM). 2007. Perspectivas de la Industria y Diversificación. Presentación en Reunión Industria - CENAIM. Guayaquil.

CHAPIN, FS III; FOLKE, C; KOFINAS, G. 2009. A Framework for Understanding Change. F. S. Chapin et al. (eds.), Principles of Ecosystem Stewardship. Springer Science + Business Media. p 3-28.

CHÁVEZ ANTÓN, HL; ZURITA HERRERA, G. Análisis estadístico de la producción camaronesa del Ecuador. Tesis de Grado de Ingeniería en Estadística Informática. 2000. Guayaquil: ESPOL.

CIESM, 2007. Impact of mariculture on coastal ecosystems. Ciesm Workshop Monographs 32. Mónaco. 118 p.

CNA, 2014. Estadísticas de producción de camarón de la Cámara Nacional de Acuicultura obtenidas. Disponible en: <http://www.cna-ecuador.com/comercio-exterior/estadisticas/camarón>.

CORREA, R; FALCONÍ, F. 2012. Después de “Río+20”: Bienes ambientales y relaciones de poder. Revista de Economía Crítica 2008; 14: 257-276. Disponible en web site www.revistaeconomiacritica.org.

DOCAPES S.A. 2009. Proyecto Cobia. Estudio oceanográfico en el sector San Pedro – Playa Bruja para la producción de Cobia, *Rachycentron canadum* (Linnaeus, 1766), en Jaulas Flotantes. Ing. Luis Burgos & Luis F. Burgos. p 1-72.

GFCM. 2011. Indicators for the sustainable development of finfish Mediterranean aquaculture: highlights from the InDAM Project. Studies and Reviews. General Fisheries Commission for the Mediterranean. No. 90 Rome, FAO: 218 p.

GONZÁLEZ G, BRITO A, BARQUÍN J. Impactos provocados por los escapes de peces de las jaulas de cultivos marinos en Canarias. VIERAEA 2005; 33: 449-454.

HALWART, M; SOTO, D; ARTHUR, JR (eds.). 2008. Acuicultura en jaulas – Estudios regionales y panorama mundial. Documento Técnico de Pesca No. 498. Roma: FAO; 255p.

JENSEN, Ø; DEMPSTER, T; THORSTAD, EB; UGLEM, I; FREDHEIM, A. 2010. Escapes of fishes from Norwegian sea-cage aquaculture: causes, consequences and prevention. Aquaculture Environment Interactions; 1: 71–83.

MAGAP, 2015. Instructivo para el ordenamiento, control de concesiones y fomento de las actividades de maricultura en el Ecuador. Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuicultura y Pesca Acuerdo Ministerial 023 (AM 023), emitido el 6 de febrero de 2015.17p.

MARAMAR. 2011. Estudio básico de oceanografía para selección de sitios de prospección para maricultura oceánica de especies tropicales. Informe de consultoría de análisis de datos oceanográficos fuera de las 8 millas náuticas de la costa ecuatoriana, al norte de San Mateo – Manabí. MARAMAR. 2011; p 62.

MENDO, J. 2013. El cultivo de concha abanico en el Perú y el rol de los pescadores artesanales. Facultad de Pesquería. Universidad Nacional Agraria La Molina. Presentado en: XV Congreso Ecuatoriano de Acuicultura & Aquaexpo. Guayaquil.

MUNDO ACUÍCOLA PESQUERO, 2008. Estructuras de alta tecnología para acuicultura nacional (en línea). Consultado 3 jun. 2012. Disponible en <http://www.mundoacuicola.cl/>.

NAYLOR, L; GOLDBURG, R; PRIMAVERA, J; NILS KAUTSKY, N; BEVER M; CLAY, J; FOLKE, C; LUBCHENCOI, J; MOONEY, H; TROEL, M. 2000. Effects of aquaculture on world fish supplies. Nature. 405. Disponible en: www.nature.com.

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN AGRICULTURA - FAO. 2014. El estado mundial de la pesca y la acuicultura: Oportunidades y desafíos. Roma: FAO; 253p. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-i3720s.pdf>.

PÁEZ A. 2003. El método ASSIPAC de Evaluación de la Sostenibilidad. Revista Mad. 2003. No.9. Departamento de Antropología. Universidad de Chile. Disponible en internet en <http://rehue.csociales.uchile.cl/publicaciones/mad/09/paper03.pdf>

ROJAS, A; WADSWORTH, S. 2008. Estudio de la acuicultura en jaulas: América Latina y el Caribe. En: M. Halwart, D. Soto y J.R. Arthur (eds). Acuicultura en jaulas – Estudios regionales y panorama mundial. Documento Técnico de Pesca No. 498. Roma: FAO. p. 73–104.

SANZ-LÁZARO, C; BELANDO, M; MARÍN-GUIRAO, L; NAVARRETE-MIER, F; MARÍN, A. 2011. Relationship between sedimentation rates and benthic impact on Maërl beds derived from fish farming in the Mediterranean. Marine Environmental Research – Elsevier: 71: 22-30.

SANZ-LÁZARO, C; MARÍN, A. 2008. Assessment of Finfish Aquaculture Impact on the Benthic Communities in the Mediterranean Sea. *Dynamic Biochemistry, Process Biotechnology and Molecular Biology*. Global Science Books. 21-32.

SANZ-LÁZARO, C; MARÍN, A. 2011. Diversity Patterns of Benthic Macrofauna Caused by Marine Fish Farming. *Diversity*; 3: 176-199.

SUBSECRETARÍA DE ACUACULTURA. Reporte de las concesiones otorgadas para actividades de maricultura en el Ecuador. 2014.

VITA, R; MARÍN, A; MADRID, JA; JIMÉNEZ-BRINQUIS, B; CÉSAR, A; MARÍN-GUIRAO, L. 2002. Impacto ambiental de la acuicultura en el bentos marino: experimentos de exclusión – inclusión. *Bol. Inst. Esp. Oceanogr.* 18 (1-4): 75-86.

CAPÍTULO II

LÍNEA BASE AMBIENTAL PARA LA MARICULTURA OCEÁNICA DE PARGO (*Lutjanus guttatus*) Y HUAYAIPE (*Seriola rivoliana*) EN ECUADOR

2.1. Resumen

El desarrollo de maricultura oceánica es una experiencia nueva en Ecuador, tradicionalmente se ha tomado información ambiental marina con fines distintos a ese tipo de proyectos. Para poder evaluar las condiciones ambientales del mar ecuatoriano y sus fondos marinos para la actividad de maricultura, es necesario contar con información que permita percibir que tan aptas son las condiciones locales tanto para los organismos como para la infraestructura a utilizarse en los cultivos. Con este objeto se ha definido un área de estudio (ZIA según la normativa ambiental ecuatoriana) y levantado una Línea Base ambiental con la mejor información disponible, la cual permitirá determinar áreas técnicamente viables para la maricultura oceánica de pargo (*Lutjanus guttatus*) y huayaipe (*Seriola rivoliana*) y realizar una evaluación ambiental, incorporando componentes sociales, que finalmente permita definir una microzonificación para proyectos sostenibles de maricultura.

La ZIA, definida en forma geográfica y batimétrica se dividió en cinco grandes zonas marinas, las cuales presentaron una calidad ambiental saludable tanto en agua como en sedimentos. El área de estudio se encuentra alternativamente matizada por varias áreas protegidas, de las cuales cinco presentan reservas marinas, lo cual da cuenta de la salud y riqueza biológica del área.

La alta biodiversidad biológica está asociada a la variabilidad espacial norte-sur de las condiciones oceanográficas y meteorológicas, generadora de oportunidades físicas, y reflejada en la información generada; la cual también es relevante en la ingeniería de los sistemas de granjas marinas como en el estudio de la tolerancia de las especies a esas condiciones ambientales.

Excluyendo las áreas protegidas, donde no es recomendable hacer maricultura de peces, la macrofauna y meiofauna bentónicas, así como la textura del sedimento, presentaron condiciones apropiadas para los cultivos en toda el área de estudio (569.178 ha).

La Línea Base también proporciona información sobre la presencia de cetáceos y tortugas marinas con interacción significativa en el área. Se ha incorporado también en el análisis componentes de pesca artesanal e industrial.

Un componente fundamental ha sido el análisis del marco normativo e institucional para la maricultura, en el cual se produce la interacción de varias competencias del Estado como pesca, acuicultura, ambiente y transporte marítimo.

Finalmente, se ha considerado también el aspecto socio-económico, toda vez que los índices sociales del Estado, expresan que la población en el área de influencia de la ZIA exhibe altos porcentajes del indicador de necesidades básicas insatisfechas NBI (72,2 a 78,3 %) a pesar de la riqueza natural y bondades turísticas de la zona marino costera de Ecuador.

Se espera que esta Línea Base constituya un punto de partida para estudios de monitoreo en áreas más específicas y para la implementación de proyectos de cultivo.

2.2. Introducción

El presente estudio de línea base constituye un instrumento dirigido a generar información para: 1) la determinación de áreas técnicamente viables (macrozonificación) del mar ecuatoriano para la maricultura oceánica de pargo (*Lutjanus guttatus*) y huayaípe (*Seriola rivoliana*), 2) la evaluación ambiental dirigida a la microzonificación, y 3) la evaluación de la sostenibilidad de la maricultura oceánica en el Ecuador. El instrumento se ha realizado considerando principalmente las definiciones del Sistema Único de Manejo Ambiental (SUMA) de la normativa ambiental ecuatoriana y contempla: la definición del área de estudio, el marco normativo e institucional y la caracterización ambiental de la zona de estudio.

Considerando que el trabajo conlleva el análisis de una región geográfica extensa, se discute y define el alcance de la unidad espacial de análisis, determinando una ZIA o zona de influencia. La ZIA ha sido definida como *la unidad espacial de análisis en la que se relacionan de forma integral la dinámica de los componentes ambientales frente a los elementos de presión que generarían impactos, daños y pasivos por el desarrollo de una obra, proyecto o una actividad económica o productiva en general* (Ministerio del Ambiente, 2013).

El análisis de la legislación se realiza en cuanto a su incidencia en la delimitación de áreas técnicamente viables para la instalación de jaulas, y en cuanto a los aspectos ambientales asociados a la actividad. Por su parte, el análisis del marco institucional permitirá evaluar los procesos de concesión en un marco de sostenibilidad.

La caracterización ambiental está orientada a determinar factores técnicos de diseño para la instalación de las granjas marinas, así como la calidad ambiental del área de estudio para proyectos de maricultura oceánica, permitiendo también establecer las limitaciones de la información existente para proyectos de maricultura en escala local.

2.3. Área de estudio

El análisis habitual del área de estudio hace referencia a un espacio geográfico sobre tierra firme que puede ser afectado por un proyecto o actividad; lo que se ha visto reflejado en la normativa al momento de definir posibles áreas de impactos directos, indirectos, primarios y/o secundarios, y comunidad afectada. En el presente caso, la unidad espacial de análisis está formada principalmente por dos componentes, un área dotada de condiciones dinámicas y características altamente fluctuantes en el tiempo y el espacio, como es el océano, y otra, más estable en el tiempo, como son los fondos marinos.

A diferencia de las áreas continentales, donde existe un criterio de propiedad del suelo, el ambiente marino es más bien un espacio compartido, de uso múltiple, complejo al momento de realizar una evaluación ambiental y determinar la comunidad potencialmente impactada.

Por otro lado, considerando la extensión de las áreas marinas, es necesario establecer criterios que permitan delimitar desde el inicio y de una manera objetiva el área de estudio. A continuación se destaca y discute los criterios básicos conducentes a la delimitación de la ZIA en conformidad con los objetivos del presente trabajo:

- a) Criterio batimétrico: la ingeniería de fondeo para la maricultura *off shore* se encuentra aún en fase de investigación. Los proyectos en otros países presentan limitaciones en cuanto a la profundidad de los anclajes, *e.g.*, (1) En Chile, a pesar de realizar maricultura en zonas de fiordos, los fondeos se realizan en sus bordes menos profundos (Sobarzo com. pers., 2013). Un estudio realizado por Silva *et al.*, (1999) sobre la determinación de zonas de aptitud acuícola aplicando SIG, asignó el valor más alto de ponderación al criterio batimétrico correspondiente a las profundidades entre 20 a 40 m, mientras que le asignó un valor de 0 a profundidades mayores a 50 m; (2) En España, un trabajo de zonificación (Macías *et al.*, 2001) dirigido al desarrollo de la acuicultura marina en Andalucía, la comunidad autónoma española con mayor producción de peces marinos, estableció las isobatas de 50 a 60 m como las cotas máximas donde se desarrollan los establecimientos acuícolas autorizados,

con una predominancia de las granjas ubicadas entre las isóbatas de 20 a 50 m de profundidad. Por otro lado, recomiendan evitar la ubicación de instalaciones cercanas a la costa (a profundidades menores de 10 a 15 metros), con el objeto de evitar alteraciones en el perfil activo de la playa. En el mismo sentido, Benneti *et al.* (2010b) señalan la inconveniencia de trabajar a profundidades menores a 20 m ya que estas profundidades tan bajas podrían generar problemas en los fondos marinos y, afectar la renovación de agua y la longitud de las olas; (3) En Israel, se ha desarrollado una nueva tecnología de fondeo de jaulas bajo un sistema único de anclaje cuya operación ha sido probada con éxito durante tres años a una distancia de 6.5 millas de la costa y una profundidad de 65 m (IPAC, 2009); (4) Benetti *et al.* (2010b) indican que profundidades de 40 m son preferibles porque es el límite de inspección de buzos sin equipo sofisticado. No obstante, reportan actividades de maricultura sobre los 40 m, incluso hasta los 300 m de profundidad.

- b) Criterio de calidad ambiental para maricultura oceánica: la acuicultura marina oceánica está orientada principalmente a la cría y engorde de peces en jaulas u otros medios de confinamiento en aguas marinas de alta calidad ambiental. Bajo este concepto, es necesario excluir aquellas áreas que puedan representar problemas de calidad ambiental para este tipo de cultivos. Un Informe reciente de Alcívar-Warren (2013) indica que el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos ha comenzado a investigar, desde julio de 2013, residuos de pesticidas, particularmente glifosato, en salmones importados tanto silvestres como de cultivo. Esto obedece a la creciente preocupación por los llamados Químicos Disruptores Endócrinos (EDCs), principalmente contaminantes orgánicos persistentes (COPs) como aldrin, clordano, DDT, dieldrina, endrina, heptacloro, hexaclorobenceno, bifenilos policlorados (PCBs), dibenzo-p-dioxinas (PCDD), compuestos similares a las dioxinas (DL-PCB), dibenzofuranos policlorados (PCDF), toxafeno, entre otros, los cuales han sido detectados en peces, camarones y otros organismos acuáticos.

Bergman *et al.* (2012) realizaron un amplio trabajo para la Organización Mundial de la Salud evaluando el estado de la ciencia de los EDCs, realizando algunas asociaciones epidemiológicas. Es decir, ante la presión de los consumidores, el

análisis ambiental tradicional con orientación ecotoxicológica, está incorporando ahora el campo endocrinológico, lo que en esencia expresa una preocupación por los efectos acumulativos y crónicos de la contaminación. En este contexto, el Golfo de Guayaquil constituye un área geográfica de transición entre el área estuarina del llamado estuario interior del Golfo de Guayaquil y las aguas oceánicas. El estuario interior recibe el aporte de una rica red hidrográfica y una enorme carga de sedimentos que se traslada al Golfo, principalmente a través del Río Guayas y de manera secundaria a través del Estero Salado. La presencia de estos recursos hídricos ha originado que el área de las cuencas aportantes del Guayas se constituya en la de mayor desarrollo agroindustrial del Ecuador y en consecuencia con un uso intensivo y sistemático de agroquímicos. Por su parte, las áreas inundables del estuario interior constituyen la zona de mayor expansión de la actividad camaronera (langostinera) ecuatoriana, situación que no ha estado libre de conflictos, pues la industria acuícola ha acusado a la industria agrícola de contaminar el agua y afectar sus cultivos. En el marco del período de afectación del Síndrome de Taura, Dueñas (1998) realizó un estudio de toxicidad de postlarvas de *Litopenaeus vannamei* expuestas a pesticidas, y reportó estudios realizados por la industria para determinar su presencia en agua, sedimentos y langostinos. Los resultados, en general, demostraron la presencia de metales y COPs en agua y sedimentos y en algún caso en el hepatopáncreas de langostino pero no fueron concluyentes para asociar su presencia con la enfermedad.

Por otro lado, el Golfo de Guayaquil constituye la puerta de ingreso a los puertos internacionales de Guayaquil y Puerto Bolívar, en las provincias del Guayas y el Oro, respectivamente, presentando el mayor tránsito portuario y de cabotaje del Ecuador. El área también es objeto de explotación pesquera por la flota pomadera y parcialmente por la flota chinchorrera; mientras que, otra actividad industrial de importancia en el área es la extracción de gas *off shore*, en el Campo Amistad cercano a la Isla Santa Clara.

- c) Criterio oceanográfico: Existe una relación directa entre el comportamiento de las especies marinas y las condiciones oceanográficas en las que se desarrollan, lo cual hace indispensable un análisis de tales condiciones para la planificación y análisis de

factibilidad técnica y ambiental de proyectos de maricultura. El mar ecuatoriano por encontrarse a ambos lados de la línea ecuatorial, y en el lado oriental del Océano Pacífico, presenta particularidades que deben ser consideradas y que pueden, en una fase inicial, ser abordadas desde la descripción de las masas de agua y la macro circulación de la zona como los ejes principales que caracterizan sus aguas.

Aun cuando las aguas ecuatorianas son consideradas como propicias para el cultivo de especies tropicales en estructuras confinadas mar afuera, la planificación de una maricultura oceánica sostenible debe considerar la variabilidad climática local que, a diferencia de otros países del Pacífico Sudeste, se manifiesta principalmente en la dirección latitudinal. En la región norte predomina el Agua Tropical Superficial (ATS) que se transporta a la región por la corriente del Niño, mientras que al sur se localiza el Agua Subtropical Superficial (ASTS), transportada al área por la corriente costera de Humboldt. Entre las dos masas de agua, se localiza el Frente Ecuatorial (FE), al sur del cual se producen continuos afloramientos de la subcorriente Ecuatorial, evidenciados a través de la presencia, muy cerca a la superficie, de Agua Ecuatorial Subsuperficial (AESS) (Figura 2.1).

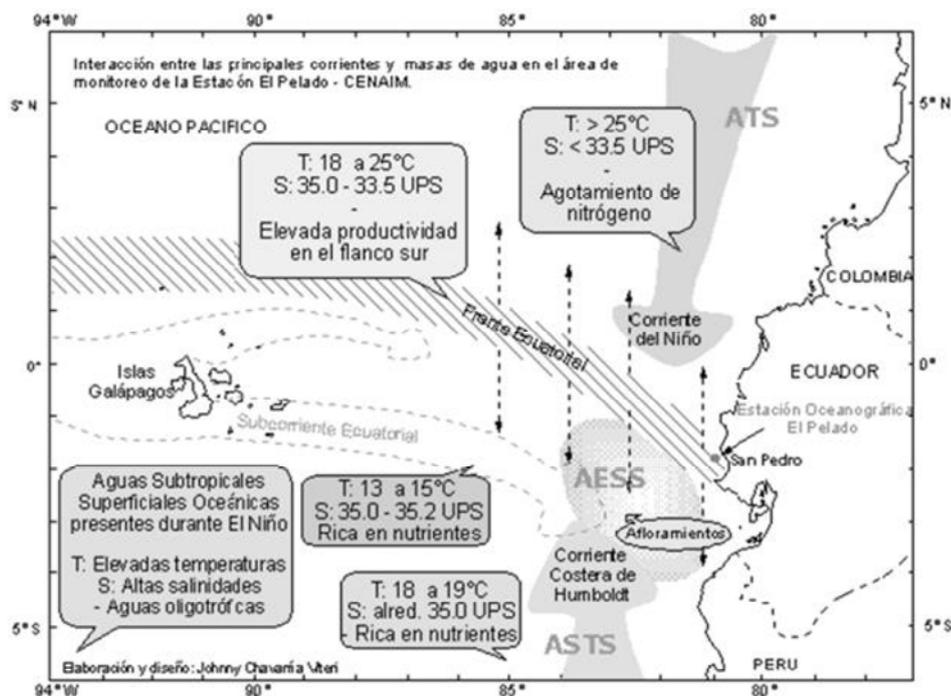


Figura 2.1. Masas de agua y corrientes frente al Ecuador. Fuente: Chavarría, 2001

El esquema descrito es altamente dinámico, experimentando cambios en distintas escalas de tiempo producto de la variabilidad oceanográfico-meteorológica de alta y baja frecuencia, generando continuos desplazamientos latitudinales del FE o su eventual desaparición; con efectos sobre la estructura termohalina subsuperficial, como ha sido estudiado en la Estación Oceanográfica El Pelado (Chavarría, 2001). Es evidente entonces que existe una variación espacial norte-sur en las condiciones oceanográficas del área.

Los criterios expuestos han permitido definir el área de estudio como aquella zona marina delimitada por las isóbatas de 20 a 70 m de profundidad, de las provincias costeras, con influencia oceánica, Esmeraldas, Manabí y Santa Elena (Figura 2.2); descartando las áreas marinas con influencia estuarina adyacentes a las provincias del Guayas y El Oro.

Considerando las características oceanográficas de masas de agua y corrientes, que presentan una variabilidad norte-sur, el área previamente descrita ha sido dividida en 5 zonas limitadas por accidentes geográficos principales, a las que se les ha asignado denominaciones características locales conforme se muestra en la Figura 2.2 y se expresa en el Cuadro 2.1.

Cuadro 2.1: División del área de estudio en zonas latitudinales basada en la presencia de diferentes masas de agua y corrientes		
Zona	Límites latitudinales	Comentario
I: Esmeraldas	Límite con Colombia (1° 28' 10.49" N) - 0° 48' N (Punta Galera)	Mayor influencia de ATS y posible expansión del afloramiento panameño.
II: Pedernales	0° 48' N - 0° 22' S (Cabo Pasado)	Influencia de ATS
III: Manta	0° 22' S - 1° 3.6' S (Cabo San Lorenzo)	ATS e incursión del Frente Ecuatorial (FE)
IV: Santa Elena	1° 3.6' S - 2° 11.3' S (Puntilla de Santa Elena).	FE con presencia de ASTS y AESS. Influencia de ATS durante la estación climática cálida (verano del sur).
V: Chanduy	2° 11.3' S - 2° 30.1' S (Límite costero entre las provincias de Santa Elena y Guayas)	Flanco sur del FE con presencia de ASTS y AESS. Influencia de ATS y del estuario durante la estación cálida. Zona de exposición directa al oleaje predominante del suroeste.

Área de Estudio

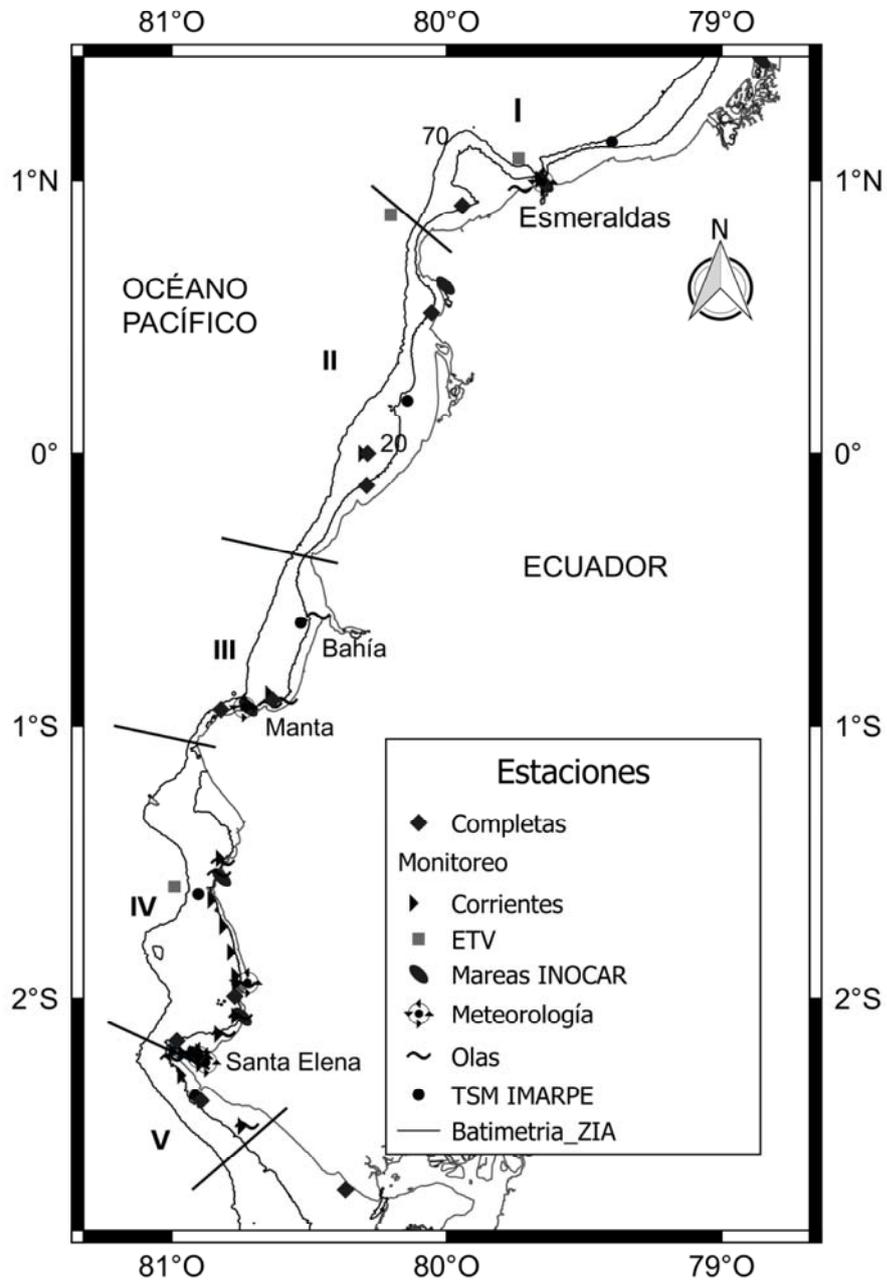


Figura 2.2. Zonificación latitudinal del área de estudio, definida por el área comprendida entre las isobatas de 20 a 70 m de profundidad.

2.4. Materiales y Métodos

El análisis de línea base se ha realizado utilizando información primaria y secundaria procedente de varias instituciones y de una amplia revisión de publicaciones e información

satelital. Primeramente, se realizó un análisis de la normatividad e institucionalidad asociadas al tema de la maricultura oceánica y sus implicaciones ambientales. Luego se procedió al análisis de la información de calidad ambiental.

En el segundo caso, es relevante indicar que, se utilizó información procedente de la *Estación Oceanográfica El Pelado* del Centro Nacional de Acuicultura e Investigaciones Marinas (CENAIM - www.cenaim.espol.edu.ec), y de las estaciones meteorológicas San Pedro (CENAIM) y UPSE (Universidad Estatal Península de Santa Elena) en La Libertad, procesada por el Centro de Estudios Integrales del Ambiente (CEIDA) de la UPSE. En este ámbito se destaca la información primaria procedente de la Subsecretaría de Recursos Pesqueros (SRP) a través de la “Consultoría para la elaboración de estudios básicos y de factibilidad para la implementación de proyectos de maricultura en 10 áreas del mar costero ecuatoriano para la diversificación productiva del sector pesquero artesanal” disponible en varios documentos y reportes de datos de monitoreo publicados en <http://www.viceministerioap.gob.ec/subpesca360-proyectos-de-maricultura-en-10-areas-del-mar-costero-ecuatoriano-para-la-diversificacion-productiva-del-sector-pesquero-artesanal.html>. Entre las publicaciones consultadas más destacadas se encuentran un amplio número de revistas: Boletín Científico y Técnico/Boletines especiales/Revista de Ciencias del Mar y Limnología del Instituto Nacional de Pesca (INP) y Acta Oceanográfica del Pacífico del Instituto Oceanográfico de la Armada (INOCAR), así como tesis de grado de las carreras de oceanografía y acuicultura de la Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar de la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL).

La información obtenida ha sido georeferenciada y manejada en un sistema de información geográfica QGIS versión 2.6.0 (software libre) con datum WGS84. La georeferenciación de datos se realizó con el apoyo de Google Earth, las cartas batimétricas IOA de escala 1:100000 del INOCAR y mapas del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAPE) elaborados por el Ministerio del Ambiente del Ecuador (MAE). Varias capas de información han sido obtenidas del Sistema Nacional de Información (SNI) en el sitio <http://sni.gob.ec/web/guest/coberturas>. La información procesada en SIG ha sido manejada en coordenadas UTM referidas al meridiano 17 centrado en 81°W.

2.4.1. Aspectos físico-químicos

Oceanografía

Las principales estaciones de monitoreo de parámetros ambientales con sus coordenadas geográficas son presentadas en el Anexo 1 y Figura 2.2 para datos reportados por: Arellano (1975), Allauca (1985), Allauca y Cardín (1987), Cardín (1989), Vera (2000), Arreaga (2004), Mindiola y Recalde (2008), Chavarría (2009), Vera *et al.* (2009), SRP (2010), MARAMAR (2011).

Para analizar el comportamiento climatológico de la TSM (temperatura superficial del mar) se obtuvo información de 765 cartas (período mayo 2000 – julio 2014) obtenidas del *website* del Instituto del Mar del Perú (IMARPE). La información corresponde geográficamente al área central de cada zona definida en el área de estudio. La TSM es calculada por IMARPE a través del algoritmo *Split Night Multi-Channel Sea Surface Temperature* usando los datos obtenidos por el sensor *Advanced Very High Resolution Radiometer* (AVHRR) de satélites NOAA. La información de la estructura térmica vertical fue obtenida de la Estación El Pelado para el período 1992 – 2010 y de publicaciones del INP e INOCAR.

La información mareográfica fue obtenida de Cuadros de marea emitidas por el INOCAR para los principales puertos del Ecuador, habiéndose utilizado información únicamente de los puertos con influencia exclusivamente marina. Se analizaron las amplitudes de marea máximas para cada una de las sicigias (luna nueva y luna llena) mensuales y la mínima de cada marea de cuadratura mensual (cuarto creciente y cuarto menguante), para los meses de octubre y noviembre de 2013. En el análisis también se consideró las amplitudes máximas y mínimas absolutas de los dos meses analizados, así como la amplitud media obtenida de promediar las medias de sicigias y cuadraturas.

Los datos de olas se centraron principalmente en los componentes asociados a la ingeniería de jaulas; en consecuencia, la búsqueda de información se basó en el reporte de parámetros de diseño como son la altura significativa de olas H_s , altura máxima y en menor medida

dirección, longitud de onda y período. En algunos casos las coordenadas de las estaciones son aproximadas.

Bajo los mismos criterios indicados para el análisis de olas, el análisis de circulación se dirigió principalmente a obtener información de la magnitud de las corrientes. La dirección de la corriente es fundamental a la hora de establecer proyectos específicos a nivel de granja, no obstante es secundario en el análisis ambiental regional. Considerando que la circulación puede ser abordada desde los conceptos euleriano (movimiento del océano en un punto) y lagrangiano (trayectoria de la partícula de agua), y que muchos proyectos se ha realizado en base al estudio con trazadores lagrangianos, las coordenadas reportadas en el Anexo 1, en algunos casos corresponden al punto central del área de medición.

El análisis de las principales variables físico-químicas y biológicas de interés en agua y sedimentos ha sido realizado en base a la información obtenida por la SRP (estaciones completas). En este caso, la información de corrientes fue obtenida de perfiles de corriente obtenidos con correntómetros ADCP Workhorse Sentinel de Teledyne RD Instruments, fondeados sobre los 21 m de profundidad, programados con WinSC Application ver. 1.30, para medir perfiles de corrientes en conjuntos de datos medidos cada 3 m de profundidad, cada 20 minutos, durante aproximadamente 7 días; mientras que, en el procesamiento de la información se utilizó el programa WinADCP ver. 1.14. Por su parte, temperatura, salinidad y oxígeno disuelto fueron obtenidos con un sensor YSI 85; zona eufótica con un disco Secchi; nutrientes y parámetros microbiológicos en agua, e hidrocarburos, pesticidas y metales pesados en sedimentos fueron analizados en laboratorios certificados y en el INP; ORP en sedimentos fue medido con una sonda Vital Sine VS01 y sensor VSPW; pH en agua con un sensor American Marine PH370; mientras que pH y H₂S en la interfase agua-sedimento fueron medidos con un kit La Motte y un sensor American Marine PH370, respectivamente. Datos puntuales fueron consultados en publicaciones de ESPOL, EPN e INOCAR.

Meteorología

La información de diseño más importante en maricultura es la magnitud del viento pues constituye una fuerza dinámica asociada a la generación de distintos factores de tensión sobre las estructuras de jaulas. La dirección del viento será importante en el posicionamiento de los sistemas a nivel de granja, mientras que la precipitación lo será a nivel de planificación de las operaciones. En este caso, la temperatura del aire juega un rol secundario.

Se analizó información secundaria de la red costera del INOCAR (1975-2006) compuesta por las estaciones Esmeraldas, Manta y La Libertad (Hernández 2006a; Hernández 2006b; Gálvez & Regalado 2007), que ha sido complementada con datos mensuales de 1948 a 1974 de las estaciones monitoreadas por la Armada del Ecuador, Fuerza Aérea Ecuatoriana, Dirección General de Aviación Civil e INAMHI (Gálvez & Regalado 2007). Adicionalmente se utilizó información primaria de la Estación Meteorológica UPSE (2002-2013) y de la Estación Meteorológica del CENAIM (1992-2009). Todos los datos fueron colectados, por las instituciones respectivas, en forma sinóptica a las 07h00, 13h00 y 19h00. En el Anexo 1 se presenta las coordenadas geográficas de las principales estaciones meteorológicas que han suministrado datos para el estudio.

2.4.2. Aspectos biológicos

A lo largo del área de estudio existen seis áreas marino costeras protegidas de interés para maricultura oceánica, las cuales han sido descritas en el documento del MAE *Áreas Costeras y Marinas Protegidas del Ecuador* (Hurtado *et al.*, 2010), con excepción de la Reserva Marina *El Pelado*, la cual ha sido biológicamente documentada en *Reef fish community structure of El Pelado Islet marine area, Santa Elena, Ecuador: baseline for MPA establishment* (Dubois, 2012). Incorporado la información de clorofila a en agua y meiobentos de la SRP (2010) obtenida en 10 puntos de la costa de Ecuador, como fuera indicado anteriormente, se obtiene una descripción rápida de la riqueza biológica del área de estudio. El análisis biológico ha sido realizado en base a la interpretación de estos documentos y otra información secundaria.

2.4.3. Aspectos socio-culturales

Los aspectos socio-culturales se han referido principalmente a la población del margen costero, asociada a la pesca artesanal y al turismo marino, considerando además aquellos actores que realizan actividades en el área de estudio y que puedan ser afectadas por la actividad. Para este análisis las principales fuentes de información la constituyen publicaciones del INP sobre pesca artesanal, capa de datos e información obtenida del SNI y el INEC (Base de Datos Censo 2010).

2.5. Marco Normativo e Institucional

Se analiza la legislación vigente en cuanto a su incidencia en la delimitación de áreas técnicamente viables para la instalación de jaulas, y en cuanto a los aspectos administrativos y ambientales asociados a la actividad. Finalmente, se discute sobre la institucionalidad asociada a la aprobación de las concesiones y seguimiento de la actividad de la maricultura. El marco normativo e institucional para la gestión ambiental y desarrollo de las actividades de la maricultura oceánica en el Ecuador está constituido por:

2.5.1. La Ley Gestión Ambiental y el Texto Unificado de la Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente

La Ley de Gestión Ambiental (LGA). Registro Oficial (RO) 245 del 30 de julio de 1999. Establece los principios y directrices de política ambiental; determina las obligaciones, responsabilidades, niveles de participación de los sectores público y privado en la gestión ambiental y señala los límites permisibles, controles y sanciones en esta materia. En su artículo 5 establece el Sistema Descentralizado de Gestión Ambiental (SNDGA) como un mecanismo de coordinación transectorial, interacción y cooperación entre los distintos ámbitos, sistemas y subsistemas de gestión ambiental y de los recursos naturales.

La LGA constituye el principal marco legal y su aplicación práctica se viabiliza a través de los reglamentos y anexos publicados en los Libros del Texto Unificado de la Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA) RO/725 del 31 de marzo del 2003. El TULSMA es un instrumento que se modifica y actualiza permanentemente. El eje principal del componente de Evaluación Ambiental está basado en la aplicación del Libro VI en sus Títulos I y IV, del SUMA (Sistema Único de Manejo Ambiental) y Reglamento a la LGA para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental, respectivamente. Su mayor reforma se realizó en julio del 2013 a través del Acuerdo Ministerial (AM) 068 publicado en una edición especial del RO, afectando al SUMA. Las implicaciones para el desarrollo de la maricultura oceánica son importantes, pues presenta el Catálogo de Categorización Ambiental Nacional (CCAN) que incluye la categorización ambiental de las actividades de acuicultura.

El SUMA

Constituye el *sistema nacional que determina los mecanismos técnicos, institucionales y reglamentarios, para la prevención, control y seguimiento de la contaminación ambiental de los proyectos, obras o actividades públicas, privadas o mixtas en el Ecuador*. Expresa los principios nacionales de gestión ambiental: sustentabilidad, equidad, consentimiento informado previo, representatividad validada, coordinación, precaución, prevención, mitigación y remediación de impactos, solidaridad, corresponsabilidad, cooperación, reciclaje y reutilización de desechos, conservación de recursos en general, minimización de desechos, uso de tecnologías más limpias, tecnologías alternativas ambientalmente responsables y respeto a las culturas y prácticas tradicionales y posesiones ancestrales. En términos de aplicación a la maricultura, establece:

- Los mecanismos de acreditación de los sub-sistemas de manejo ambiental a seguir por las instituciones del Estado para adquirir ante el Ministerio del Ambiente del Ecuador (MAE) las competencias que les permitan actuar como Autoridad Ambiental de Aplicación Responsable (AAAr).
- La Categorización Ambiental Nacional, sistema que unifica el proceso de regularización ambiental de los proyectos, obras o actividades que se desarrollan en

Ecuador en función de sus características, impactos y riesgos ambientales. El CCAN ubica a la *Construcción y/u operación de establecimientos de proyectos de maricultura comerciales de cultivos de peces en jaula* en la Categoría IV, de impactos ambientales más altos, con las mayores exigencias de cumplimiento en las fases de proyecto, implementación y operación.

- El Sistema Único de Información Ambiental (SUIA), herramienta informática que permite conducir los procesos de regularización ambiental de los proyectos, obras o actividades a través de internet, hasta la obtención de la Licencia Ambiental para los proyectos categoría II a la IV.
- Los mecanismos y procesos de participación ciudadana.
- Los mecanismos de seguimiento ambiental que, para el caso de los proyectos de maricultura, será la Auditoría Ambiental de cumplimiento del plan de manejo ambiental (PMA).

Reglamento para la prevención y control de la contaminación ambiental

Sus objetivos específicos son: a) *Determinar los límites permisibles para las descargas en cuerpos de agua....* y b) *Establecer los criterios de calidad de un recurso y criterios u objetivos de remediación para un recurso afectado.*

Expresa que las labores de monitoreo y control ambiental son obligaciones de los miembros del SNDGA que deben estar incorporadas en el correspondiente plan de gestión, municipal, provincial o sectorial para la prevención y control de la contaminación ambiental y preservación o conservación de la calidad del ambiente. Sin embargo, cuando se considere necesario ejecutarán mediciones de emisiones, descargas o vertidos de los regulados.

Contiene la norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua, presentando los *criterios de calidad para la preservación* de flora y fauna en aguas marinas. Presenta además los *límites máximos permisibles adicionales para la*

interpretación de la calidad de las aguas. Sin embargo, no existen actualmente normas referenciales de calidad ambiental para los sedimentos marinos.

2.5.2. El Acuerdo Ministerial 023

Fue emitido el 6 de febrero de 2015 por el Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP). Contiene el *Instructivo para el ordenamiento, control de concesiones y fomento de las actividades de maricultura en el Ecuador.* Regula el ejercicio de la actividad y los aspectos relativos al ordenamiento y control de concesiones marinas para la misma.

Autorizaciones, concesiones y áreas permisibles

La actividad de maricultura es de carácter intersectorial, en consecuencia, el viabilizar un proyecto requiere de una gestión interinstitucional, de acuerdo a sus respectivas competencias, conforme se resume en el Cuadro 2.2. Por otro lado, los criterios para la delimitación de áreas marinas permisibles para concesión se destacan en el Cuadro 2.3.

Cuadro 2.2. Proceso administrativo para obtener una concesión de maricultura	
Autorización para ejercer la actividad de maricultura.	Estar expresamente autorizado por el MAGAP a través de la Subsecretaría de Acuacultura y sujetarse a las disposiciones vigentes en la Ley de Pesca y Desarrollo Pesquero y su Reglamento, el AM 023 y otras normativas aplicables.
Solicitud de la autorización y la concesión.	Dirigida a la Subsecretaría de Acuacultura (SA).
Concesión del espacio marino.	Se otorgará a través de la autoridad competente, para zonas en aguas de mar y fondos marinos arenosos o rocosos técnicamente permisibles para desarrollar la maricultura.
Instrumentos que se deben adjuntar para solicitar la autorización y concesión.	Certificado que el área solicitada no interfiere con otras actividades en el mar, emitido por la autoridad marítima competente.
	Estudio técnico y económico del proyecto.
	Plan de gestión sanitaria del establecimiento acuícola.
	Datos básicos hidrodinámicos de la zona: batimetría, dirección e intensidad de corrientes, mareas, olas y fondo marino.
Cumplidos los requisitos, la Subsecretaría de Acuacultura, mediante Acuerdo Ministerial, autorizará al solicitante el ejercicio de las actividad de maricultura y la concesión del uso del espacio marino.	

Cuadro 2.3: Áreas permisibles para concesiones marinas de maricultura según el Acuerdo Ministerial MAGAP 023.	
ZIAM	La Subsecretaría de Acuicultura (SA) declarará mediante resolución Zonas de Interés para la Actividad de Maricultura (ZIAM), las que presentan aptitudes para estas actividades.
Ámbito de aplicación	Las autorizaciones y concesiones se entregarán sobre zonas de aguas de mar, fondos marinos arenosos o rocosos, y áreas marinas técnicamente permisibles, conforme a la zonificación establecida, cuidando de no afectar las actividades de la pesca, turismo, tráfico marítimo, y de otros usuarios, utilizando las técnicas disponibles para reducir el impacto ambiental sobre las áreas destinadas a la maricultura...
	Se exceptúan del ámbito de aplicación del AM las siguientes áreas: las protegidas por el Estado que forman parte del SNAP con excepción de las categorizas como Reservas Marinas; las zonas de seguridad nacional; y, los canales de navegación marítima. Las autorizaciones y concesiones dentro de las Reservas Marinas, se establecerán conforme a los mecanismos definidos por la autoridad ambiental.
Prevención de impactos ambientales	Los sistemas de cultivos marinos sólo podrán ser fondeados o instalados en áreas técnicamente permisibles, sustentados en la autorización ambiental emitida por el MAE; los espacios zonificados contarán con un permiso ambiental general a favor de la SA; la obligación del cumplimiento de las normativas ambientales en el área de intervención se transferirá a los concesionarios, así como los planes de manejo respectivos.
	Todas las estructuras, partes, accesorios y recubrimientos que conforman los sistemas de cultivos marinos, deberán ser hechos de materiales con características tales que no causen un impacto ambiental que provoque un deterioro irreversible del ecosistema marino, afecten al tráfico marítimo o a las operaciones de pesca.
Otras Restricciones	Las concesiones de espacios marinos se otorgarán dejando una distancia mínima de 1500 m entre concesiones de cultivos comerciales de peces.
	El área otorgada estará dada en función del estudio técnico que defina el área a concesionar en superficie, dentro de la cual deberá constituir un solo cuerpo cierto. El sistema en superficie no excederá de 40 ha. El área efectiva de concesión estará basada a la profundidad del sitio solicitado, debiéndose incluir el sistema de anclaje con un máximo de 150 ha de área total.

Aspectos ambientales adicionales

Ecuador ha expresado su interés en desarrollar maricultura tomando precauciones para preservar la calidad ambiental, reduciendo los riesgos y la conflictividad social. En este orden, el Cuadro 2.4 resume aspectos ambientales adicionales para la concesión y operación de centros de maricultura.

Cuadro 2.4: Aspectos ambientales adicionales del Acuerdo Ministerial MAGAP 023	
Terminación de la autorización y concesión.	Se producirá por incumplimiento de los planes de manejo ambiental y/o en las obligaciones establecidas en los permisos ambientales otorgados, y como consecuencia de esto, hayan sido revocados por el MAE.
	Por cultivar especies no autorizadas por el INP.
Prevención de la contaminación, epidemias y riesgos biológicos	Los establecimientos de cultivos marinos deberán contar con un profesional capacitado en patología de organismos acuáticos.
	Los maricultores deberán: Utilizar eficientemente materias primas, alimentos, productos veterinarios, químicos, antibióticos y otros insumos productivos, previamente registrados en el INP, y acorde a la normativa vigente. Sujetarse a la reglamentación sobre zonas, especies, métodos y sistemas de cultivo, medidas de ordenamiento, medidas sanitarias, trazabilidad, y otras disposiciones relacionadas con la protección y manejo de los recursos establecidos en la normativa vigente. Disponer de instalaciones con sistemas de seguridad y medidas preventivas eficazmente diseñadas para prevenir escapes, fugas o pérdida masiva de las especies cultivadas. Notificar de forma inmediata fuga de organismos cultivados. Utilizar procedimientos, equipos y/o sistemas aconsejados para evitar impactos ambientales negativos. Contar con el permiso ambiental otorgado por el MAE, previo al inicio de la instalación y fondeo de los sistemas de cultivos. Implementar las medidas de seguridad (boyas reflectivas, balizas), donde se ubiquen los sistemas de cultivo...
	Se prohíbe, entre otros: Introducir organismos y material orgánico e inorgánico al medio natural, que puedan alterar de manera irreversible el patrimonio genético nacional. El empleo de antibióticos, medicamentos veterinarios y sustancias químicas prohibidas para su uso en la acuicultura, materiales tóxicos, explosivos, y todo material cuya naturaleza entrañe peligro para el medio marino, la vida humana y la seguridad de los establecimientos. Alterar física, química o microbiológicamente el medio marino, de manera que afecte la vida de los organismos existentes de forma irreversible, e impida la recuperación de éste a mediano y largo plazo. Disponer de desechos residuales orgánicos e inorgánicos, y demás elementos del cultivo, en los cuerpos de agua y sus fondos, playas y demás sitios no autorizados; u ocasionar cualquier otra forma de impacto ambiental que constituyan peligro para la biodiversidad marina, navegación o la vida humana.
Control ambiental	Las Auditorías Ambientales se realizarán con la frecuencia que disponga el MAE.
	Todos los registros de control de calidad de aguas, sedimentos y productividad deberán estar disponibles para su inspección y revisión por el MAE, la SA e INP, debiendo estar completos, actualizados y suscritos por laboratorios acreditados ante el Organismo de Acreditación Ecuatoriano.
	Los titulares de autorización y concesión están obligados a notificar a la SA, al INP y MAE, sobre cambios inusuales en los parámetros físicos, químicos y biológicos, que puedan causar problemas graves al ecosistema o presumir impactos negativos; así como enfermedades, epidemias o cualquier otro evento que ocasione mortalidades en los organismos cultivados y del medio marino, inmediatamente ocurrido el evento.

2.5.3. Reglamentos complementarios al AM 023

Instructivo para la ejecución de proyectos de investigación

Emitido mediante AM No. 056 del MAGAP - VAP el 23 de noviembre del 2012. Establece las condiciones para la aprobación de proyectos de investigación en maricultura. Además, establece las características y variables del monitoreo en agua y sedimento marinos (Cuadro 2.5).

Cuadro 2.5: Variables del monitoreo de agua y sedimentos marinos en proyectos de investigación en maricultura según el Acuerdo Ministerial MAGAP 056.		
Agua		Sedimentos
Temperatura	Salinidad	ORP
pH	Oxígeno	Nitritos
Clorofila a	Fosfatos	Nitratos
Amonio	Nitritos	Materia orgánica
Nitratos	Ictioplancton	Ácido sulfhídrico
DQO	DBO	Carbono orgánico total
Coliformes fecales		Macrofauna
Análisis microbiológico de alimento		Nota: En el caso de jaulas, las muestras para análisis de sedimentos, se obtendrán en el área inferior a ellas, y 300 metros alrededor de ésta, incluyendo una estación control alejada 1000 metros del emplazamiento y alineada con la dirección de la corriente predominante.
Análisis patológico de los organismos		
Análisis de fito-zooplancton		

Instructivo para la Categorización de Especies Bioacuáticas y su Inclusión en la Lista de Especies para Acuicultura Marina

Emitido mediante AM No. 057 del MAGAP - VAP el 23 de noviembre del 2012. Establece los mecanismos para declarar especies permitidas, no permitidas y experimentales.

2.5.4. Normativas sectoriales

La Ley de Pesca y Desarrollo Pesquero, vigente, codificada el 26 de abril del 2005, establece que *los recursos bioacuáticos existentes en el mar ecuatoriano, son bienes nacionales cuyo racional aprovechamiento será regulado y controlado por el Estado*. Así mismo, se entenderá por actividad pesquera la realizada para el aprovechamiento de los recursos bioacuáticos en cualquiera de sus fases: extracción, cultivo, procesamiento y comercialización. Por su parte, el Reglamento General a La Ley de Pesca y Desarrollo Pesquero y Texto Unificado de Legislación Pesquera identifica bajo la denominación de piscicultura o acuicultura el cultivo y cría de especies bioacuáticas en aguas de mar, fondos marinos, zonas intermareales, tierras altas sin vocación agrícola, cuerpos de aguas interiores y continentales, técnicamente permisibles.

2.5.5. Otras normativas ambientales

El AM 134 MAGAP-SRP de julio de 2007, declara la zona comprendida desde la orilla del perfil de la costa continental del Ecuador hasta una milla náutica hacia el mar como *zona de reserva de producción de las especies bioacuáticas*, permitiendo varias actividades pesqueras menores dentro del área. El acuerdo no es excluyente con respecto a las actividades de maricultura, sin embargo existe discusión respecto a su extrapolación a esta actividad.

2.5.6. Marco institucional

La LGA señala, entre otros, que le corresponde al ministerio del ramo:

- 1) *Elaborar la estrategia nacional de ordenamiento territorial y los planes seccionales;*
- 2) *Coordinar con los organismos competentes para expedir y aplicar normas técnicas, manuales y parámetros generales de protección ambiental, aplicables en el ámbito nacional; el régimen normativo general aplicable al sistema de permisos y licencias de actividades potencialmente contaminantes, normas*

aplicables a planes nacionales y normas técnicas relacionadas con el ordenamiento territorial;

- 3) Definir un sistema de control y seguimiento de las normas y parámetros establecidos y del régimen de permisos y licencias sobre actividades potencialmente contaminantes y las relacionadas con el ordenamiento territorial;*
- 4) Promover la participación de la comunidad en la formulación de políticas y en acciones concretas que se adopten para la protección de ambiente y manejo racional de los recursos naturales;*

Es decir que, en aplicación del SNDGA, correspondería al MAGAP, la jurisdicción de administración de los procesos ambientales y de concesión para actividades de maricultura, así como el ordenamiento territorial en relación a tales actividades. No obstante, el MAGAP no ha acreditado competencias ambientales en el SUMA, mientras que el tema de la maricultura, al desarrollarse en un área de usos múltiples, es de carácter intersectorial, existiendo varias instituciones con competencia en el área.

En este contexto, se presenta un conflicto con el artículo 2 del DE 1087, de marzo del 2012, que expresa que el *Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO), a través de la Subsecretaría de Obras Públicas y Transporte Fluvial, como Autoridad Portuaria Nacional y del Transporte Acuático, tendrá como atribuciones todas aquellas que se refieren al ejercicio de Estado rector del Puerto, con excepción de las asignadas al Ministerio de Defensa Nacional.* Esto supone que el MTO adquiere la jurisdicción de otorgar la concesión de zonas de playas y bahías para actividades como la acuicultura. Para superar este inconveniente, mediante el AM 033, de abril del 2013, *el MTO, en su calidad de autoridad marítima nacional, delega a la Subsecretaría de Acuicultura del MAGAP para que otorgue concesiones de espacios de playa y bahías destinadas a las actividades acuícolas.* Cabe destacar a partir del año 2007 las competencias de pesca y acuicultura se trasladaron al Ministerio de Agricultura y Ganadería cuyo nombre es sustituido por el de Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuicultura y Pesca (MAGAP), por medio del DE 7 (RO 36, 8-III-2007).

Por su parte, mediante el AM 640 de 2 de diciembre del 2010, se reforma el *Estatuto Orgánico de Gestión Organizacional por Procesos* del MAGAP, con la creación del Viceministerio de Acuicultura y Pesca (VAP). Entre sus atribuciones está el expedir reglamentos, acuerdos y resoluciones relacionados con la dirección y control de la actividad acuícola, así como la facultad de resolver y reglamentar los casos especiales y los no previstos que se suscitaren en aplicación de la Ley de Pesca y Desarrollo Pesquero, así como cumplir y hacer cumplir el ordenamiento legal vigente de los sectores de acuicultura y pesca. Bajo su jurisdicción se encuentran las Subsecretarías de Pesca y Acuicultura, de acuerdo a la estructura de la Figura 2.3.

La SA tiene la misión de administrar, controlar, desarrollar y difundir la actividad de la acuicultura en todas sus fases a través de la investigación básica y aplicada, innovación tecnológica, formación de recursos humanos altamente calificados, promoción de los productos en los mercados interno y externo, para la preservación y manejo sustentable de los recursos acuáticos en todo el territorio nacional. Consecuentemente esta dependencia tiene la competencia administrativa principal sobre la maricultura. Sin embargo, en aplicación del SUMA, ante la ausencia de un sub-sistema ambiental para el sector pesca-acuicultura, extensible a maricultura, la competencia ambiental le correspondería a las Direcciones Provinciales de Ambiente, dependencias del MAE.

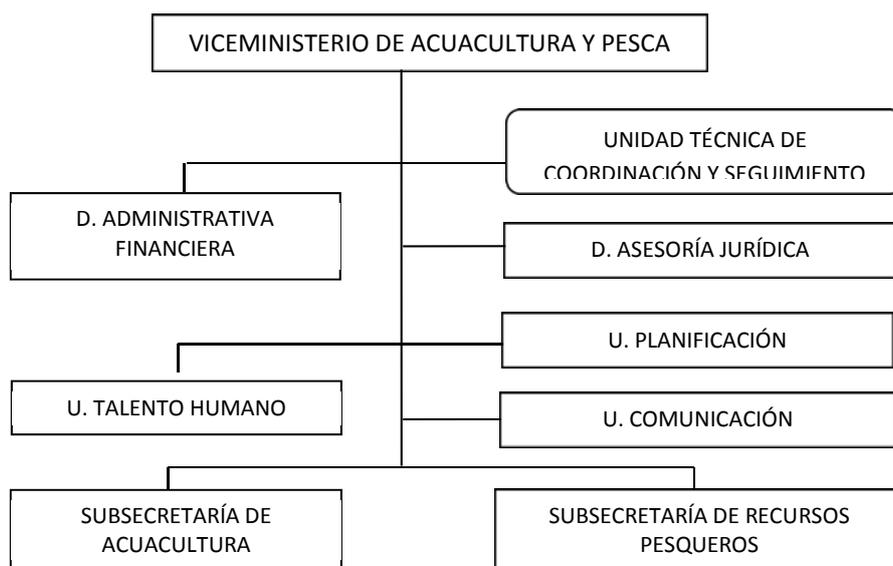


Figura 2.3. Estructura orgánica del Viceministerio de Acuicultura y pesca.
Fuente: <http://www.viceministerioap.gob.ec/la-institucion>

Otras instituciones con competencia sobre el área son:

- Dirección Nacional de Espacios Acuáticos (DIRNEA): Institución encargada de ejecutar las actividades relacionadas con la seguridad de los espacios acuáticos, mediante la gestión de la seguridad en la navegación, la salvaguarda de la vida humana en el mar y el ordenamiento del borde marino costero y fluvial. Uno de sus objetivos estratégicos es mantener los parámetros de calidad del medio ambiente marino costero y fluvial conforme a las normas de calidad ambientales, mediante la implementación de un sistema de inspección y monitoreo ambiental a las industrias, varaderos y muelles asentadas en el borde costero.
- Instituto Nacional de Pesca (INP): Institución de investigación, cuya misión es brindar servicios y asesoramiento al sector pesquero-acuícola a través de la investigación y evaluación científica-técnica de los recursos hidrobiológicos y sus ecosistemas para su manejo sustentable y para el aseguramiento de la calidad e inocuidad de los productos pesqueros y acuícola en todas sus fases de producción.
- Secretaría Técnica del Mar (SETEMAR): organismo de coordinación y articulación intersectorial entre las entidades del Estado vinculadas al espacio oceánico y territorio marino costero, a través del seguimiento y monitoreo del cumplimiento de sus políticas.

2.6. Caracterización Ambiental

2.6.1. Medio físico

Se describe el medio físico a través de la caracterización de las condiciones oceanográficas, meteorológicas y de los sedimentos marinos.

2.6.1.1. Oceanografía física

Temperatura

En el Cuadro 2.6 se presenta la distribución climatológica de la TSM (°C). Se observa una mayor estabilidad térmica en la Zona I con temperaturas fluctuando 1°C alrededor de los

26.4° C. En contraparte, la mayor variabilidad estacional se presenta en las zonas del sur (IV y V), influenciadas por el frente ecuatorial y la corriente de Humboldt, con una fluctuación aproximada de 5°C. La temperatura climatológica más alta reportada en la ZIA es de 27.1 °C (Zona I), mientras que la más baja es de 21° C (Zona V).

Zona	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Prom
I	26.0	26.4	26.7	27.1	27.1	26.8	26.4	26.2	26.1	26.2	26.2	25.9	26.4
II	25.5	26.3	26.4	26.6	26.3	25.7	25.3	25.0	24.6	24.8	24.9	24.9	25.5
III	25.0	25.9	26.3	26.0	25.6	24.8	24.3	23.9	23.5	23.7	23.8	24.2	24.8
IV	24.5	25.6	25.9	25.5	24.5	23.4	22.5	21.9	21.4	22.0	22.3	23.1	23.5
V	24.3	25.6	25.9	25.6	24.4	23.0	22.2	21.6	21.0	21.7	22.0	22.9	23.3

En el Cuadro 2.7 se destaca los rangos de temperatura observados en profundidades estándar durante un año relativamente normal (2008). Las zonas más fluctuantes expresan la profundidad aproximada de la termoclina. Se observa que en la Zona I (Esmeraldas) la mayor variabilidad de la estructura vertical de temperatura se presenta entre los 30 a 50 m de profundidad, mientras que en las Zonas más hacia el sur, se encuentra entre los 30 a 40 m. La capa más superficial, de 0 a 30 m de profundidad, representa la capa de mezcla.

Zona	I	II	IV	
Estación	Esmeraldas	Punta Galera	Puerto López	El Pelado*
Profundidad (m)				
0	26.1 - 27.6	24.3 - 26.8	23.4 - 25.2	23.5 - 27.3
5	25.8 - 27.5	23.7 - 26.8	23.4 - 25.2	23.5 - 25.6
10	25.5 - 27.5	21.7 - 26.8	21.1 - 25.0	21.4 - 25.4
30	17.7 - 26.8	21.1 - 26.7	15.8 - 23.9	17.0 - 22.9
40				15.3 - 22.1
50	14.8 - 23.6	15.0 - 20.1	15.0 - 21.1	
75	14.6 - 20.1	14.6 - 19.0	14.3 - 20.3	

Fuente: De la Cuadra, 2009 (INP - Estaciones 10 Millas costa afuera)
 *Chavarría, 2009 (CENAIM - Estación 5 millas costa afuera)
 Nota: Se ha resaltado en negritas los rangos de temperatura de mayor fluctuación.

Para definir en qué zona la capa de mezcla es más homogénea y estable en el tiempo, y en consecuencia más apropiadas para maricultura, en la Figura 2.4 se presenta perfiles promedio de temperatura calculados para el período 2004 – 2008 para las cuatro

estaciones mar afuera. Se observa una termoclina más formada en las estaciones del norte y, en consecuencia, una capa de mezcla más homogénea que en promedio alcanza los 30 m de profundidad. A partir de los 50 m los perfiles concurren, indicando la presencia de una misma masa de agua (AESS) a lo largo de las áreas más profundas de la ZIA.

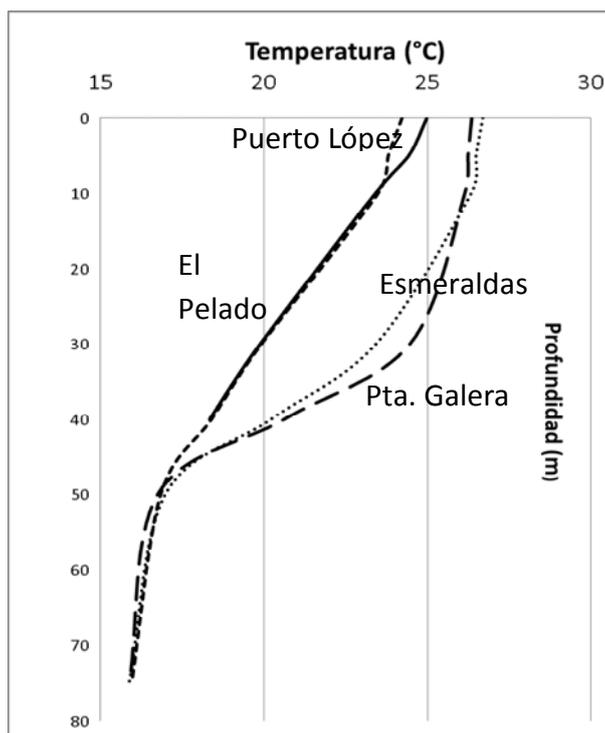


Figura 2.4. Perfiles verticales de temperatura, promedio de largo período (5 años), obtenidos a lo largo de la ZIA. Fuente de datos: De la Cuadra, 2009 (INP - Estaciones 10 Millas costa afuera); CENAIM (Estación El Pelado 5 millas costa afuera).

En la Figura 2.5 se presenta la estructura climatológica vertical de temperatura (0 a 40 m de profundidad) en la Zona IV (Estación El Pelado) calculada para el período 1992 -2002. Utilizando la isoterma de 20°C como representativa del centro de la termoclina, se observa que ésta se ubica preferentemente entre los 20 a 30 m de profundidad. Se destaca el ascenso de la termoclina durante enero a abril, coincidentemente con la presencia estacional de agua cálida en la superficie.

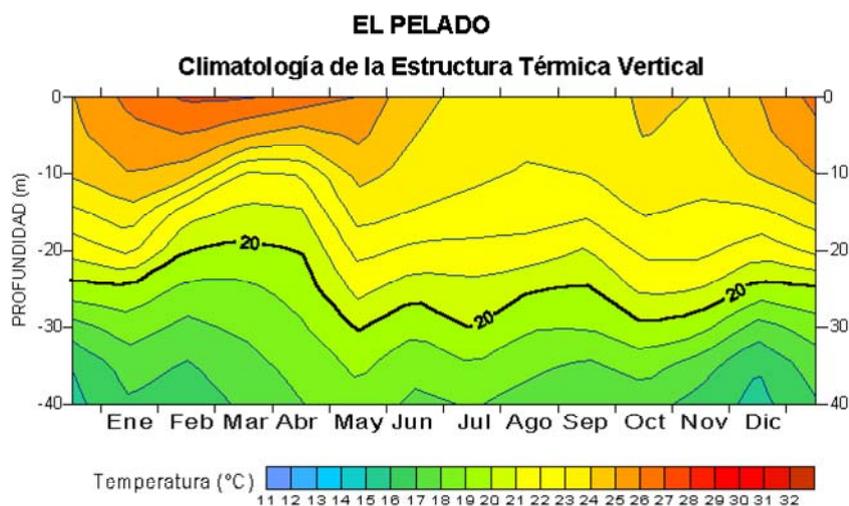


Figura 2.5. Climatología de la estructura térmica vertical en la Estación El Pelado.
Fuente: Riofrío y Chavarría, 2009.

En concordancia con lo anterior, en la Figura 2.6 se presenta la estructura climatológica vertical de salinidad, donde se aprecia que las aguas cálidas superficiales coinciden con las más bajas salinidades anuales (32.5 a 33.5 UPS). Por su parte, las capas más profundas presentan salinidades superiores a 34.5 UPS. Se destaca el ascenso de aguas de relativa alta salinidad durante los meses de mayo a agosto.

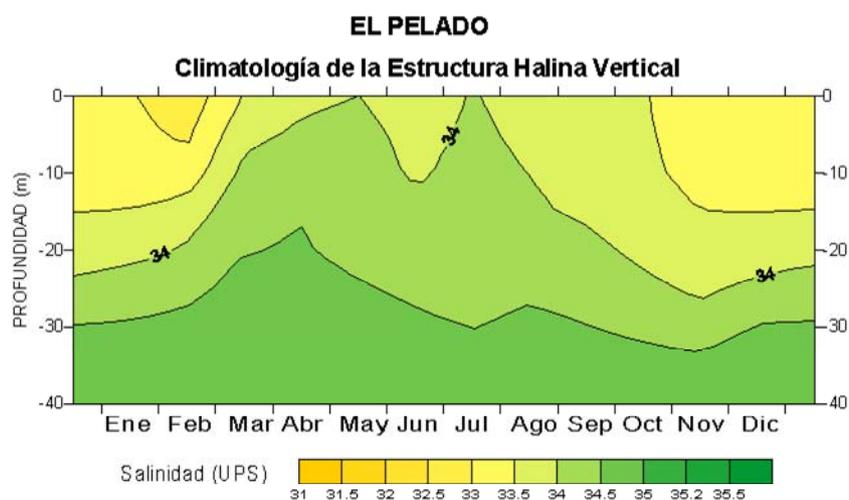


Figura 2.6. Climatología de la estructura halina vertical en la Estación El Pelado.
Fuente: Riofrío y Chavarría, 2009.

Mareas

Las mareas ecuatorianas son típicamente semidiurnas (2 pleamares y dos bajamares por día), con amplitudes (diferencia de altura entre la pleamar y la bajamar) variables a lo largo de la costa. Las amplitudes de mareas costeras de las distintas zonas del área de la ZIA son presentadas en el Cuadro 2.8, mientras que las amplitudes: máxima, mínima y media son mostradas en la Figura 2.7.

Cuadro 2.8: Amplitudes de mareas (m) en las zonas del estudio para distintas fases lunares.							
Zona	I		II	III	IV		
Estación	Palma Real	Esmeraldas	Muisne	Manta	Puerto López	Monteverde	La Libertad
Sicigia	3.4	3.2	3.0	2.5	2.9	2.3	2.3
Cuadratura	1.9	1.7	1.6	1.3	1.5	1.1	1.1
Media	2.7	2.4	2.3	1.9	2.2	1.7	1.7
Máxima	3.7	3.4	3.1	2.8	3.1	2.4	2.4
Mínima	1.5	1.2	1.0	1.0	1.1	0.8	0.9

Fuente de datos: Cuadro de mareas octubre y noviembre de 2013 (INOCAR).

Se observa mayores amplitudes de mareas en las estaciones de la zona norte donde se reportan amplitudes promedio cercanas a los 3 m, mientras que en la zona sur, se encuentran alrededor de los 2 m. Durante las fases de sicigia se reportan amplitudes alrededor de 1 m sobre los valores promedio.

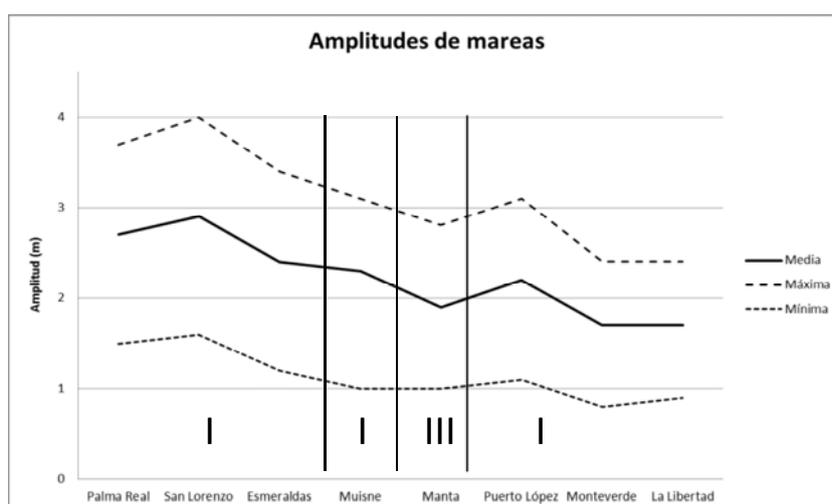


Figura 2.7. Amplitudes de marea en las Zonas del área de estudio.
Fuente de datos: Cuadro de mareas INOCAR, 2013

Olas

Las mediciones de clima olas en el mar ecuatoriano son en general escasas, concentradas principalmente en la costa de la Península de Santa Elena, seguida de Manabí, permitiendo, no obstante, determinar las características predominantes del oleaje.

La direcciones predominantes a lo largo de la costa son presentadas en la Figura 2.8 tomada de Vera *et al.* (2009), mientras que las características del oleaje se presentan en el Cuadro 2.9.

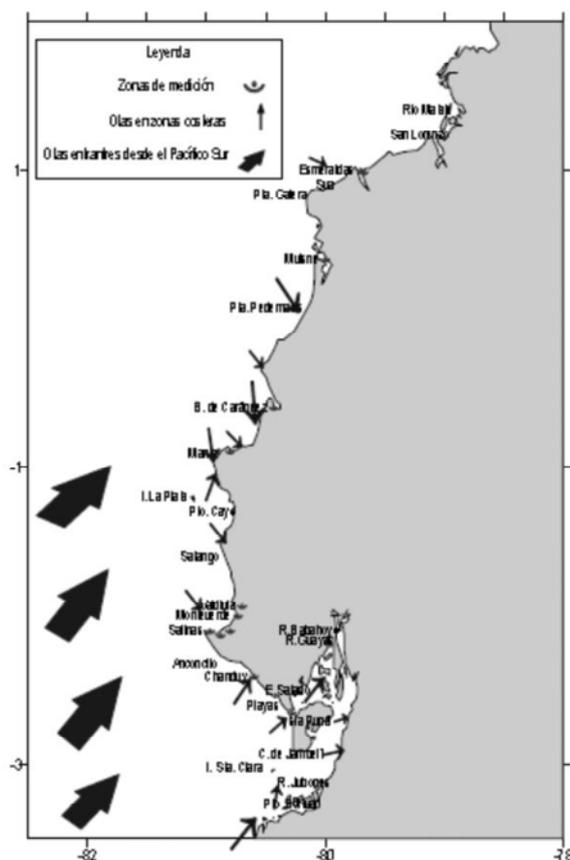


Figura 2.8. Dirección predominante del oleaje en la costa ecuatoriana.

Fuente: Vera *et al.*, 2009.

El oleaje durante la mayor parte del año proviene del SW (suroeste), como fuera indicado por Allauca (1985) en base al seguimiento de las estadísticas de olas observadas visualmente, desde barcos, durante varios años en aguas profundas de la región. Lo

anterior hace que la costa sur de la de Península Santa Elena se presente más expuesta al oleaje, generándose además intensas corrientes litorales en dirección SE (sureste).

Por su parte, la dirección del oleaje al norte de la Puntilla de Santa Elena sufre los efectos de la refracción, adquiriendo direcciones variables que dependen de la alineación de los frentes de olas con la batimetría, pudiendo variar entre NW-W-SW. En los meses coincidentes con el período cálido local, de enero a abril, se pueden presentar eventos de oleaje provenientes del NW, generando mares de leva a los cuales queda expuesta la costa al norte de Santa Elena.

Cuadro 2.9: Información histórica del oleaje en la costa ecuatoriana		
Zona	Características	Referencias
I	Hs media: 0.2 a 0.5 m Hmáx: de ola de 10 años: 2.6 m Dirección: SW T medio: 14.6 s	Arreaga, 2004
II	Dirección predominante: NW	Vera et al. 2009
III	Hs media: 0.2 a 0.6 m Hmáx: del periodo: 2.3 m Dirección predominante: NW T medio: 16 a 22 s	Allauca y Cardín, 1987; Cardin, 1989; y Vera <i>et al.</i> , 2009
IV	Hs media: 0.2-1.2 m Altura máxima significativa: 3.7 m Dirección predominante: SW Aportes del NW en época húmeda T medio: 12 a 22 s	Allauca, 1985; Mindiola y Recalde, 2008; y Vera <i>et al.</i> , 2009
V	Hs media: 0.9 – 1.9 m Hmáx del periodo: 2.6 m Dirección predominante: SW T medio: 13 - 14 s	Vera <i>et al.</i> 2009
Nomenclatura: Hs: Altura significativa, Hmáx: altura máxima, T: período; NW: del noroeste, SW: del suroeste.		

En las zonas III y IV, durante los primeros meses del año predominan olas con alturas significativas sobre la media, es decir se presentan con más frecuencia las Hs mayores (Allauca & Cardin 1987).

El área comprendida desde Jaramijó hasta Manta (II y III), que es la zona costera más sobresaliente con respecto al norte del Ecuador, las olas entran directamente con mucha energía desde el Pacífico con dirección NW.

El oleaje en la zona entre Salango y la Puntilla de Santa Elena (zona IV) está caracterizado principalmente por: (1) la atenuación del oleaje proveniente del Pacífico sur y (2) la generación de fuertes oleajes provenientes del Pacífico noroccidental que erosionan la costa. En Monteverde, los meses de mayor energía del oleaje fueron marzo y abril. Se ha reportado el incremento de las alturas de olas por efecto de la ocurrencia de eventos El Niño y del ciclo lunar (con incrementos de la altura de las olas durante los periodos de sicigia). La altura máxima de olas esperadas para los periodos de ocurrencia de 1, 5, 10 y 50 años ha sido determinado en 3.38, 4.03, 4.31 y 4.95 m, respectivamente. Para este sector, Allauca (1985) indicó que está más expuesto al ataque de olas provenientes del noroeste. Igualmente, encontró que para la mayor parte de las direcciones de aproximación y periodos analizados en el sector de costa estudiado, las alturas de las olas provenientes de aguas profundas son reducidas en su propagación hasta llegar al sector analizado. Los resultados obtenidos determinaron que, esta reducción por refracción (podría ser de hasta 30 %). Los datos medidos en el sitio revelaron la presencia predominante de mar de leva con baja pendiente, lo cual expresa un oleaje predominantemente más suave. Es posible que el Bajo Montañita ofrezca cierto grado de protección al sector de costa analizado, produciendo esparcimiento general de la energía del oleaje.

Corrientes

La circulación en la costa ecuatoriana está principalmente influenciada por la corriente oceánica predominante con dirección Norte, la cual constituye una extensión de la Corriente de Humboldt. Esta corriente se bifurca en la Puntilla de Santa Elena, adquiriendo dirección Este en la parte norte del Golfo de Guayaquil y hacia el Noreste, bordeando la costa, al norte de la Puntilla (Soledispa y Villacrés, 1989 y Allauca, 1990), siendo luego modulada por las mareas, el viento y la batimetría de cada localidad. En segundo lugar, procedente de la Bahía de Panamá, se encuentra la *Corriente del Niño* que se presenta con

dirección Sur, pudiendo abarcar toda la costa, particularmente durante la temporada climática húmeda (verano del Hemisferio Sur).

El Cuadro 2.10 resume las características de la circulación en las distintas zonas del área de estudio. Se destaca las velocidades promedio y desviaciones estándar a distintos espesores de la columna de agua, así como los máximos y mínimos históricos reportados por diversos autores.

Cuadro 2.10: Información de circulación costera en el área de estudio				
Zona	<i>d</i> [m]	Corriente (m/s)		
		Promedio ± DE	Máx.	Min.
I	Superficial	0.35 ± 0.23	1.29	0.09
	0 - 10	0.21 ± 0.18	0.98	0.04
	0 - 20	0.16 ± 0.14	0.98	0.02
II	Superficial	0.60 ± 0.28	1.47	0.17
	0 - 10	0.41 ± 0.26	1.89	0.10
	0 - 20	0.22 ± 0.21	1.89	0.01
	0 - 30	0.16 ± 0.14	1.89	0.001
	0 - 40	0.13 ± 0.14	1.89	0.001
III	Superficial	0.34 ± 0.20	0.93	0.004
	0 - 10	0.37 ± 0.25	1.30	0.004
	0 - 20	0.25 ± 0.21	1.04	0.001
IV	Superficial	0.54 ± 0.25	1.17	0.007
	0 - 10	0.39 ± 0.27	1.17	0.002
	0 - 20	0.25 ± 0.22	1.17	0
	0 - 30	0.18 ± 0.22	1.17	0
V	Superficial	0.34 ± 0.18	1.09	0.01
	0 - 10	0.36 ± 0.26	1.25	0.003
	0 - 20	0.22 ± 0.20	1.25	0.003

Fuentes: Arellano, 1975; Paredes, 1984; Piedra, 1990; Allauca y Lucero, 1992; Vera, 2000; Mindiola y Recalde 2008; Vera *et al.* 2009; Chavarría, 2009; SRP, 2010; MARAMAR, 2011.

Las áreas con mayor magnitud de la velocidad de la corriente corresponden a las Zonas II y III, mientras que la Zona I es la que presenta las menores velocidades; en este último sector, Arreaga (2004), en un estudio realizado con trazadores lagrangianos, ha reportado que durante el refluo la dirección de la corriente es hacia el Norte y Noroeste, alejándose de la costa con velocidades promedio en superficie fluctuando entre 0.16 y 0.32 m/s. Por su

parte durante el flujo la dirección predominante es hacia Norte-Noreste, con velocidades promedio en superficie fluctuando entre 0.13 y 0.21 m/s. Mientras que, Arellano (1975) reportó velocidades máximas durante el reflujó, con 1.29 m/s y dirección Norte, y durante el flujo con 0.77 m/s y dirección Este.

Por su parte, la Zona II, ubicada frente a la costa sur de la provincia de Esmeraldas y norte de la provincia de Manabí, presenta las mayores velocidades de la corriente, con una dirección predominante N-NE (SRP, 2010).

La Zona III muestra velocidades medias con respecto a las otras zonas. En este sector, Vera *et al.* (2009) analizaron el área comprendida entre San Mateo y Jaramijó en la Provincia de Manabí, la cual se ubica en la zona costera más sobresaliente con respecto al norte del Ecuador. En el área de la ciudad de Manta, durante la época húmeda, reportaron corrientes superficiales máximas de 0.93 m/s en flujo y 0.77 m/s en reflujó con dirección Noreste en ambos estados de marea. Las velocidades promedio fueron de 0.43 m/s en flujo y 0.19 m/s en reflujó también con dirección Noreste. Mientras que, frente a Jaramijó la información se obtuvo en la estación seca, observándose una velocidad máxima de 0.26 m/s en flujo y 0.20 m/s durante el reflujó, con velocidades promedio de 0.19 m/s en flujo y 0.10 m/s en reflujó.

En la zona IV, en la Bahía de Santa Elena, la circulación predominante es hacia el Este, aunque se reporta fluctuaciones durante la sicigia que obedecen a las mareas, siendo las direcciones predominantes en el flujo y reflujó hacia el Noreste/Sureste y Noroeste, respectivamente (Allauca y Lucero 1992). En el sector de San Pedro - Valdivia la corriente es predominantemente hacia la costa y obedece a la acción del viento (90%), disminuyendo su velocidad conforme se acerca a la costa hasta el veril de 5 m, a partir del cual la velocidad en la superficie experimenta un incremento a medida que se acerca a la playa (Paredes, 1984). La deriva litoral se dirige principalmente hacia el norte en la época seca y hacia el sur en la lluviosa, velocidades promedio observadas fluctuaron entre 0.18 y 0.14 m/s, en la época seca y lluviosa, respectivamente (Piedra, 1990). Por su parte, Chavarría (2009) reporta corrientes medidas en abril del 2009 frente a Valdivia - Playa Bruja habiendo encontrado que, a pesar de haber realizado mediciones en fase de sicigia, las

condiciones durante el muestreo fueron de calma, y las velocidades alcanzadas relativamente débiles. Se observaron velocidades superficiales promedio de 0.083 m/s, con una dirección predominante del flujo superficial hacia el Este-Sureste. En el período de cuadratura observó una velocidad de 0.13 m/s, en la cercanía de la estoa de pleamar; mientras que, en las mediciones realizadas en reflujos, observó una velocidad promedio de 0.22 m/s. La dirección predominante del flujo fue hacia el Sur-Sureste. Cabe destacar que las mediciones de las corrientes se realizaron bajo una inusual presencia de viento del Noroeste, el cual normalmente predomina desde el Suroeste.

Finalmente, en la Zona V, el flujo predominante es hacia el Este, presentando velocidades medias. Stevenson (1981) indicó que en el Golfo de Guayaquil la corriente sigue la dirección del movimiento de las manecillas del reloj, lo que confirma los datos observados.

2.6.1.2. Descripción meteorológica

Uno de los principales aspectos meteorológicos en la costa ecuatoriana es la influencia de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT), cuya posición latitudinal es estacional en respuesta a la dinámica de los centros de alta presión del Pacífico oriental. En el verano del hemisferio sur, el centro de alta presión del Pacífico norte se encuentra cerca al continente, mientras que el centro de alta presión del Pacífico sur se encuentra hacia el suroeste. Por tanto, se produce una intensificación de los vientos alisios del norte y un debilitamiento de los alisios del sur; como consecuencia la ZCIT manifiesta su posición más al sur, llegando hasta 2° N; mientras que, en el invierno, la situación de los centros de presión del Pacífico se invierte. Se produce una intensificación de los vientos alisios del sur, desplazando la ZCIT hacia el norte, llegando hasta los 10° N (Moreano 1983). En octubre la ZCIT se encuentra en su posición más al norte, ya que luego es forzada a desplazarse hacia el sur por acción del centro de alta presión de las Azores (Bennet, 1966).

De este modo, con la mayor cercanía de ZCIT durante los meses de enero a abril, ocurre la estación húmeda (cálida), caracterizada por los altos niveles de precipitaciones lluviosas a lo largo de la costa ecuatoriana. En contraste, entre mayo y diciembre, ocurre la estación seca (fresca). Los datos meteorológicos son resumidos en el Cuadro 2.11.

Cuadro 2.11: Información meteorológica en la costa ecuatoriana								
Zona	Precipitación promedio estacional acumulada (mm)		Temperatura anual (°C)			Magnitud del viento (ms⁻¹)		Dirección predominante del viento
	Cálida	Fría	Prom.	Máx.	Mín.	Prom.	Máx.	
I	570	381	25.9	29.8	22.6	4.5	6.2	W-S-SW (80%)
II*	405	208	25.4	29.8	21.5	4.7	6.5	SW – S – W
III	240	35	24.8	29.7	20.4	4.8	6.7	SW – S – W (76%)
IV	325	50	23.6	29.7	17.8	4.1	3.9	SW (> 50%)
V								

* Obtenida del promedio entre zonas contiguas
Fuente de datos: Hernández 2006a; Gálvez y Regalado, 2007

Precipitación

La costa norte del Ecuador (Zona I) es la de mayores precipitaciones, presentando lluvias durante todo el año, con un incremento durante los meses de enero a abril. Durante esos meses en la ciudad de Esmeraldas se reportan precipitaciones promedio mensuales entre 100 y 200 mm (Gálvez y Regalado 2007).

En contraparte, las menores precipitaciones son reportadas para la Zona III, particularmente en la ciudad de Manta. Mientras que, en las zonas IV y V se presenta un régimen de lluvias estacionalmente bien definido, con una época lluviosa entre los meses de enero y abril, y una época virtualmente seca de junio a noviembre, con escasas precipitaciones denominadas localmente como garúas. En las zonas IV y V las precipitaciones anuales no alcanzan a cubrir el déficit hídrico generado por la evapotranspiración, deficiencia de agua que el área puede alcanzar los 850 mm/año, determinando que clima sea de tipo árido.

Temperatura del aire

La temperatura del aire en todas las estaciones costeras presenta un ciclo anual, con máximos valores entre enero y abril, y menores valores entre julio y noviembre. Las mayores temperaturas promedio del aire (25.8 ± 0.9 °C) son registradas en la Zona I, en la

provincia de Esmeraldas; mientras que, los menores valores (23.6 ± 2.3 °C) se presentan en las Zonas IV y V, en la provincia de Santa Elena (Hernández 2006b). Las Zonas IV y V también exhiben las mayores desviaciones con respecto a los valores promedio de temperatura del aire, aspecto que refleja su marcada estacionalidad. En el mismo sentido, la temperatura del aire en la costa central del Ecuador (Zona III) presenta una menor variabilidad estacional, la que se reduce aún más hacia el norte. Estas observaciones son explicadas por la presencia estacional de las aguas cálidas ATS (provenientes de la Bahía de Panamá) hasta las zonas al sur de la costa ecuatoriana. Mientras que, la variación estacional de la corriente fría de Humboldt no cubre la costa norte (Esmeraldas) y centro (Manta) del Ecuador, y más bien influencia la costa sur. Como consecuencia, la temperatura del aire en el norte de la ZIA presenta poca variabilidad anual, mientras que su parte sur exhibe la mayor variación estacional de temperatura del aire (Cuadro 2.11).

Viento

Durante la mayor parte del año, la actividad del Centro de Alta Presión del Pacífico Sureste genera frente a las costas ecuatorianas un flujo de viento predominante del sur con componentes oeste. Este patrón se ve ocasionalmente alterado por las perturbaciones de la Amazonía y del Caribe, que provoca flujos de vientos con componente norte y este. Además, fenómenos de menor alcance y plazo ocasionan flujos de vientos con otras componentes (e.g. NW) como es el caso de los ocurridos particularmente en la Zona I, donde vientos del noroeste presentan velocidades promedios menores a 3 m/s, en contraposición a los vientos predominantes del SW, que presentan intensidades mayores a 4 m/s (Gálvez & Regalado 2007) (Cuadro 2.11).

En general, los vientos en la mayoría de las estaciones costeras del Ecuador presentan un patrón estacional. En la época húmeda/cálida, los vientos provenientes del sur se debilitan mientras que los vientos que provienen del norte se intensifican ligeramente. Por el contrario, en los meses de la época seca los vientos del sur se incrementan.

En la costa central (Zonas III y IV) los vientos predominantes del SW manifiestan la influencia marítima. Las mayores intensidades promedio, 4.8 m/s, son reportados sobre la

Zona III; mientras que es menor (4.1 m/s) en la Zona IV (Cuadro 2.11). En general, la intensidad de los vientos en Bahía de Caráquez y Manta (Zona III) presenta una tendencia ascendente desde julio a noviembre, mes a partir del cual empieza a decaer hasta llegar a un mínimo en marzo-abril (Cardín y Cornejo-Rodríguez 1990).

En Santa Elena, en el área de transición entre las Zonas IV y V los vientos predominantes durante casi todo el año son del suroeste y oeste (Figura 2.9), con predominancia significativa del suroeste. Los valores mensuales de velocidad del viento oscilan entre 1.0 y 5.1 m/s (CEIDA, 2009).

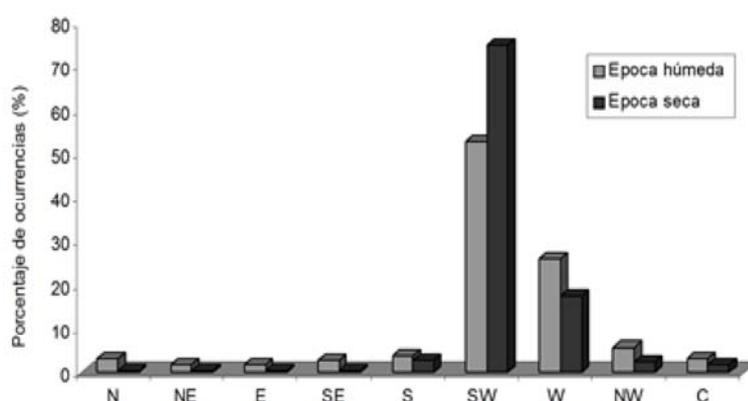


Figura 2.9. Dirección del viento en porcentaje de ocurrencia (%) en las épocas húmeda y cálida en Santa Elena. Promedios de datos para el periodo 2002-2008. Fuente: CEIDA-UPSE, 2009.

2.6.1.3. Calidad del agua y de los sedimentos

Calidad del agua

Los parámetros de calidad del agua calculados para cada zona del área de estudio son presentados en el Cuadro 2.12. Las concentraciones de oxígeno se encuentran acorde a lo esperado para las masas de agua locales (Cuadro 2.13), mostrando altos niveles de saturación. El pH observado es con tendencia básica, lo cual es propio de las aguas marinas. La profundidad del disco Secchi, que expresa la penetración de la luz en la columna de agua (zona eufótica), indica una mayor turbidez en zona norte que en la zona sur, lo que contrasta con lo observado normalmente en cruceros en aguas más oceánicas.

Esto se justifica en los reportes de marejadas asociados al monitoreo realizado en el área norte de la ZIA. Las menores concentraciones de clorofila *a* reportadas en la zona norte indican que la turbidez no estaría asociada a una mayor riqueza fitoplanctónica. Aun así, los valores reportados de clorofila *a*, son importantes, particularmente en la costa central (III y IV) donde se ha reportado los valores más altos. Comparativamente, las concentraciones de Cl. *a*, se encuentran en el orden de magnitud de las reportadas por Jiménez (1996) para el Golfo de Guayaquil, área marina tradicionalmente considerada como la más productiva de la costa del Ecuador.

Cuadro 2.12: Caracterización de la calidad del agua en el área de estudio						
		Zona				
Parámetro	unidades	I	II	III	IV	V
OD	mgL ⁻¹	6.90	5.94	6.66	6.25	6.16
Sat. OD	%	101	96	100	95	92
pH	pH	8.3*	8.0**	8.2***	8.0	8.1
Secchi	m	4	10	6	12	12
Clorofila <i>a</i> (Cl <i>a</i>)	mg m ⁻³	4.67	6.04	9.59	7.48	4.18
Nitrato	mgL ⁻¹	2.65	0.003	0.005	nd	nd
Nitrito	mgL ⁻¹	0.029	0.002	nd	nd	nd
TAN	mgL ⁻¹	nd	0.003	0.004	nd	nd
Fosfato	mgL ⁻¹	nd	0.023	0.023	nd	nd
Silicato	mgL ⁻¹	0.189	0.010	0.268	0.149	0.128
Sulfato	mgL ⁻¹	3280	784	824	2315	2330
Sulfuro	mgL ⁻¹	nd			nd	nd
Calidad microbiológica						
Coliformes totales	NMP	nd				
Coliformes fecales	NMP	nd				
<i>V. cholerae</i>	A o P	A				
<i>V. parahemolytico</i>	NMP	nd				
<i>Pseudomonas</i>	NMP	nd				
Fuente de datos: Benetti et al. 2010b; *Barriga, 2012; **Santos, 2007; ***Villamar, 2013. A o P: Ausencia o Presencia, nd: no detectado						

La concentración de nutrientes no sigue la distribución esperada en las aguas oceánicas del mar ecuatoriano (Cuadro 2.13), no obstante los valores se encuentran dentro de los estándares normativos. Los sulfatos son constituyentes mayores del agua de mar y se encuentran dentro de los valores esperados o menores a ellos. El gas sulfuro no fue detectable al igual que los parámetros microbiológicos, expresando una buena calidad ambiental.

Cuadro 2.13: Resumen de algunas características químicas de las masas de agua del área de estudio.

Zona	Masa de Agua	Oxígeno (mg/l)			Fosfato (ug-at P/l)			Nitrato (ug-at N/l)		
		Prom.	Intervalo		Prom.	Intervalo		Prom.	Intervalo	
I y II	ATS	6.6	5.7	7.9	0.35	0.29	0.81	0.6	0.1	1.0
III y IV	FE	6.5	5.0	7.6	0.62	0.33	0.87	6.8	3.1	8.6
IV y V	ASTS	5.3	4.6	5.3	0.75	0.74	0.79	8.9	7.9	11.7

ATS: Aguas Tropicales Superficiales, FE: Frente Ecuatorial, ASTS: Aguas Subtropicales Superficiales
Fuente de datos: Okuda T. *et al.*, 1983.

Calidad de los sedimentos marinos

Los parámetros de calidad de los sedimentos marinos calculados para cada zona del área de estudio son presentados en el Cuadro 2.14.

Cuadro 2.14: Caracterización de la calidad de los sedimentos marinos en el área de estudio						
		Zona				
Parámetro	Unidades	I	II	III	IV	V
Interfase agua sedimento						
pH	pH	5.83	5.83	7.63	7.55	8.05
ORP	mV	-80	-45	-64	-52	-71
Sulfuro: H ₂ S	ppm	nd	nd	nd	nd	nd
Sedimentos						
Textura		Arcilla	Arcilla, Arena-Arcilloso	Arena-Arcilloso, Grava	Arcillo-Arenoso, arena	Grava, Arena y Arcilla
ORP	mV	-197	-167	-102	-149.5	-177
pH	pH	5.46	5.59	6.21	7.39	4.79
TPH	ppm	nd				
MO	%	3.2	1.8	0.8	0.9	1.1
Metales pesados						
Plomo	ppm	2.18	2.02	1.20	1.47	4.82
Mercurio	ppm	nd				
Cobalto	ppm	0.34	0.76	0.44	0.08	0.57
Magnesio	ppm	315.7	314.5	314.4	322.7	310.6
Pesticidas						
Organoclorados	mg/kg	nd				
Organofosforados	mg/kg	nd				
Nitrogenados	mg/kg	nd				

Fuente de datos: Benetti et al. 2010b.

El pH en la interfase agua - sedimento se presenta ácido hacia la zona norte, mientras que registra un comportamiento normal en la costa central y sur. No se detectó la presencia de gas sulfuro.

La textura de los sedimentos está dominada por las fracciones de arcilla y arena. El potencial REDOX es relativamente bajo y se presenta en un rango que favorece procesos de desnitrificación, lo cual es común en sedimentos marinos bajo los 5 mm de espesor (Massol, s.f.). El pH es en general ácido, con excepción de la zona IV. La materia orgánica se encuentra dentro de valores normales. No se detectó la presencia de hidrocarburos ni pesticidas. Los valores de metales pesados son bajos (plomo, cobalto) o no detectable (mercurio).

2.6.2. Medio biótico

2.6.2.1. Las áreas protegidas

Como se observa en el Cuadro 2.15 y Figura 2.10 el área de estudio contiene varias áreas marino-costeras protegidas, cuya riqueza biológica representa muy bien el capital biológico de la ZIA. Se ha destacado únicamente aquellas que presentan alguna categoría de reserva marina, las cuales totalizan aproximadamente 162284 ha de áreas marinas.

Cuadro 2.15: Áreas del Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Ecuador con influencia en el área de estudio.						
Información	Área protegida					
	REMACAM	RM GALERA	RVS PACOCHE	PN MACHALILLA	REMAPE	REMACO PSE
Zona	I	I y II	IV	IV	IV	IV y V
Población (hab) [§]	9691	4488	3700	22406	17488 ^e	171000
Profundidad (m)	0-10	0-800	0-160	0-50	0-55	0-50
Área marina (ha)	17100	54604	8500	21806	13000	47274
REMACAM: Reserva Ecológica Manglares Cayapas – Mataje RMGALERA: Reserva Marina Galera – San Francisco RVSPACOCHE: Refugio de Vida Silvestre Marino Costera Pacoche PNMACHALILLA: Parque Nacional Machalilla REMAPE: Reserva Marina El Pelado REMACOPSE: Reserva de Producción Faunística Marino Costera Puntilla de Santa Elena [§] En la reserva y/o área de influencia ^e Estimado en Solís-Coello y Méndez, 1999. Fuentes de datos: Hurtado et al. 2010; SNI-MAE, 2014.						

Se destaca que en la Zona IV hay una mayor concentración de áreas con reservas marinas, con cuatro áreas protegidas, indicando una mayor sensibilidad biológica de esta zona. En contraste, como se puede apreciar en la Figura 2.10, existe una gran extensión costera (aproximadamente 240 km) entre las zonas II y III con ausencia de áreas marinas del Patrimonio Natural del Estado (PANE), lo que puede constituir una oportunidad para proyectos de maricultura.

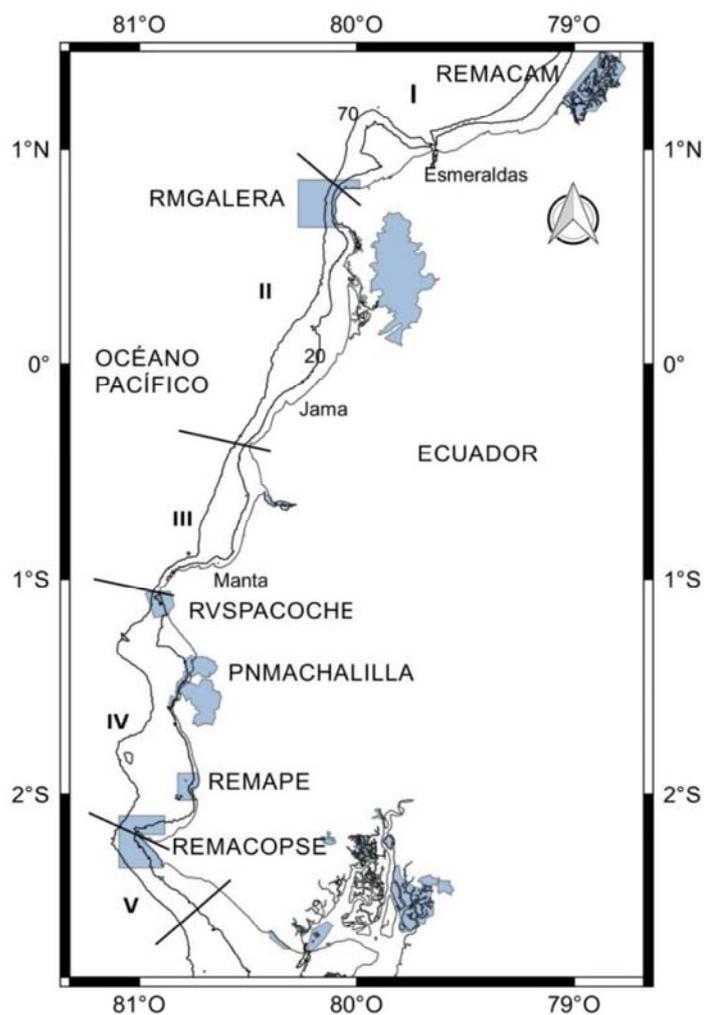


Figura 2.10. Componentes costeros del Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Ecuador. Fuente: Sistema Nacional de Información: capa *.shp PANE 2013.

2.6.2.2. Los mamíferos marinos

Ecuador como parte de la Comisión Permanente del Pacífico Sur (CPPS) aprobó en diciembre de 1991, conjuntamente con los demás miembros, el Plan de Acción para la

Conservación de los Mamíferos Marinos en el Pacífico Sudeste. El objetivo principal del Plan es la conservación de todas las especies, subespecies, razas y poblaciones de mamíferos marinos y de sus hábitats en la región. Con este objeto, se elaboró una lista preliminar de las especies y poblaciones consideradas amenazadas en la región. Dentro de ellas se destaca algunas especies de cetáceos, particularmente *Megaptera novaeangliae* especie conocida comúnmente como yubarta o ballena jorobada, la cual fue ubicada en la categoría de *vulnerable*⁷ (CPPS, 1991). Previamente, en 1990, mediante Acuerdo Ministerial (MICIP No. 196) el mar ecuatoriano fue declarado Santuario de Ballenas y Refugio de Ballenas.

La observación de ballenas con fines científicos y de conservación ha adquirido una gran relevancia en la región y se ha traducido en un importante volumen de reportes de avistamientos y producción científica. Ante esta situación, la CPPS implementó SIBIMAP que es una herramienta informática en línea para la búsqueda, consulta y descarga de información para manejo y conservación de especies y ecosistemas vulnerables en la región del Pacífico Sudeste, principalmente de cetáceos. Por su importancia para Ecuador y su permanente presencia en zonas relativamente costeras, en la Figura 2.11 se presenta los avistamientos de ballenas jorobadas reportados en la ZIA o su área de influencia para el período 1996 – 2010, con observaciones adicionales reportadas en 1959 y 1989, totalizando 446 avistamientos y 1180 individuos observados. En el recuadro se presenta una distribución de observaciones más general conforme fuera reportada por Félix y Haase (2005) para el período comprendido entre 1959 a 2003. Se destaca que la mayor parte de las observaciones se ha realizado en las inmediaciones de la puntilla de Santa Elena (Salinas) y entre la Isla de la Plata y el Parque Nacional Machalilla, coincidiendo con los veriles que conforman la ZIA. A decir de Félix (Com. Pers., 2014) este rasgo estaría influenciado por la mayor cantidad de observaciones asociadas al turismo que se realiza a partir de las localidades de Salinas y Puerto López. Aunque también el mayor desarrollo de esta actividad pudiera estar asociado a la mayor permanencia de los cetáceos en estas áreas. En todo caso, es necesario indicar que la presencia de ballenas jorobadas se presenta permanentemente, por lo menos en las zonas IV (principal), V, II y III, seguidas por la zona I, siempre coincidiendo con la ZIA.

⁷ Taxa que se cree se moverá el futuro a la categoría de *En Peligro* (de extinción) si los factores que la afectan continúan operando.

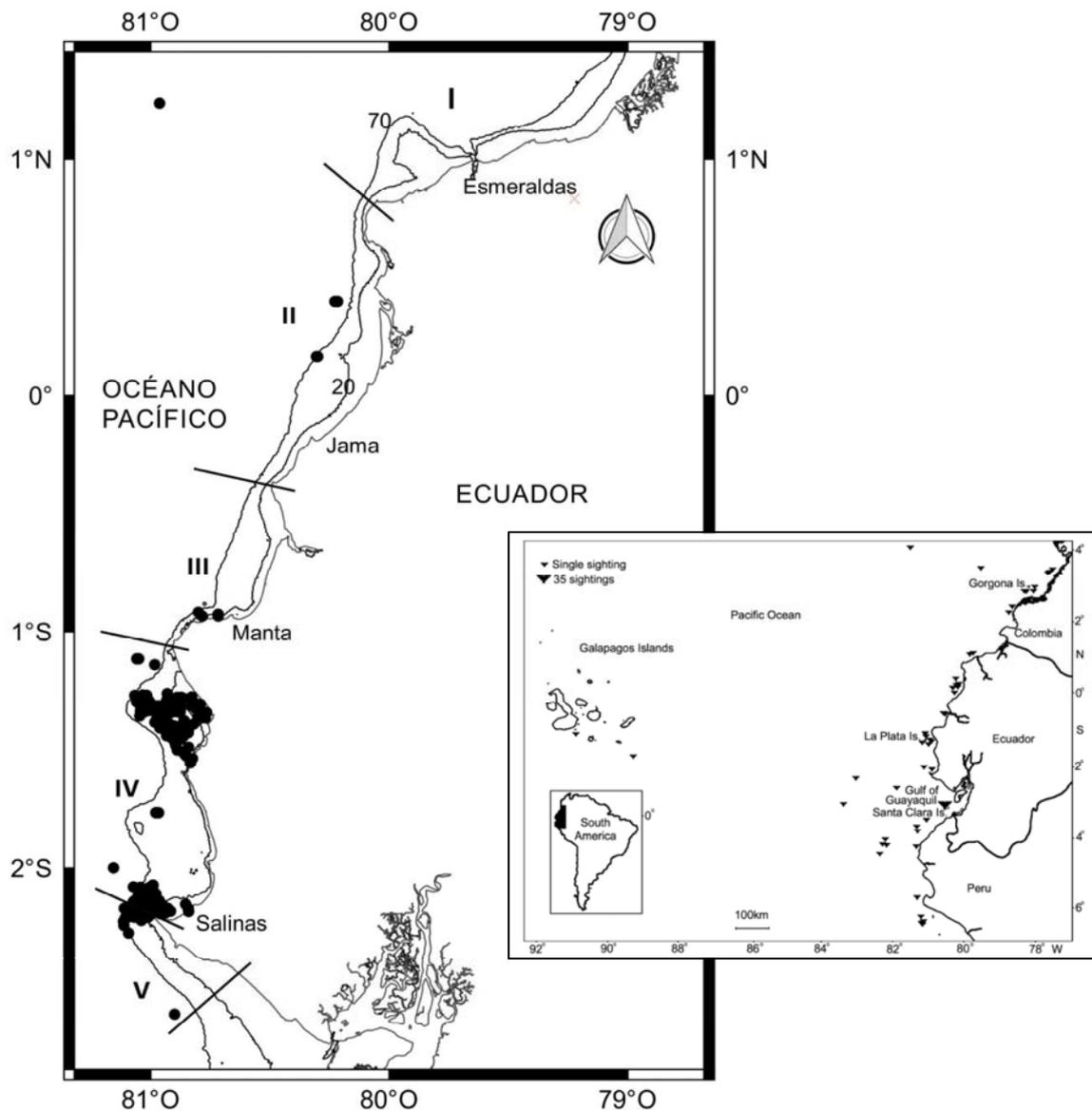


Figura 2.11. Distribución de los avistamientos de ballenas jorobadas graficada en base a las observaciones reportadas en SIBIMAP (2014) para el período 1959 - 2010. Recuadro tomado de Félix y Haase (2005), obtenido en base a expediciones realizadas entre 1959 – 2003.

2.6.2.3. Las tortugas marinas

Hasta la década de los 80s las tortugas marinas constituyeron especies de interés pesquero en Ecuador hasta que, mediante Acuerdo Ministerial 212 (Registro Oficial 581 del 12 de diciembre de 1990), entraron en un proceso de protección total. El 2007 se aprueba el Programa Regional de la CPPS para la Conservación de las Tortugas Marinas en el

Pacífico Sudeste y el 2014 se emite el Plan Nacional para la Conservación de las Tortugas Marinas (MAE, 2014). Actualmente se considera un recurso de valor ecológico y turístico.

Con los antecedentes expuestos, se destaca la importancia de caracterizar estas especies dentro de la ZIA para un posterior análisis de su interacción con la maricultura oceánica. Las tortugas marinas presentes en el mar ecuatoriano son cinco: *Chelonia mydas* (t. verde), *Lepidochelys olivácea* (t. golfina), *Eretmochelys imbricata* (t. carey), *Dermochelys coriacea* (t. laúd) y *Caretta caretta* (t. caguama). Se ha indicado que se encuentran a lo largo de todo el mar ecuatoriano, sin embargo existen pocos registros georeferenciados de su presencia en el mar, SIBIMAP apenas registra sus actividades de anidación, las cuales parecen ser más importantes en la Zona IV en el área de influencia del PN Machalilla. Al respecto, Baquero, Peña y Muñoz (2010) reportan el seguimiento realizado a cinco tortugas carey provistas con transmisores satelitales después de su anidamiento en el PN Machalilla, pudiéndose determinar su recorrido coincidente muchas veces con la ZIA y entre las áreas protegidas REMAPE y REMACOPSE, como se puede observar en la Figura 2.12.

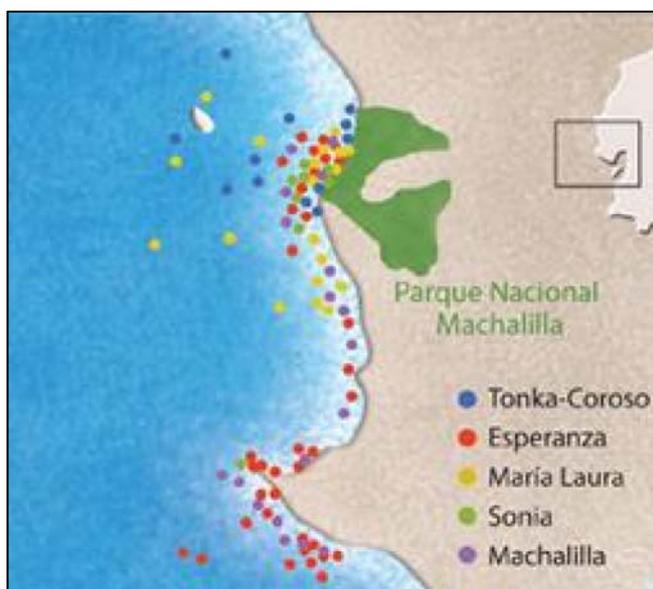


Figura 2.12. Posiciones geográficas de cinco tortugas carey, equipadas con emisores satelitales, monitoreadas a partir del PNMachalilla. Tomada de: Baquero *et al.* 2010.

Con estas observaciones y otras posteriores Baquero *et al.* (2010) han determinado el área de Puerto López (PN Machalilla), como *la única área de agregación de tortugas carey registrada en el país y de las pocas en el Pacífico oriental.*

En el Cuadro 2.16 se presenta la distribución de reportes de anidamiento por zonas, resaltándose las más importantes. De todas las especies, reportadas en el Plan Nacional para la Conservación de las Tortugas Marinas, únicamente *Caretta caretta* no anida en las costas ecuatorianas. Los datos confirman que las zonas más importantes son la IV, seguida de la V.

Cuadro 2.16: Distribución de reportes de anidamiento de tortugas marinas en el área de estudio.					
Especie	Zona				
	I	II	III	IV	V
<i>Chelonia mydas</i> (t. verde)			X	X	X
<i>Lepidochelys olivácea</i> (t. golfina)		X	X	X	X
<i>Eretmochelys imbricata</i> (t. carey)				X	X
<i>Dermochelys coriacea</i> (t. laúd)	X	X	X	X	X
<i>Caretta caretta</i> (t. caguama)					

Los reportes resaltados en negritas expresan una mayor importancia.
Fuente de datos: Plan Nacional para la Conservación de las Tortugas Marinas (MAE, 2014)

2.6.2.4. El bentos

La presencia de oxígeno en las capas superficiales de los sedimentos marinos favorece los procesos de oxidación de la materia orgánica por microorganismos aeróbicos. La macrofauna bentónica juega un rol importante en la transferencia de oxígeno del agua intersticial a los sedimentos marinos. Sanz-Lázaro y Marín (2011) han indicado que esto sucede mediante transporte activo biológico, es decir bioturbación (mezcla activa de sedimentos) y bioirrigación (lavado activo de solutos).

La materia orgánica que se produce en la columna de agua tiene como destino final los sedimentos marinos, los cuales tienen una capacidad de asimilar estos detritos orgánicos a través de organismos carroñeros que contribuyen a fases intermedias del proceso de remineralización, convirtiéndose en un verdadero filtro. La meiofauna, compuesta por

organismos bentónicos dentro de un rango de tamaños entre 500 μm y 31 μm (Giere, 2009), es fundamental en este proceso pues consumen y degradan la materia orgánica, siendo también buenos bioindicadores y biomonitores ambientales. La Figura 2.13 y Cuadro 2.17 presenta la distribución de fauna bentónica en sedimentos marinos de las distintas zonas de la ZIA, caracterizados en seis filos correspondientes a organismos de la macro y meiofauna.

Se destaca la presencia predominante de moluscos y anélidos tanto en la abundancia como en la biodiversidad. La zona III, seguida de la II, presentó un mayor número de individuos y de especies.

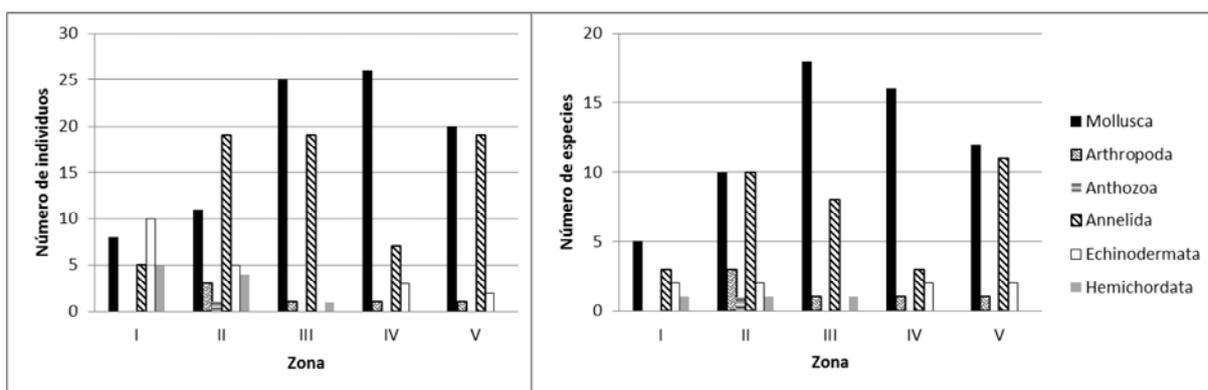


Figura 2.13. Distribución de organismos de macro y meiofauna en las distintas zonas de la ZIA. Fuente de datos: Benetti *et al.* 2010b.

FILO	Individuos por zonas					Especies por zonas				
	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V
Mollusca	8	11	25	26	20	5	10	18	16	12
Arthropoda	0	3	1	1	1	0	3	1	1	1
Anthozoa	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
Annelida	5	19	19	7	19	3	10	8	3	11
Echinodermata	10	5	0	3	2	2	2	0	2	2
Hemichordata	5	4	1	0	0	1	1	1	0	0
Total	28	43	46	37	42	11	27	28	22	26

Fuente de datos: Benetti *et al.* 2010b.

Los anélidos estuvieron totalmente representados por la clase Polychaeta, y entre ellos la especie *Maldane cristata* fue la única que estuvo presente en todas las zonas. Cabe

destacar que los miembros de la familia Maldanidae son poliquetos sedentarios, los cuales se caracterizan por habitar en tubos o madrigueras y ser de alimentación suspensiva y filtradora. La presencia de estos organismos en sedimentos marinos arenosos-fangosos, indica zonas apropiadas para las actividades de maricultura en jaulas.

2.6.3. Medio socio-cultural

La población de la ZIA se ha caracterizado en base a la población total de las provincias costeras ubicadas frente al área de estudio; de norte a sur, las provincias de Esmeraldas, Manabí y Santa Elena. Los datos se presentan en el Cuadro 2.18 donde se ha incorporado el indicador de necesidades básicas insatisfechas (NBI). Las NBI expresan la insatisfacción real de las necesidades básicas de la población utilizando variables como abastecimiento de agua potable, alcantarillado, luz eléctrica, teléfono, entre otros, expresando un nivel de pobreza no extrema.

Cuadro 2.18: Población e índice de Necesidades Básicas Insatisfechas de la población en zona de influencia del área de estudio .				
Información	Provincia			
	Esmeraldas	Manabí	Santa Elena	Total
Zona	I y II	II, III y IV	IV y V	ZIA
Población (hab)	534.092	1'369.780	308.693	2'212.565
Superficie (km ²)	16.132	18.940	3.690	38.762
Densidad (hab/km ²)	66	76	689	117
% con NBI	78,3	76,8	72,2	75,8
Fuentes de datos: INEC, Base de Datos Censo 2010 (http://www.ecuadorencifras.gob.ec/base-de-datos-censo-2010/)				

Las provincias de la ZIA se caracterizan por tener poblaciones urbanas de mediano a pequeño tamaño, con la excepción de la ciudad de Manta, que supera el millón de habitantes. La mayor parte de la población de Esmeraldas habita en áreas rurales, mientras que la mayor parte de la población de Manabí y Santa Elena es urbana. Los niveles de pobreza contrastan entre la población urbana y rural, como en la ciudad de Salinas (zona IV), donde las NBI son bajas (50.9 %), mientras que en algunas comunidades rurales puede alcanzar el 100 %, particularmente en las Zonas I y II. En general se observa mayores NBI en las provincias del norte, como en Esmeraldas. En este contexto, las

actividades pesqueras y turísticas constituyen oportunidades económicas para la población asentada en el margen costero. La mayor densidad poblacional de Santa Elena y Manabí sur (Zona IV y V), indican que estas áreas constituyen polos de desarrollo.

2.6.3.1. Los pescadores

Sector artesanal

Estudios recientes de las pesquerías artesanales realizados por el INP (Herrera *et al.* 2014) han permitido estimar (Cuadro 2.19) que frente al área de estudio existen 154 caletas pesqueras, aproximadamente 57 mil pescadores artesanales y 13 mil embarcaciones (balsas, canoas, pangas, botes, balandras, barcos menores). Existen áreas de mayor concentración de esfuerzo pesquero (embarcaciones) pudiéndose destacar por zonas: Zona I, la caleta de San Lorenzo (445) y ciudad de Esmeraldas (1042); Zona III, San Mateo (628); Zona IV, Santa Rosa (1410); y Anconcito (600) en la Zona V. La alta concentración de embarcaciones en las escasas caletas reportadas en la Zona V, obedece a que estas constituyen las únicas áreas geográficamente protegidas ante la dirección predominante del oleaje en el Ecuador y a una fuerte corriente litoral. Por su parte en la Zona II se observa una distribución más homogénea de embarcaciones por caleta.

Cuadro 2.19: Caletas pesqueras artesanales frente al área de estudio.						
Información (No.)	Zona					Total
	I	II	III	IV	V	
Caletas	46	35	31	39	3	154
Pescadores	12632	9407	15204	15107	4531	56881
Embarcaciones	4854	1646	2449	3006	1002	12957
Emb./caleta	106	47	79	77	334	84
Fuente de datos: Herrera et al. 2014						
Proyecto puertos y facilidades pesqueras artesanales del Ecuador						
Puertos	1	0	2	1	1	5
Facilidades	4	4	3	5	1	17
Fuente de datos: http://www.viceministerioap.gob.ec/wp-content/uploads/2014/06/puerto-pesquero-de-anconcito-.pdf y http://puertos.viceministerioap.gob.ec/						

Las áreas de pesca variarán según la pesca objetivo, la autonomía de las embarcaciones y las artes de pesca utilizadas. Sin embargo, es necesario destacar varios aspectos, muchos

pescadores son recolectores costeros, mientras que otros realizan sus capturas en las áreas protegidas y sus zonas de influencia, o en la plataforma continental (Figura 2.14), no obstante, una gran cantidad de pescadores artesanales realizan pesca de altura.

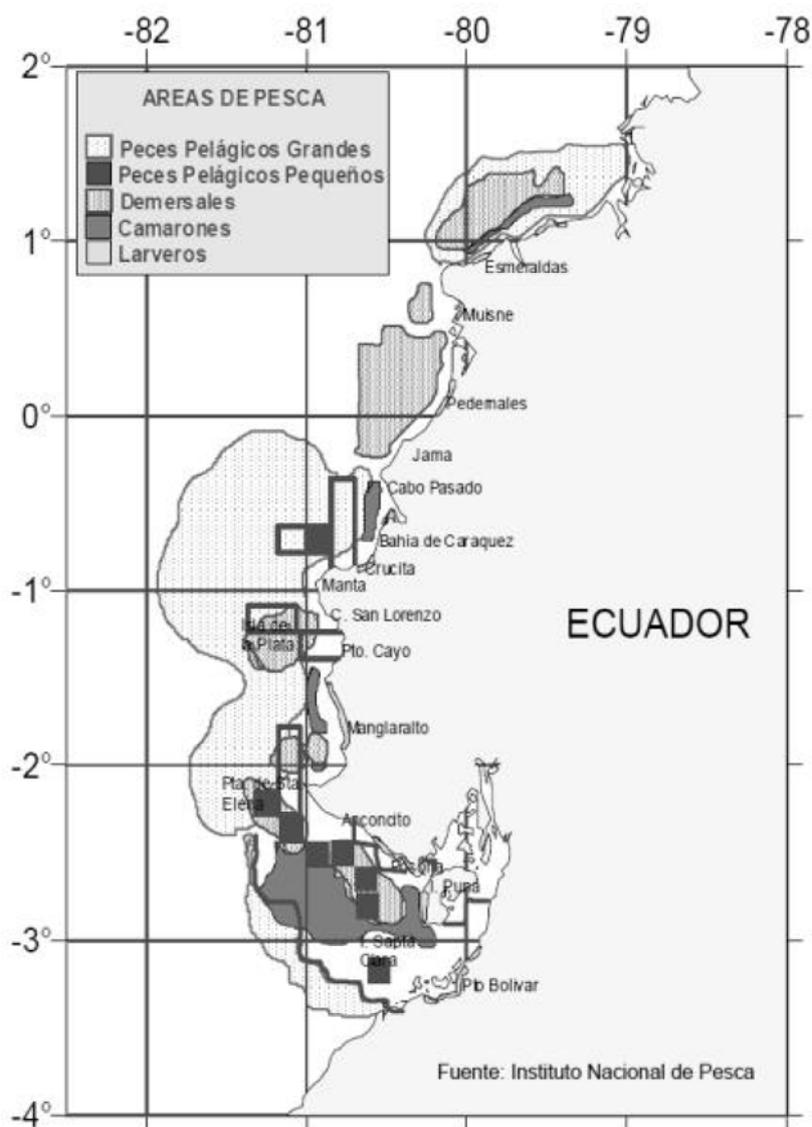


Figura 2.14. Principales áreas de pesca en Ecuador continental. Tomada de: Arriaga y Martínez (2002).

A decir de Pacheco (Com. Pers., 2013) dentro de las 10 MN las artes más utilizadas son espineles de fondo, enmalle de fondo y línea de mano, capturándose especies demersales de exportación. Para estos fines utilizan botes de madera y algunas fibras viejas, pero en gran número, generalmente cerca de las puntas rocosas y bajos. Por otra parte, pesquerías

de pelágicos grandes para exportación y subsistencia son realizadas fuera de las 10 MN (Figura 2.15), para lo cual utilizan redes de enmalle de superficie y botes de fibra con potentes motores fuera de borda. Las palangreras que capturan pelágicos también se encuentran fuera de las 10 MN.

Villegas *et al.* (2005) indican que los peces demersales constituyen el 19% de los desembarques artesanales, siendo la principal fuente de pesca blanca para el consumo nacional y de exportación. Arriaga y Martínez (2002) reportan 450 especies demersales en los desembarques de las cuales 50 se explotan permanentemente por la pesca artesanal conjuntamente con los cerqueros que capturan pesca blanca, en profundidades que van desde la línea de costa hasta aproximadamente los 230 m (Figura 2.14).

En referencia a la Figura 2.14, cabe indicar que tanto la extracción de camarones, por la flota arrastrera, como la extracción costera de larvas, por recolectores artesanales, se encuentran actualmente prohibidas en Ecuador. En consecuencia la principal actividad pesquera que pudiera interferir con maricultura oceánica, sería la pesca blanca.

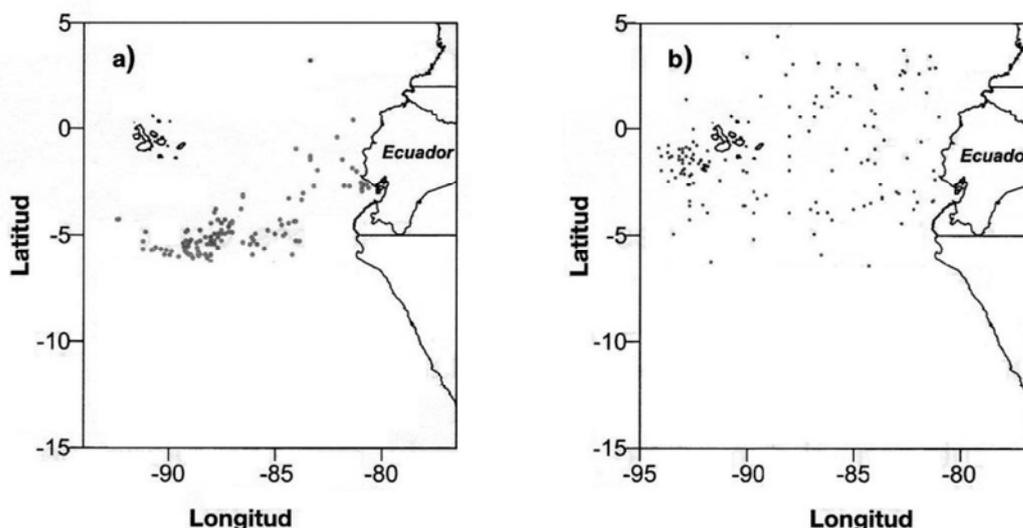


Figura 2.15. Zonas de pesca de peces pelágicos grandes a) dorado y b) atún, picudo y pez espada. Tomada de: Elías y Guamán (2012)

Los miembros del sector pesquero artesanal, particularmente los pequeños extractores, aun cuando contribuyen significativamente a la seguridad alimentaria del Ecuador, conforman habitualmente ese conglomerado poblacional con NBI. Es así que, con el objeto de contribuir al desarrollo socio-económico de las comunidades pesqueras artesanales, así como a la sostenibilidad de la actividad pesquera, el Gobierno del Ecuador se encuentra implementando un ambicioso programa de construcción de una red de puertos pesqueros artesanales (PPA) y facilidades pesqueras para 23 caletas pesqueras a lo largo de todo su perfil costanero (VAP, 2014), de las cuales 17 quedarán en el área de influencia de la ZIA, así como los 5 PPA proyectados, distribuidos conforme se presenta en el Cuadro 2.19. Los puertos se encuentran en etapa avanzada y ya está en operación el PPA de Anconcito (Zona V), se espera que el programa culmine en el año 2017. Los PPA estarán completamente equipados y brindarán servicios a las embarcaciones (combustible, hielo, etc.), equipos para desembarque (grúas, bombas, etc.), áreas de eviscerado, talleres, bodegas, áreas comerciales, administrativas y de servicios complementarios, pudiendo constituirse en un apoyo logístico importante para las actividades de maricultura, principalmente de los gremios artesanales.

Sector industrial

El sector pesquero industrial con interacción en el área de estudio está constituido por la flota cerquera de pelágicos pequeños, compuesta por distintas categorías de barcos de acuerdo a su tonelaje de registro neto (TRN) de acuerdo a lo expresado en el Cuadro 2.20.

Cuadro 2.20. Flota de barcos cerqueros sardineros de Ecuador.					
Clase	TRN	No. barcos 2009	%	Captura 2011 (TM)	Cap/barco
I	1 a 35	48	50.0	19.688	410
II	36 a 70	2	29.2	91.432	3.265
III	71 a 104	11	11.5	75.359	6.851
IV	>104	9	9.4	40.668	4.519
Total		96	100	227.147	2366
Fuente de datos: González, 2010; Elías y Guamán, 2012.					

Por la pesca objetivo y tipo de barcos esta flota está dividida en dos clases, la que extrae especies de mayor tamaño obtenidos en aguas de mayores profundidades, como macarela (morenillo, caballa), jurel y sardina, compuesta por los buques clases III y IV, y la flota que extrae recursos más costeros, como pinchagua (sardina ecuatoriana) y chuhueco, compuesta por los barcos de clases I y II. Desde el punto de vista normativo la flota cerquera únicamente puede operar a partir de la MN 8. Sin embargo, los armadores de barcos I y II suelen considerarse semi-industriales o artesanales y frecuentemente hacen uso del área exclusiva artesanal, generando conflictos con los pescadores oficialmente reconocidos como artesanales. Este grupo podría interactuar con las actividades de maricultura en la ZIA en determinadas épocas del año.

Es necesario indicar que existe también la captura de pesca blanca con red de cerco. Según FENAERCE-UPSE (2013) existen 141 embarcaciones menores con este arte de pesca distribuidas a lo largo de la costa ecuatoriana, el 89% de estas se encuentran en el rango menor a 35 TRN. También han estimado, considerando los armadores, tripulantes y toda la red de servicios asociada al comercio y transporte de la pesca de estos pequeños cerqueros, que las personas involucradas en la actividad en las provincias de Manabí y Santa Elena, totalizan 14704 beneficiarios, sin considerar las cargas familiares de cada uno de ellos.

2.6.3.2. El turismo

La actividad turística en la franja marino costera de Ecuador ha estado tradicionalmente dominada por el llamado turismo de sol y playa, realizado junto al filo costero. En la década de los 90s, las expediciones de observación de ballenas con fines científicos y de conservación, por parte de ONGs, se hizo más frecuente, lo que condujo a finales de la década a que esta actividad se convirtiera en un atractivo turístico, impulsando un incipiente turismo de naturaleza.

Otras actividades como el turismo deportivo, representado por el surf, buceo, pesca deportiva, etc., constituyen actividades muy costeras, o cercanas a islas, con casi nula interacción con maricultura oceánica.

El ecoturismo es relevante en el PN Machalilla, y actualmente en la REMACOPSE y la REMAPE, por visitas a la parte costera de la reserva y de buceo, respectivamente.

En este contexto, la única actividad turística ocurriendo en el área de estudio, es la observación de ballenas jorobadas, la cual se realiza durante el período estacional seco/frío.

Los puertos de zarpe para la observación de los cetáceos son principalmente Salinas y Puerto López, seguidos por Puerto Cayo, en la Zona IV, Pedernales y Jama, en la Zona II, y Súa, en la Zona I. Según Perrone *et al.* (2009) la oferta se comercializa principalmente en Puerto López, donde hay trece operadoras turísticas registradas. En el año 2001 se inicia la oferta desde Salinas, que tiene la ventaja del acceso directo desde Guayaquil, sin embargo, la excursión desde Puerto López tiene el valor agregado de la visita al PN Machalilla. En Esmeraldas la oferta se concentra en Súa, siendo manejada por un grupo de pescadores. Se considera como el producto de la zona marino costera mejor posicionado actualmente a escala internacional.

2.7. Conclusiones

- No todas las áreas marinas son apropiadas para el cultivo de peces. El análisis permitió establecer una delimitación para el área de estudio, excluyendo aquellas zonas marinas que presentan un factor de riesgo, por calidad ambiental, para la producción de peces en mar abierto. Mientras que se definió también la franja batimétrica más adecuada para la implementación de los proyectos.
- La interpretación de las masas de agua, y el alcance geográfico de la investigación, determinaron la necesidad de delimitar cinco grandes zonas marinas dentro del área de estudio, distribuidas de norte a sur.
- El marco normativo e institucional es complejo y exigente, involucrando varias competencias del Estado, entre las que se puede destacar: ambiente, pesca, acuicultura y transporte marítimo. La normativa ha sufrido un proceso evolutivo a partir del 2010, habiéndose aprobado tres Acuerdos Ministeriales sucesivos para

normar la actividad. Sin embargo, aún no hay concesiones en operación. La complejidad para la obtención de la concesión de área marina y permiso “licencia” ambiental pueden constituir factores que desmotiven la inversión en proyectos de maricultura de peces, particularmente de los gremios artesanales. Mientras que la reciente derogación de la imposibilidad de obtener concesiones dentro de las 8 MN de pesca artesanal expresada en la ley para los proyectos industriales podría constituir un factor de fomento para el sector comercial, al reducirse los altos costos de operación y problemas de seguridad.

- La variabilidad espacial norte a sur de las condiciones oceanográficas y meteorológicas son factores a considerar tanto en el diseño de los sistemas de granjas marinas como en el estudio de la tolerancia de las especies a esas condiciones ambientales. Mientras que su variabilidad temporal, se debe considerar en la evaluación de un potencial de riesgo para la producción.
- La calidad ambiental observada en el área de estudio a través de los datos disponibles muestra condiciones saludables tanto en agua como en sedimentos. Es necesario investigar más a fondo estas franjas intermedias entre las condiciones costeras y las oceánicas, tradicionalmente más monitoreadas.
- Existe una alta diversidad biológica manifestada en la existencia de ocho áreas protegidas marinas y estuarinas en el sector de influencia del área de estudio. Además la maricultura coexistiría con importantes caladeros de pesca de especies pelágicas pequeñas y pesca blanca, interactuando adicionalmente con la presencia de cetáceos y tortugas marinas.
- La principal pesquería con posible interacción con maricultura es la pesca blanca demersal que se realiza en la zona de la plataforma continental. En segundo lugar estaría la pesca de pelágicos pequeños contigua a las 8 MN exclusivas para pesca artesanal.
- La población del filo costero del área de estudio presenta altos porcentajes (sobre el 72 %) de necesidades básicas insatisfechas (NBI), reflejando un nivel de pobreza

alto. Los pescadores artesanales forman parte de este conglomerado, y su participación en procesos de maricultura podría constituir una alternativa para vencer la pobreza, en el marco actual de sobreexplotación de los recursos pesqueros. Los proyectos artesanales de maricultura de moluscos se podrían favorecer con la posibilidad de establecer concesiones en áreas de reserva marina.

2.8. Referencias Bibliográficas

ALCIVAR-WARREN, A. 2013. One Health: Food Security, Pops, Transgenic Salmon and Public Health (correo electrónico) Southborough, MA 01772 USA.

ALLAUCA, S; CARDÍN, V. 1987. Análisis de las olas en la costa central del Ecuador. Acta Oceanográfica del Pacífico 4(1): 1-33.

ALLAUCA, S; LUCERO, M. 1992. Estudio de la Circulación Costera frente al Puerto de La Libertad (Ecuador) utilizando flotadores. Acta Oceanográfica del Pacífico 7(1): 1-12. Instituto Oceanográfico de la Armada del Ecuador.

ALLAUCA, S. 1985. Estudio del oleaje en la zona de Valdivia. Escuela Superior Politécnica del Litoral. 191 pp.

ALLAUCA, S. 1990. Presencia de la Corriente Costanera Ecuatoriana. Acta Oceanográfica del Pacífico, INOCAR 6: 10-17.

ARELLANO, E. 1975. Estudio de corrientes en la desembocadura del río Esmeraldas. Escuela Superior Politécnica del Litoral. 95 pp.

ARREAGA, P. 2004. Análisis de riesgo por Tsunamis en la ciudad de Esmeraldas. Tesis de grado. Escuela Superior Politécnica del Litoral. 320 pp.

ARRIAGA, L; MARTÍNEZ, J. 2002. Plan de ordenamiento de la pesca y la acuicultura del Ecuador. Subsecretaría de Recursos Pesqueros, Acuerdo Ministerial 155 – Diciembre 27 de 2002. RO.14. Febrero 4 de 2003.

BAQUERO, A; PEÑA, M; MUÑOZ, J. 2010. Tortugas Marinas. Nadando en contra de la Extinción. Terra Incognita No. 67.

BARRIGA, R. 2012. Lista de peces de agua dulce e intermareales del Ecuador. Revista Politécnica 2012 30(3): 83-119

BENETTI, D; RIVERA, J; VELARDE, E; VELASCO, M. 2010b. Línea base biológica, física, química, oceanográfica, cálculo de fetch, correntometría con ADCP, pruebas de anclas, cálculo ingeniería de jaula y de fondeo para el proyecto de maricultura oceánica en diez sitios cercanos a puertos pesqueros artesanales en el Ecuador. Consultoría para la elaboración de estudios básicos y de factibilidad para la implementación de proyectos de maricultura en 10 áreas del mar costero ecuatoriano para la diversificación productiva del sector pesquero artesanal. Stratega BDS. Subsecretaría de Recursos Pesqueros. Manta.

BENNET, EB. 1966. Influence of the Azores High on the sea level pressure and wind and on precipitation in the Eastern Pacific Ocean. Bull. Inter AMER trop tuna Comm 12: 1-23 pp.

BERGMAN, A; JERROLD, JH; JOBLING, S; KIDD, KA; ZOELLERET, T. 2012. State of the Science of Endocrine Disrupting Chemicals – 2012. United Nations Environment Programme, the World Health Organization and Inter-Organization Programme for the Sound Management of Chemicals. 289 pp.

CARDIN, V; CORNEJO-RODRÍGUEZ, MP. 1990. Análisis de viento en la provincia de Manabí. Acta Oceanográfica del Pacífico 6(1): 19. Instituto Oceanográfico de la Armada del Ecuador.

CARDIN, V. 1989. Análisis espectral de la interacción viento-ondas en la provincia de Manabí. Escuela Superior Politécnica del Litoral. 138 pp.

CENTRO DE ESTUDIOS INTEGRALES DEL AMBIENTE - CEIDA-OE2. 2009. Boletín de Proyección Climática de la Provincia de la Santa Elena.

CENAIM 2009. Estación oceanográfica. Disponible en : www.cenaim.espol.edu.ec

CHAVARRÍA J. 2001. Estación Oceanográfica El Pelado. Proyecto IAI-CATHALAC. CENAIM – ESPOL. San Pedro de Manglaralto.

CHAVARRÍA, J. 2009. Estudio Oceanográfico en el Sector San Pedro – Playa Bruja. Informe de Consultoría de Chavarría & Asociados para DOCAPES S.A.

COMISIÓN PERMANENTE DEL PACÍFICO SUR – CPPS. 1991. Plan de acción para la conservación de los mamíferos marinos en el Pacífico Sudeste - PAMM/PSE. Secretaría Ejecutiva del Plan de Acción del Pacífico Sudeste. CPPS. 15 pp.CPP

DE LA CUADRA, T. 2009. Variabilidad estacional e interanual en estaciones a 10 millas de la costa en el período 2004-2008. Boletín Científico y Técnico 20 (5): 1-16.

DUBOIS, J. 2012. Reef fish community structure of El Pelado Islet marine area, Santa Elena, Ecuador: baseline for MPA establishment. Thesis of Master of Science in Marine Biodiversity and Conservation. CENAIM-ESPOL y UGent. San Pedro de Manglaralto. 31 p.

DUEÑAS, F. 1998. Estudio de la susceptibilidad de las postlarvas *Penaeus vannamei* a los pesticidas Tilt y Calixin. Tesis de grado Acuic. Guayaquil – Ecuador. Escuela Superior Politécnica del Litoral. 80 p.

ELÍAS, S; GUAMÁN, A. 2012. Desembarque de la pesca artesanal de pelágicos grandes en la costa ecuatoriana durante el 2011. Instituto Nacional de Pesca. Boletín Científico y Técnico XXII (2): 31 – 47.

FÉLIX, F.; HAASE, B. 2005. Distribution of humpback whales along the coast of Ecuador and management implications. *J. Cetacean Res. Manage.* 7(1): 21-31.

FEDERACIÓN NACIONAL DE ARMADORES DE EMBARCACIONES CON RED DE CERCO – UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA - FENAERCE-UPSE. 2013. Evaluación de la actividad de las embarcaciones artesanales con red de cerco en las provincias de Santa Elena, Esmeraldas, El Oro, Manabí y Guayas. Editores. M.H. Cornejo, D. Vera, C. Cabezas. D. Delgado.

GÁLVEZ, H; REGALADO, J. 2007. Características de las precipitaciones, la temperatura del aire y los vientos en la costa ecuatoriana. *Acta Oceanográfica del Pacífico* 14(1): 201205. Instituto Oceanográfico de la Armada del Ecuador.

GIERE, O. 2009. *Meiobenthology. The microscopic motile fauna of aquatic sediments.* Springer-Verlag. Berlin. 527 pp.

GONZÁLEZ, N. 2010. La pesquería de peces pelágicos pequeños en Ecuador durante 2009. Instituto Nacional de Pesca. Boletín Científico y Técnico Vol XX, No. 7: 1 – 14.

HERNÁNDEZ, F. 2006a. Análisis de la Variabilidad Climática de la Costa Ecuatoriana durante El período 1949-2004. Tesis de grado Lic. Oceanografía. Escuela Superior Politécnica del Litoral. 77 p.

HERNÁNDEZ, F. 2006b. Análisis de la Variabilidad Climática de la Costa Ecuatoriana. Instituto Oceanográfico de la Armada del Ecuador. *Acta Oceanográfica del Pacífico* 13(1): 16.

HERRERA, M; CASTRO, R; COELLO, D; SAA, I; ELÍAS, E. 2014. Puertos, caletas y asentamientos pesqueros artesanales del Ecuador. Instituto Nacional de Pesca. Boletín Especial, Año 4 No. 1, Tomo 1.

HURTADO, M; HURTADO-DOMÍNGUEZ, MA; HURTADO-DOMÍNGUEZ, L.M. SOTO, L; MERIZALDE, M.A. 2010. Áreas Costeras y Marinas Protegidas del Ecuador. Ministerio del Ambiente – Fundación Natura.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y CENSOS - INEC. 2010. Base de datos de Ecuador 2010 (en línea). Disponible en: <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/base-de-datos-2010/>

IPAC, 2009. Subflex presenta un sistema de jaulas sumergible con amarre único para acuicultura off shore. Revista de acuicultura No. 39. Año 4. p. 34. Disponible en www.ipacuicultura.com

JIMÉNEZ, R. 1996. Sistemas Biofísicos en el Golfo de Guayaquil 2da Parte. Biología, Ecología y Acuicultura. Comisión Asesora Ambiental de la Presidencia de la República.

MACÍAS, J; DEL CASTILLO, F; ÁLAMO, C. 2001. Zonas idóneas para el desarrollo de la acuicultura en el litoral Andaluz. Presentación powerpoint.

MARAMAR, 2011. Estudio básico de oceanografía para selección de sitios de prospección para maricultura oceánica de especies tropicales. Informe de consultoría de análisis de datos oceanográficos fuera de las 8 millas náuticas de la costa ecuatoriana, al norte de San Mateo – Manabí. MARAMAR. Guayaquil, pp. 62.

MASSOL, A. s.f. Manual de Ecología Microbiana. Departamento de Biología. Universidad de Puerto Rico. <http://www.uprm.edu/biology/profs/massol/manual/>

MINDIOLA, M; RECALDE, S. 2008. Análisis de metodologías para la evaluación ambiental de la construcción del Terminal marítimo en el sector de Monteverde, provincia de Santa Elena. Tesis de grado. Escuela Superior Politécnica del Litoral. 180 pp.

MINISTERIO DE AGRICULTURA GANADERÍA Y PESCA. 2015. Instructivo para el ordenamiento, control de concesiones y fomento de las actividades de maricultura en el Ecuador. Acuerdo Ministerial 023 emitido el 6 de febrero de 2015.

MINISTERIO DEL AMBIENTE DEL ECUADOR. 2013. Refórmase el Texto Unificado de Legislación Secundaria del Libro VI, Título I del Sistema Único de Manejo Ambiental (SUMA). Acuerdo Ministerial 068. Registro Oficial Edición Especial. Año I - N° 33

MINISTERIO DEL AMBIENTE DEL ECUADOR. 2014. Plan Nacional para la Conservación de las Tortugas Marinas. Guayaquil, Ecuador.

MOREANO, H. 1983. Interacción océanoatmósfera sobre la zona costera del Ecuador. Instituto Oceanográfico de la Armada del Ecuador. Acta Oceanográfica del Pacífico 2(1): 111.

OKUDA, T; VALENCIA, M; TREJOS, R. 1983. Nutrientes en las Aguas Superficiales y Subsuperficiales en el Área Frente al Ecuador. Acta Oceanográfica del Pacífico, INOCAR 2(1): 31-51.

PAREDES, R. 1984. Estudios de corrientes marinas en la zona Valdivia – San Pedro. Tesis de Grado en Oceanografía. ESPOL.

PERRONE, A; CAIJAO, D; BURGOS, M. 2009. Turismo de naturaleza en la zona marino costera del Ecuador continental. Conservación Internacional Ecuador. Ministerio del Ambiente del Ecuador. Ministerio de Turismo del Ecuador. Guayaquil, Ecuador.

PIEDRA, J. 1990. Proceso litorales en San Pedro-Valdivia. Tesis de grado. Escuela Superior Politécnica del Litoral. 83 pp.

RIOFRÍO, M; CHAVARRÍA, J. 2009. Caracterización termohalina de la estación oceanográfica El Pelado. Artículos de Tesis de Grado – FIMCBOR. Disponible en: <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/1564>

SANTOS, A. 2007. Caracterización y propuesta técnica de la acuicultura en el sector de Cojimíes, Provincia de Manabí. Tesis de Grado en Ingeniería en Acuicultura. ESPOL. 59pp.

SANZ-LÁZARO, C; MARÍN, A. 2011. Diversity Patterns of Benthic Macrofauna Caused by Marine Fish Farming. *Diversity* 2011, 3, 176-199.

SISTEMA DE INFORMACIÓN SOBRE BIODIVERSIDAD MARINA Y ÁREAS PROTEGIDAS DEL PACÍFICO SUDESTE – SIBIMAP. 2014 (en línea). Disponible en: <http://cpps.dyndns.info/sibimap/>

SILVA G, C; OLIVARÍ M, R; YANY G, G. 1999. Determinación de distritos de aptitud acuícola mediante la aplicación de sistemas de información geográfica. *Invest. Mar, Valparaíso*, 27: 93-99.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMACIÓN – SIN. 2014. capa *.shp PANE 2013.

SOLEDISPA, B; VILLACRÉS, J. 1989. Estudio sedimentológico y mineralógico de la plataforma continental ecuatoriana en el tramo comprendido entre Salinas y Ayampe. *Acta Oceanográfica del Pacífico* 5(1): 56-77. Instituto Oceanográfico de la Armada del Ecuador.

STEVENSON, MR. 1981. Variaciones estacionales en el Golfo de Guayaquil, un Estuario Tropical. *Bol. Cient. y Téc.* Vol. 4 No.1. Instituto Nacional de Pesca.

SUBSECRETARÍA DE RECURSOS PESQUEROS – SRP. 2010. Consultoría para la elaboración de estudios básicos y de factibilidad para la implementación de proyectos de maricultura en 10 áreas del mar costero ecuatoriano para la diversificación productiva del sector pesquero artesanal. Stratega BDS. Subsecretaría de Recursos Pesqueros. Manta.

VERA, L. 2000. Análisis de los procesos costeros en La Libertad. Tesis de grado. Escuela Superior Politécnica del Litoral. 135 pp.

VERA, L; LUCERO, M; MINDIOLA, M. 2009. Caracterización oceanográfica de la Costa Central Ecuatoriana entre la Punta del Morro y Jaramijó, Ecuador. Acta Oceanográfica del Pacífico 15(1): 7-17. Instituto Oceanográfico de la Armada del Ecuador.

VICEMINISTERIO DE ACUACULTURA Y PESCA – VAP. 2014. Disponible en: <http://www.viceministerioap.gob.ec/wp-content/uploads/2014/06/puerto-pesquero-de-anconcito-.pdf>

VILLAMAR, F. 2013. Estudio de los poliquetos en la zona intermareal y submareal de la bahía de Manta (Ecuador), y su relación con algunos factores ambientales, durante marzo y agosto del 2011. Acta Oceanográfica del Pacífico vol. 18 N° 1: 117 – 130.

VILLEGAS, T; NAVARRETE, R; ARRIAGA, L; COELLO, S. 2005. Evaluación de factibilidad de una red de áreas coseras y marinas protegidas en Ecuador. Informe de Consultoría para el Banco Interamericano de Desarrollo y Ministerio del Ambiente: 143 pp.

CAPÍTULO III

EVALUACIÓN DE LA ADAPTABILIDAD DE LAS ESPECIES PARGO (*Lutjanus guttatus*) Y HUAYAIPE (*Seriola rivoliana*) A LAS CONDICIONES AMBIENTALES DEL MAR ECUATORIANO CON FINES DE MARICULTURA OCEÁNICA

Aceptado para publicación en:

Acta Oceanográfica del Pacífico

Volumen 20, No.1, año 2015

Edición del Instituto Oceanográfico de la Armada

Indexada en Latindex-Catálogo y Latindex-Directorio

Índice de revistas Latinoamericanas en Ciencias

CAPÍTULO III

EVALUACIÓN DE LA ADAPTABILIDAD DE LAS ESPECIES PARGO (*Lutjanus guttatus*) Y HUAYAIPE (*Seriola rivoliana*) A LAS CONDICIONES AMBIENTALES DEL MAR ECUATORIANO CON FINES DE MARICULTURA OCEÁNICA

3.1. Resumen

Las especies locales pargo, *Lutjanus guttatus*, y huayaípe, *Seriola rivoliana* son actualmente las únicas permitidas para la maricultura de peces en Ecuador. Este trabajo presenta una evaluación de las condiciones oceanográficas del mar ecuatoriano para la implantación de jaulas para el cultivo de tales especies, la que se realizó mediante la aplicación de un índice de adaptabilidad (IA) construido *ad hoc*, para lo cual se estableció una escala de respuesta fisiológica de las dos especies a las condiciones ambientales, la que fue contrastada con atributos oceanográficos representando la estructura térmica: climatológica, de alta y de baja frecuencia, a escalas espaciales superficiales y verticales. El IA también consideró un parámetro fundamental en los cultivos acuícolas, como es la concentración de oxígeno disuelto, el cual fue analizado en dos escalas espaciales. Finalmente, el IA estableció las mejores zonas del mar ecuatoriano para el cultivo de las dos especies en estudio, a dos profundidades de jaulas, 10 y 20 m respectivamente.

Palabras Claves: *Seriola rivoliana*, *Lutjanus guttatus*, maricultura, temperatura, oxígeno

3.2. Introducción

La expansión de la maricultura en Latinoamérica es irreversible, pues la demanda y producción van a seguir creciendo. En años recientes Colombia, Panamá, Chile, Costa Rica, Belice, Brasil, Martinica, Puerto Rico, República Dominicana, México, Bahamas, etc., se encuentran desarrollando programas de maricultura en sistemas confinados flotantes (Benetti *et al.*, 2010a). Ecuador, por su ubicación geográfica y experiencia acuícola, presenta un alto potencial para esta actividad, resultando paradójico que habiendo sido de los primeros países del área en experimentar con el cultivo de peces en jaulas flotantes, como reportan Blacio *et al.* (2003) en referencia a experiencias conducidos por Benetti hace 19 años, ahora no cuente con esa tecnología.

Un aspecto básico para el éxito de proyectos acuícolas es la selección de especies, para lo cual Coll (1991, en Sinche *et al.*, 2009) indica que existen tres aspectos a considerar: utilización de especies nativas, interés económico-comercial y nivel tecnológico. En este contexto, la actualización a abril de 2014 de la lista de especies marinas aptas para la maricultura⁸, emitida por el Instituto Nacional de Pesca (INP), ha aprobado únicamente dos especies locales, pargo (*Lutjanus guttatus*) y huayaipe (*Seriola rivoliana*) para su cultivo en el mar.

En el aspecto económico estas especies presentan un alto potencial para el cultivo comercial en jaulas dirigido tanto a la exportación como al consumo local; así, Blacio *et al.* (2003) resaltan al huayaipe como un candidato, en respuesta al precio atractivo que obtienen los peces del género *Seriola* en el mercado internacional. Por su parte, en referencia a *Lutjanus guttatus*, Gutiérrez y Durán (1999, en Herrera-Ulloa *et al.*, 2009), destacan su importancia comercial, demostrando que su cultivo era económicamente factible, generando empleo y riqueza sostenibles.

⁸ Lista contenida en el Memorando Nro. MAGAP-INP-2014-1867-M. Requerimiento establecido por el Acuerdo Ministerial 458: "Instructivo para el ordenamiento y control de concesiones para las actividades de maricultura en el Ecuador".

Desde el punto de vista tecnológico, a criterio de Martínez (2003), el conocimiento del ciclo reproductivo de la especie es esencial en el desarrollo de una tecnología de cultivo exitosa, constituyendo la base para su desarrollo en cautiverio, pues permite el abastecimiento de alevines para el cultivo y en consecuencia la sostenibilidad de los proyectos. En el mismo sentido, Blacio (2002) indicó que huayaipe y pargo son especies propicias para el cultivo en jaulas en el océano. De ellas, huayaipe es una especie ya adaptada al cautiverio en Ecuador, persistiendo dificultades en la fase de larvicultura, a lo que debe agregarse el problema de canibalismo en la fase juvenil; problemas que deben superarse experimentalmente con el objeto de incrementar la producción en esas etapas. En todo caso, Benetti *et al.* (2010b) reportan que el sector privado logró cerrar el ciclo de cultivo de la especie en Ecuador mediante la tecnología de inducción hormonal, destacando que la reproducción durante todo el año es de gran importancia para evitar restricciones estacionales al ciclo productivo. Sin embargo, señalaron que el desarrollo tecnológico de la producción de semilla de pargo *L. guttatus* aún se encuentra en factibilidad tecnológica.

Las especies a ser cultivadas en maricultura oceánica requieren que los sitios donde se ubicarán las jaulas flotantes presenten condiciones ambientales favorables a sus requerimientos fisiológicos, principalmente térmicos y de circulación, que conserven, por un lado, una temperatura adecuada para el crecimiento óptimo de los organismos y, por otro, la disponibilidad de oxígeno, que garantice los altos rendimientos asociados a estas prácticas acuícolas.

El objetivo principal de este trabajo es determinar, en base a un proceso comparativo - evaluativo, las áreas más apropiadas del mar ecuatoriano, para la implantación óptima de jaulas para las dos especies objeto de estudio.

3.2.1. Aspectos biológicos de las especies

Taxonomía

El pargo (*Lutjanus guttatus* Steindachner, 1869) y huayaípe (*Seriola rivoliana* Valenciennes, 1833) pertenecen a las familias Lutjanidae y Carangidae respectivamente (orden Perciformes). La primera, Lutjanidae compuesta por pargos y huachinangos, comprende 17 géneros y 103 especies (Allen, 1985), encontrándose distribuidos en zonas tropicales y subtropicales de los océanos del mundo (Allen, 1985; Rodríguez *et al.*, 1994). Jiménez y Béarez (2004) han reportado la presencia de 7 especies de pargo pertenecientes al género *Lutjanus* para Ecuador mencionando a *L. novemfasciatus*, Gill, 1862; *L. aratus*, Gunter, 1864; *L. argentiventris*, Peters, 1869; *L. guttatus*, Steindachner, 1869; *L. inermis*, Peters, 1869; *L. colorado*, Jordan & Gilbert, 1882; y *L. peru*, Nichols & Murphy, 1922. Cabe indicar que *L. guttatus* constituye un recurso de importancia comercial, ecológica, y con potencial para el cultivo en países como México (Arellano-Martínez *et al.*, 2001), El Salvador (Rojas *et al.*, 2004), Costa Rica (Soto *et al.*, 2008), Guatemala (Andrade, 2003) y Ecuador (Benetti, 2010b; Wholesale fish, 2007). Esta especie presenta un cuerpo relativamente alto y moderadamente comprimido, perfil anterior de la cabeza empinada, con el hocico pronunciado (Saucedo, 2000; Jiménez y Béarez, 2004). La coloración del cuerpo con predominio rosado rojizo con reflejos plateados e hileras de manchas azuladas; una gran mancha oscura en el dorso a nivel del límite de la región espinosa y los radios blandos de la aleta dorsal; aletas a veces rojizas, excepto la anal y las pélvicas que son doradas o amarillentas (Fischer *et al.*, 1995; Saucedo, 2000; y Jiménez y Béarez, 2004).

Por su parte, *Carangidae* representa una de las familias de peces de mayor importancia comercial, tanto para el consumo en fresco como para su transformación (Espinoza y Escala, 2007). Blacio y Álvarez (2002) reportaron para Ecuador *S. lalandi*, Valenciennes, 1833; *S. rivoliana*, Valenciennes, 1833 y *Seriola peruana*: Steindachner, 1881, siendo *S. rivoliana*, conocida vernacularmente como huayaípe, una de las especies actualmente permitidas para cultivo en mar ecuatoriano. Este es considerado un pez no muy longevo pudiendo llegar hasta los siete años (Ikenoue y Kafutu, 1992 en Espinoza y Escala, 2007). De cuerpo alargado, robusto, fusiforme y algo comprimido, lateralmente protegido por

pequeñas escamas, remarcándose a lo largo de la línea lateral, de cabeza fuerte con un perfil dorsal curvado, boca grande con dientes pequeños y hocico redondeado, color de cuerpo aceitunado a verde azulado en el dorso, con flancos más claros, y vientre blanquecino plateado (Sinche *et al.*, 2005). La línea lateral forma una quilla dérmica sobre el pedúnculo caudal, la franja lateral oscura se extiende hacia atrás y hacia arriba a partir del ojo (Espinoza y Escala, 2007).

Distribución geográfica

L. guttatus se encuentra distribuido en el Océano Pacífico Oriental desde Golfo de California, México, hasta el norte de Perú (Allen, 1985; Arellano-Martínez *et al.*, 2001; Rojas *et al.*, 2004 y Boza-Abarca, 2008), mientras que Sarabia-Méndez *et al.* (2010) reportan su distribución únicamente hasta Ecuador. Es una especie demersal (Herrera-Ulloa *et al.*, 2009) que se localiza a profundidades de 4.6 a 12 metros llegando a encontrarse hasta los 30 m de profundidad (Arellano-Martínez *et al.*, 2001; Blacio, 2005; Sarabia-Méndez *et al.*, 2010) e incluso hasta los 50 m (Jiménez y Béarez, 2004).

S. rivoliiana es un pez marino cosmopolita cuyo rango geográfico en el Pacífico oriental se extiende desde el norte de Perú hasta México, con un comportamiento bentopelágico en la etapa adulta, ocupando aguas abiertas, y en Ecuador lugares de la costa con formaciones rocosas, incluyendo las islas Galápagos (Froese y Pauly, 2014). Suelen habitar fuera de la pendiente de los arrecifes, pero en ocasiones invaden las zonas de rompientes y estuarinas persiguiendo a sus presas (Korringa, 1976).

Reproducción

Benetti *et al.* (2010a) reportan que *L. guttatus* se reproducen durante todo el año. Se caracterizan por ser dioicos, es decir, sexos separados, ovíparos de fecundación externa, pueden presentar o no dimorfismo sexual en los patrones de estructura y color. Arellano-Martínez (2001), determinó que *L. guttatus* presenta un desarrollo asincrónico de las gónadas y es un desovador parcial.

Por otro lado, Sinche *et al.* (2005) indican que existe información para *Seriola rivoliana*, así como para otros peces filogenéticamente relacionados como *S. quinqueradiata*, *S. dumerili* y *S. lalandi*, mostrando una forma de reproducción similar a la indicada para *Lutjanus*. Por ejemplo, a decir de Korringa (1976) las hembras de *S. quinqueradiata* alcanzan su madurez sexual al tercer año de edad y 7 kg de peso, pudiendo tener en sus gónadas hasta un millón de huevos, mientras que otras especies del género *Seriola* alcanzan su madurez entre los 2 a 4 años de edad, presentando dimorfismo sexual, manifestado como distintas longitudes entre machos y hembras donde los machos alcanzan alrededor los 0.5 m de longitud, mientras que la hembras entre 1.0 hasta 1.5 m.

Alimentación

Los peces del género *Lutjanus* poseen una alimentación carnívora, son omnívoros de hábitos nocturnos y oportunistas, alimentándose principalmente de peces e invertebrados (Soto *et al.*, 2009). La talla máxima puede alcanzar los 80 cm (Fischer *et al.*, 2005 y Boza-Abarca, 2008). La coloración de la carne es blanca a rosada sin espinas, se adapta con facilidad a condiciones de cautiverio y al alimento artificial granulado; características que aumentan su potencial para cultivo (Olivares, 1999). *L. guttatus* se puede mantener en jaulas sin presentar comportamiento agresivo (Blacio, 2002).

Los peces del género *Seriola* son oportunistas, con una dieta que varía en función de su tamaño (Mazzola *et al.*, 2000 en Espinoza y Escala, 2007). *S. rivoliana* es una especie carnívora que se alimenta de pequeños peces, moluscos, crustáceos y otros invertebrados (Blacio *et al.* 2003; Sinche *et al.*, 2005). En etapa de cultivo son alimentados con una dieta fresca variada, consistente en pequeños túnidos, clupeidos, calamar y adición de vitaminas específicas (Blacio, 2002), también se utilizan pellets húmedos y pellets secos (Ikenoue y Kafuku, 1992 en Espinoza y Escala, 2007).

3.2.2. Área de estudio

El área de estudio o unidad espacial de análisis fue definida en el *Estudio Línea Base Ambiental para la Maricultura Oceánica de Pargo (*Lutjanus guttatus*) y Huayaipe*

(*Seriola rivoliana*) en Ecuador, en base a criterios batimétricos y de calidad ambiental; estableciéndose además, en base a criterios oceanográficos, cinco grandes áreas a evaluar (Línea Base Ambiental: Figura 2.2 y Cuadro 2.1).

3.3. Materiales y Métodos

El estudio se dividió en dos componentes, el primero realizado sobre los aspectos fisiológicos de las especies, el cual se basó en información secundaria; mientras que, el segundo trata de los parámetros ambientales principales asociados al desarrollo de las especies en confinamiento, el cual se basó en información primaria y complementariamente en información secundaria.

En el primer componente, se realizó una investigación bibliográfica (Main y Rosenfeld, 1994; Benetti, 1997; Rojas, 2001; Blacio *et al.*, 2003; Claro y Lindeman, 2004; Sinche *et al.*, 2005; Espinoza y Escala, 2007; Castillo *et al.*, 2007; Vargas-Machuca *et al.*, 2008 y Garduño-Dionate, 2010) sobre las condiciones térmicas y de concentración de oxígeno apropiadas para distintos procesos fisiológicos de *Lutjanus guttatus* y *Seriola rivoliana*, de ahora en adelante pargo y huayaipe, respectivamente, o especies afines del mismo orden. Primeramente se prestó atención a la distribución espacial de las especies, permitiendo caracterizar las masas de agua en las que ellas se desarrollan; en segundo lugar se consideró las experiencias en cautiverio con las referidas especies en Ecuador; y finalmente, los reportes de otros países con características oceanográficas similares. Con esta información se generaron Cuadros con respuestas fisiológicas a las condiciones ambientales, con una escala de valoración de 1 a 5, donde el nivel 5 representó las condiciones óptimas; el nivel 3, condiciones de estrés; y el nivel 1, condiciones desfavorables (letales). Mientras que los valores 2 (sin alimentación y nado errático) y 4 (condiciones normales) representaron condiciones intermedias entre los respectivos niveles.

Los parámetros ambientales se analizaron en dos contextos espaciales: superficial y estructura vertical. La temperatura del mar se analizó en tres escalas temporales: climatológica, baja frecuencia (orden de años) y alta frecuencia (orden de meses y

semanas). Con este fin se generaron series de tiempo con información semanal de TSM (temperatura superficial del mar) obtenida de 765 cartas (período mayo 2000 a julio 2014) emitidas por el Instituto del Mar del Perú (IMARPE) conforme fuera expresado en Chavarría (2014). La TSM es calculada por IMARPE a través del algoritmo Split Night Multi-Channel Sea Surface Temperature usando la información obtenida por el sensor Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR) de satélites NOAA.

La información de la estructura térmica vertical se obtuvo de la Estación Oceanográfica (semanal) El Pelado (80°46'55" W, 01°55'53" S) del CENAIM- Centro Nacional de Acuicultura e Investigaciones Marinas, correspondiente al período 1992-2009, y disponible en su sitio de internet. Esta base de datos se complementó con información secundaria de estaciones fijas mar afuera operadas por el INOCAR-Instituto Oceanográfico de la Armada (Zambrano, 1998; Carrillo, 2012; y Carrillo y Zambrano, 2012 e INP-Instituto Nacional de Pesca (De la Cuadra, 2009). Un criterio importante al analizar la estructura vertical, fue la recurrencia de eventos (eventos/año) de ascenso/hundimiento (upwelling/downwelling) de la termoclina hacia la superficie/subsuperficie, pues estos pueden generar impactos sobre las especies al someterlas a aguas más frías/calientes que lo habitual, pudiendo afectar incluso el aporte de oxígeno. Los eventos fueron caracterizados como aquellos capaces de producir estrés sobre los organismos (temperaturas inferiores a nivel 4) asignándose a cada zona un valor descendente de 5 a 1, indicando una menor a mayor recurrencia de exposición a estrés.

Los datos de oxígeno se obtuvieron de la base de datos publicada por la Subsecretaría de Recursos Pesqueros (Benetti *et al.* 2010c) correspondientes a los estudios básicos para instalar proyectos de maricultura oceánica en diez sitios cercanos a puertos pesqueros artesanales en el Ecuador.

Otro factor considerado fue la estimación de la profundidad (d) de las jaulas, proyectada bajo criterios batimétricos por Chavarría (2014) en 10 y 20 m, en referencia a las isóbatas de 20 y 40 m, respectivamente. El criterio utilizado es una consideración ambiental que expresa que, la profundidad del sitio debe ser, por lo menos, el doble de la profundidad de las jaulas. En consecuencia, los datos se trabajaron para los dos rangos de profundidad.

Finalmente, se evaluaron las condiciones ambientales respecto a las requeridas por las especies (niveles de respuesta fisiológica), mediante la asignación de un puntaje por atributos, y por profundidad de las jaulas, con lo cual se obtuvo un índice ponderado valorado sobre 5, donde las áreas con mayores puntajes expresan mejores condiciones para el cultivo en los sistemas confinados. Las fracciones de ponderación se obtuvieron mediante un ejercicio con pares académicos (Anexo 2), donde se otorgó una mayor importancia a la climatología y una menor importancia a los eventos de baja frecuencia. El índice utilizado se presenta a continuación:

$$I = 0.3a_1 + 0.2a_2 + 0.1a_3 + 0.1a_4 + 0.3a_5 \quad (3.1)$$

Donde los atributos corresponden a:

a_1 = climatología de TSM.

a_2 = estructura térmica vertical a d .

a_3 = indicador upwelling

a_4 = indicador de downwelling

a_5 = concentración de O_2 a d .

3.4. Resultados

3.4.1. Aspectos fisiológicos

Las respuestas fisiológicas, expresadas en niveles, a distintas condiciones de temperatura y concentración de O_2 para huayaipe y pargo, respectivamente, expresan diferentes valores para las dos especies (Cuadros 3.1 y 3.2). La revisión de la información secundaria ha expresado que aun cuando las dos especies son nativas en el mar ecuatoriano, huayaipe se adaptaría mejor a condiciones propias de las masas de agua locales ASTS (Aguas Subtropicales Superficiales) seguidas de ATS (Aguas Tropicales Superficiales), con una buena provisión de oxígeno (superior a 5.8 mg/l). Mientras que pargo estaría más adaptada a ATS seguida de ASTS, soportando mejor las condiciones de reducción de oxígeno.

Cuadro 3.1. Niveles de escala de respuesta fisiológica para huayaibe en relación a variaciones de temperatura y concentración de O₂.

Nivel	Huayaibe	
	Temperatura [°C]	O ₂ [mg/l]
5	18-24	>7.2
4	16-17; 25-27	5.8-7.2
3	14-15; 28-29	3.0-5.7
2	11-13; 30	1.4-2.9
1	<11 ; >30	<1.4

Elaboración: Chavarría y Tomalá, 2014
Fuente de datos: Main y Rosenfeld, 1994; Benetti, 1997; Blacio *et al.*, 2003; Sinche *et al.*, 2005; y Espinoza y Escala, 2007

Cuadro 3.2. Niveles de escala de respuesta fisiológica para pargo en relación a variaciones de temperatura y concentración de O₂

Nivel	Pargo	
	Temperatura [°C]	O ₂ [mg/l]
5	25-29	> 4
4	22-24 ; 30-32	2-4
3	18-21	< 2
2	15-17	
1	11-14	

Elaboración: Chavarría y Tomalá, 2014
Fuente de datos: Rojas, 2001; Castillo *et al.*, 2007; Claro y Lindeman, 2004; Vargas-Machuca *et al.*, 2008; y Garduño-Dionate, 2010

3.4.2. Aspectos ambientales

Las condiciones ambientales para las zonas delimitadas del área de estudio, son resumidas en los Cuadros 3.3 a 3.7 indicando, en su orden respectivo: la variación climatológica de temperatura; las condiciones promedio de la estructura térmica vertical para las dos profundidades (*d*) de las jaulas; la recurrencia de los procesos de ascenso y descenso de la termoclina capaz de ocasionar estrés en los cultivos; y, la concentración de O₂ en la columna de agua. Los Cuadros contienen también los atributos de cada parámetro ambiental, que permitieron obtener el IA, conforme fuera definido en la metodología.

En el Cuadro 3.3 se destaca que climatológicamente la temperatura superficial del mar en las aguas costeras ecuatorianas, fluctúan entre 27.1° y 21.0° C, de norte a sur,

respectivamente. Mientras que en condiciones promedio de la columna de agua (Cuadro 3.4) de 10 y 20 m, las temperaturas absolutas pueden variar entre 28.4-18.3 °C y 28.4-16.9 °C, respectivamente.

Cuadro 3.3. Promedio y máximos y mínimos climatológicos de temperatura del agua para las 5 zonas de estudio

Zona	Temperatura [°C]			Atributo a ₁	
	Prom	Máx	Min	Huay.	Pargo
I	26.4	27.1	25.9	4	5
II	25.5	26.6	24.6	4	5
III	24.8	26.3	23.5	4	4
IV	23.5	25.9	21.4	5	3
V	23.3	25.9	21.0	5	3

Cuadro 3.4. Temperatura promedio, máxima y mínima, de la columna de agua de 10 y 20 m de profundidad para las 5 zonas de estudio.

Zona	<i>d</i> [m]	Temperatura [°C]			Atributo a ₂	
		Prom.	Máx.	Min.	Huayaípe	Pargo
I	10	26.5	28.4	21.0	4	4
	20	26.0	28.4	17.6	4	4
II	10	26.3	27.5	21.7	4	4
	20	26.0	27.5	18.8	4	4
III	10	25.0	27.4	19.8	4	4
	20	24.6	27.4	17.4	4	3
IV	10	24.0	27.3	19.7	5	4
	20	23.2	27.3	17.2	4	3
V	10	22.2	26.3	18.3	5	4
	20	21.3	26.3	16.9	4	2

Los Cuadros 3.5 y 3.6 presentan los efectos de los eventos de afloramiento (*upwelling*) y hundimiento (*downwelling*) caracterizados como ascensos o descensos de las isotermas capaces de producir estrés sobre las dos especies en estudio. Eventos que son más recurrentes durante los períodos extremos de ENSO (El Niño-Oscilación del Sur), identificados como La Niña (frío) y El Niño (cálido).

Cuadro 3.5. Recurrencia de eventos/año de ascenso (*afloramiento*) de isothermas con temperaturas bajo el nivel fisiológico 4 (estrés), que alcanzan la columna de agua de 10 y 20 m de profundidad

Zona	<i>d</i> [m]	Afectación (eventos/año) y atributo <i>a</i> ₃			
		Huayaípe		Pargo	
		A*	<i>a</i> ₃	A	<i>a</i> ₃
I	10	0	5	0	5
	20	0	5	3.0	4
II	10	0	5	0	5
	20	0	5	2.0	5
III	10	0	5	2.2	4
	20	0.05	4	5.7	3
IV	10	0.05	4	4.2	3
	20	0.68	3	9.2	1
V	10	0	5	4.2	3
	20	0.05	4	9.0	2

*A: Afloramiento (*upwelling*)

Cuadro 3.6. Recurrencia de eventos/año de descenso (hundimiento) de isothermas con temperaturas bajo el nivel fisiológico 4 (estrés), que alcanzan la columna de agua de 10 y 20 m de profundidad.

Zona	<i>d</i> [m]	Afectación (eventos/año) y atributo <i>a</i> ₄			
		Huayaípe		Pargo	
		H*	<i>a</i> ₄	H	<i>a</i> ₄
I	10	5.57	1	0	5
	20	2.36	1	0	5
II	10	3.14	3	0	5
	20	1.5	3	0	5
III	10	1.91	5	0	5
	20	1.0	4	0	5
IV	10	3.59	2	0	5
	20	1.64	2	0	5
V	10	1.96	4	0	5
	20	0.78	5	0	5

*H: Hundimiento (*downwelling*)

Se observa que los eventos fríos afectarían principalmente al pargo en todas las zonas del área de estudio, particularmente en las jaulas de 20 m de profundidad, mientras que esta especie no sería afectada por casos de descenso de la termoclina. Por el contrario, huayaípe

sería afectado por los eventos cálidos, principalmente en las jaulas de 10 m y escasamente por los eventos fríos, en las jaulas de 20 m.

Con respecto al contenido de O₂, este fluctúa entre 6.7-5.2 mg/l y 6.7-4.7 mg/l para las columnas de agua de 10 y 20 m, respectivamente (Cuadro 3.7).

Cuadro 3.7. Concentración de O ₂ promedio, máxima y mínima, de la columna de agua de 10 y 20 m de profundidad para las 5 zonas de estudio.						
Zona	<i>d</i> [m]	O ₂ [mg/l]			Atributo a ₅	
		Prom.	Máx.	Min.	Huayaibe	Pargo
I	10	5.1	5.2	5.0	3	5
	20	5.0	5.2	4.8	3	5
II	10	5.6	5.6	5.6	3	5
	20	5.3	5.6	5.5	3	5
III	10	5.9	5.9	5.8	4	5
	20	5.8	5.9	5.4	4	5
IV	10	6.6	6.7	6.2	4	5
	20	6.2	6.7	4.7	4	5
V	10	6.1	6.5	5.6	4	5
	20	5.6	6.5	4.7	3	5

3.4.3. Índice de adaptabilidad IA

Las Figuras 3.1 y 3.2 presentan los índices para huayaibe y pargo, respectivamente, conforme fueran calculados con la fórmula (3.1).

El IA expresa una evaluación de la calidad de cada zona del área de estudio a las dos profundidades propuestas para la implantación de las jaulas para las referidas especies.

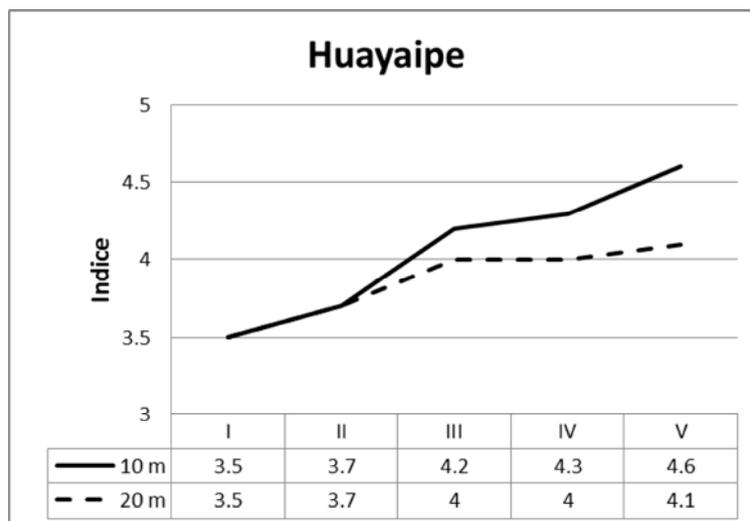


Figura 3.1. Índice de adaptabilidad de huayaipe a las distintas zonas del mar ecuatoriano para maricultura oceánica a dos profundidades de las jaulas.

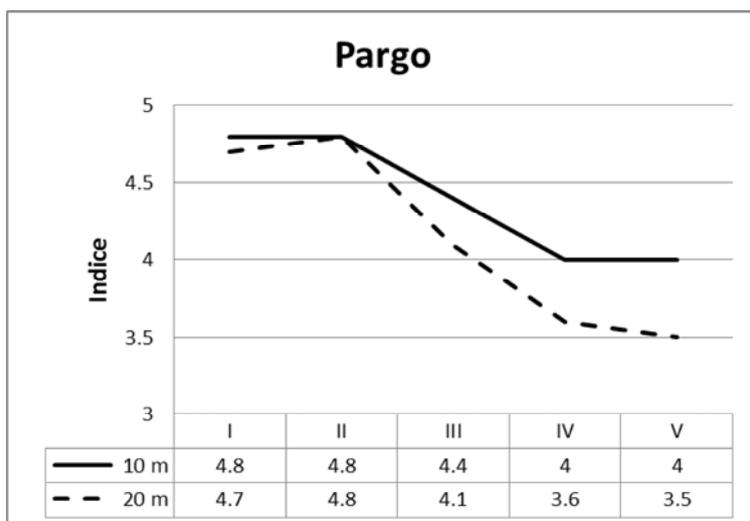


Figura 3.2. Índice de adaptabilidad de pargo a las distintas zonas del mar ecuatoriano para maricultura oceánica a dos profundidades de las jaulas.

3.5. Discusión

Un trabajo reciente sobre las pesquerías artesanales ecuatorianas realizado por Herrera *et al.* (2013) expresa que, de las 219 caletas pesqueras identificadas a lo largo de las provincias costeras, el 80% presenta algún arte dirigido a la extracción de pargo, mientras

que el 18% lo tiene para huayaípe. Se debe destacar que, a diferencia de la captura de pargo, huayaípe únicamente se obtiene en las provincias con mayor influencia marina, particularmente en las provincias de Esmeraldas y Manabí y en menor medida Santa Elena y Guayas.

Analizando las artes de pesca utilizadas y la biología de las especies de interés, pargo es una especie más costera que huayaípe, desarrollándose principalmente en aguas de relativa baja profundidad, lo que constituye un indicio que permite estimar su posición vertical, en estado silvestre, principalmente sobre la termoclina. Como se indicó anteriormente Jiménez y Béarez (2004) reportaron 7 especies de pargo pertenecientes al género *Lutjanus* en Ecuador, lo que justifica su omnipresencia a lo largo de sus costas.

En este contexto, se mantiene la hipótesis de la preferencia de pargo por las ATS lo cual se confirmaría por los resultados de este trabajo, donde se aprecia que las mejores áreas para el cultivo de pargo en ambientes confinados (Figura 3.2), serían las zonas del norte (I y II), con predominio de esta masa de agua, no habiendo diferencias entre el cultivo en jaulas de 10 o 20 m de profundidad. Mientras que, conforme nos dirigimos hacia el sur, la idoneidad de las áreas disminuye (zonas IV y V), particularmente para las jaulas de 20 m o más de profundidad, donde se observaría un mayor impacto de los eventos de ascenso de la termoclina manifestados como estrés de los organismos.

En períodos excepcionales, los eventos de *upwelling* se magnifican afectando aguas cercanas a la superficie con temperaturas alrededor de los 16°C o menos, constituyéndose en un factor de riesgo para el cultivo de esta especie e incluso para el cultivo de huayaípe.

En el otro extremo, los eventos de altas temperaturas con descenso de la termoclina (*downwelling*), no afectarían los cultivos de *L. guttatus* en ninguna de las profundidades propuestas para las jaulas, por lo que eventos como El Niño no constituirían un factor de riesgo para los mismos. Cabe indicar que la literatura menciona casos de cultivo de pargo en jaulas en México (Castillo *et al.*, 2007; Vargas-Machuca *et al.*, 2008; Garduño-Dionate *et al.*, 2010;) y Costa Rica (Herrera-Ulloa *et al.*, 2009) desarrollándose normalmente en

temperaturas entre 27 y 32°C, lo que confirma su vocación por las aguas netamente tropicales.

Analizando el trabajo de Herrera *et al.* (2013) el arte de pesca dirigido a la captura de huayaípe, es principalmente la línea de mano de fondo, es decir que constituye un recurso que se encuentra generalmente a una mayor profundidad que el pargo. Por su parte, Espinoza y Escala (2007) reportan que huayaípe se encuentra comúnmente en aguas con temperaturas entre 18 y 24 °C, a profundidades cercanas a los 50 m. Lo anteriormente descrito, expresa que el recurso habita en estado silvestre principalmente en aguas del límite inferior de la termoclina o bajo ella, es decir en profundidades con predominancia de las ASTS o AESS. En este mismo contexto, Espinoza y Escala, 2007 indicaron que huayaípe es un pez pelágico, demersal y epibentónico marino. En consecuencia, la acuicultura marina de esta especie debe adaptar a la superficie un recurso que preferentemente habita cerca al sustrato marino. En tal sentido los resultados obtenidos son coherentes con el análisis, pues muestran que las mejores áreas, desde el punto de vista biológico, para el cultivo de huayaípe, serían las del sur, es decir las zonas IV y V, seguidas por la zona III, presentando mejores condiciones las aguas hasta una profundidad de 10 m, comparativamente con la columna de agua de 20 m o más, en consideración a la mayor recurrencia de eventos de *upwelling* en esta área.

Cabe indicar que aun cuando la pesquería de huayaípe expresa un mayor esfuerzo sobre el recurso en las aguas cálidas del norte (Zonas I y II), éste no ocuparía preferentemente las aguas superficiales ATS, las cuales serían de utilidad con fines reproductivos y de crecimiento larval, pues se ha indicado (Blacio *et al.*, 2005) en base a experiencias en laboratorios en Ecuador, que la eclosión de huevos ocurre a una temperatura de 27.4°C y que la larvicultura se realiza a una temperatura controlada de 26.5 °C, es decir en condiciones típicas de las ATS.

Por otra parte, considerando la preferencia de huayaípe por las aguas ASTS, esta especie sería más susceptible a la presencia de las aguas extremadamente cálidas asociadas a los eventos El Niño o al arribo ocasional de ondas Kelvin, produciéndose estrés a partir de los 28-29°C y letalidad a partir de los 31°C. Esto afectaría principalmente a las zonas I y II, donde no habría distinción entre jaulas de 10 o 20 m de profundidad, pues el paso de ondas

Kelvin genera una columna superficial cálida relativamente homogénea, superando generalmente esa profundidad.

3.6. Conclusiones

- El estudio permitió determinar, con un enfoque fisiológico, las áreas más apropiadas para la adaptación de las especies pargo (*Lutjanus guttatus*) y huayaípe (*Seriola rivoliana*).
- Los IA indicaron que las mejores áreas para el cultivo de huayaípe son las zonas del sur del Ecuador, caracterizadas como zona III (Manta), Zona IV (Santa Elena) y Zona V (Chanduy), presentando mejores condiciones para la implantación de jaulas de 10 m de profundidad.
- Mientras que, el cultivo de pargo se proyectaría mejor en las zonas del norte del Ecuador, caracterizadas como zona I (Esmeraldas) y zona II (Pedernales), seguidas de Zona III (Manta). En estas zonas no habría diferencia entre las jaulas de 10 o 20 m de profundidad.
- La zona III (Manta), que presenta condiciones térmicas intermedias, se muestra propicia para los dos tipos de cultivo, siendo relativamente mejor la proyección de jaulas de 10 m de profundidad.

3.7. Referencias Bibliográficas

ALLEN, GR. 1985. FAO especies catalogue. Snappers of the world. An annotated and illustrated catalogue of lutjanid species known to date. FAO Fisheries Synopsis 125(6): 208.

ANDRADE, H. 2003. Age determination in the snapper *Lutjanus guttatus* (Pisces, Lutjanidae) and investigation of fishery management strategies in the Pacific Coast of Guatemala. Tesis de Master Science in International Fisheries Management. Department of Aquatic Biosciences Norwegian College of Fisheries Science University of Tromsø. 46pp.

ARELLANO-MARTÍNEZ, M; ROJAS-HERRERA, A; GARCÍA-DOMÍNGUEZ, F; CEBALLOS-VÁZQUEZ, BP; VILLALEJO-FUERTE, M. 2001. Ciclo reproductivo del pargo lunarejo *Lutjanus guttatus* (Steindachner, 1869) en las costas de Guerrero, México. Revista de Biología Marina y Oceanografía 36 (1): 1 – 8.

BENETTI, D. 1997. Spawning and larval husbandry of flounder (*Paralichthys woolmani*) and Pacific yellowtail (*Seriola mazatlanica*), new candidate species for aquaculture. Aquaculture 155: 307-318.

BENETTI, D; RIVERA, J; VELARDE, E; SARDENBERG, B; SWETT, C; MELTZOFF, S; BRAND, L; NAVARRO, J; SALVATIERRA, S; PRADA, M. 2010a. Desarrollo de la Maricultura Sostenible en Ecuador. Presentación STRATEGA BDS. 1er Simposio Internacional Maricultura. Impulsando la Productividad en el Mar. Manta.

BENETTI, D; RIVERA, J; VELARDE, E; VELASCO, M. 2010b. Modelo de factibilidad biológica, científica, técnica y ambiental para el proyecto de maricultura oceánica en diez sitios cercanos a puertos pesqueros artesanales en el Ecuador. Consultoría para la elaboración de estudios básicos y de factibilidad para la implementación de proyectos de maricultura en 10 áreas del mar costero ecuatoriano para la diversificación productiva del sector pesquero artesanal. Stratega BDS. Subsecretaría de Recursos Pesqueros. Manta.

BENETTI, D; RIVERA, J; VELARDE, E; VELASCO, M. 2010c. Estudios Básicos para instalar proyectos de maricultura oceánica en diez sitios cercanos a puertos pesqueros artesanales en el Ecuador. Consultoría para la elaboración de estudios básicos y de factibilidad para la implementación de proyectos de maricultura en 10 áreas del mar

costero ecuatoriano para la diversificación productiva del sector pesquero artesanal. Stratega BDS. Subsecretaría de Recursos Pesqueros. Manta.

BLACIO, E. 2002. Posibilidades de diversificación en la acuicultura ecuatoriana. El Mundo Acuícola 8 (2): 14-18. CENAİM. Guayaquil.

BLACIO, E; DARQUEA, J; RODRÍGUEZ, S. 2003. Avances en el Cultivo de Huayaípe, *Seriola rivoliana* (Valeciennes 1833), en las Instalaciones del CENAİM. Mundo Acuícola. Volumen 9, No. 1. Guayaquil.

BLACIO, E; ÁLVAREZ, R. 2002. Propuesta de selección de especies de peces y moluscos para diversificación de la Acuicultura Marina. Fundación CENAİM-ESPOL. 62 pp.

BLACIO, E. 2002. Avance en el manejo de huayaípe, *Seriola mazatlana*. Boletín informativo No. 71. Fundación CENAİM - ESPOL.

BLACIO, E. 2005. Cultivo de huayaípe, *Seriola rivoliana* en piscinas de tierra y piscinas cubiertas con geomembrana. CENAİM Informa. Boletín Informativo No. 123.

BOZA-ABARCA, J; CALVO-VARGAS, E; SOLÍS-ORTIZ, N; KOMEN. 2008. Desove inducido y crecimiento larval del pargo manchado, *Lutjanus guttatus*, en la Estación de Biología Marina de Puntarenas, Costa Rica. Ciencias Marinas 34(2):239-252.

CARRILLO, P. Y E. ZAMBRANO. 2012. Las estaciones costeras y la vigilancia de El Niño. Acta Oceanográfica de la Armada 17 (1): 155-161.

CARRILLO, P. 2012. Comportamiento del oxígeno disuelto en dos estaciones costeras La Libertad y Manta, como aporte al conocimiento del Fenómeno de El Niño. Acta Oceanográfica del Pacífico 17 (1): 21-29.

CASTILLO-VARGASMACHUCA, S; PONCE-PALAFOX, JT; CHÁVEZ-ORTÍZ, E; ARREDONDO-FIGUEROA, JL. 2007. Effect of the initial stocking body weight on growth of spotted rose snapper *Lutjanus guttatus* (Steindachner, 1869) in marine floating cages. *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 42(3): 261 – 267.

CHAVARRÍA, J. 2014. Estudio de Línea Base Ambiental para la Maricultura Oceánica de Pargo (*Lutjanus guttatus*) y Huayaípe (*Seriola rivoliana*) en Ecuador. Capítulo II de Tesis de Grado de Doctorado en Ingeniería y Ciencias Ambientales (manuscrito no publicado). EPG- UNALM. Lima, Perú.

CLARO, R; LINDEMAN, KC. 2004. Biología y manejo de los pargos (Lutjanidae) en el Atlántico occidental. Instituto de Oceanología, CITMA, La Habana, Cuba, 472 pp, en CD-ROM, ISBN 978-959-298-011-2. Disponible en: <http://www.redciencia.cu/cdoceano/>

DE LA CUADRA, T. 2009. Variabilidad estacional e interanual en estaciones a 10 millas de la costa en el período 2004-2008. *Boletín Científico y Técnico* 20 (5): 1-16.

ESPINOZA, N; ESCALA, E. 2007. Estudio de la factibilidad técnica y económica del cultivo de huayaípe (*Seriola rivoliana*) en piscinas con y sin geomembranas. Tesis de Grado Ing. Acuicultura. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Guayaquil, Ecuador. 136 p.

FISCHER, W; KRUPP, F; SCHNEIDER, W; SOMMER, C; CARPENTER, KE; NIEM, VH. 1995. Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca. Roma, FAO. Pacífico Centro – Oriental (3): Vertebrados Parte 2, 1201- 1813.

FROESE, R; PAULY, D. Editors. 2014. FishBase. World Wide Web electronic publication. Disponible en: www.fishbase.org, (08/2014)

GARDUÑO-DIONATE, M; UNZUETA-BUSTAMANTE, ML; HERNÁNDEZ-MARTÍNEZ, M; LORÁN-NÚÑEZ, RM; MARTÍNEZ-ISUNZA, FR. 2010. Crecimiento

de huachinangos juveniles silvestres (*Lutjanus peru*) en un encierro de engorda en Puerto Vicente Guerrero, Guerrero, México. Ciencia Pesquera 18 (1).

HERRERA, M; CASTRO, R; COELLO, D; SAA, I; ELÍAS, E. 2013. Puertos, caletas y asentamientos pesqueros artesanales del Ecuador. Boletín Especial. Instituto Nacional de Pesca 4(1): 616pp. Tomo I y II

HERRERA-ULLOA, A; CHACÓN-GUZMÁN, J; ZÚÑIGA-CALERO, G; FAJARDO, O; JIMÉNEZ-MONTEALEGRE, R. 2009. Acuicultura de pargo la mancha *Lutjanus guttatus* (Steindachner, 1869) en Costa Rica dentro de un enfoque ecosistémico. Rev. Mar. y Cost. (1): 197-213. ISSN 1659-455X.

JIMÉNEZ, P; BÉAREZ, P. 2004. Peces marinos del Ecuador continental. Quito, EC. SIMBIOE/NAZCA/IFEA Tomo II, 401 pp.

KORRINGA, P. 1976. Farming the yellowtail (*Seriola quinqueradiata*) in Japan. Farming Marine Fishes and Shrimps. En Aquaculture and Fisheries Science. Vol. 4. Elsevier. 151-173.

MAIN, K; ROSENFELD, C. 1994. Culture of High- Value Marine Fishes in Asia and the United State. Proceedings of a Workshop in Honolulu, Hawaii. The Oceanic Institute.

MARTÍNEZ, R. 2003. Maduración y desove del pargo amarillo *Lutjanus argentiventris* (Peters, 1869) en condiciones controladas de temperatura y fotoperíodo. Tesis de Grado Maestría de Acuicultura. Centro de Investigaciones Biológicas del Noreste. La Paz. 118 p.

OLIVARES, OP; BOZA, JB. 1999. Crecimiento de juveniles de pargo mancha (*Lutjanus guttatus*) utilizando alimento granulado en condiciones de laboratorio. UNICIENCIA 16: 45-48.

RODRÍGUEZ, I; MELLADO, F; MÉNDEZ, F; DOMÍNGUEZ, H; ORTEGA, A. 1994. Desarrollo Científico y Tecnológico para el Cultivo de Pargo. Instituto de Acuicultura del Estado de Sonora. Subsecretaría de Fomento y Desarrollo Pesquero. Secretaría de Pesca.

ROJAS, A. 2001. Aspectos de dinámica de poblaciones del huachinango *Lutjanus peru* (Nichols y Murphy, 1922) y del *Lutjanus guttatus* (Steindachner, 1869) (Pisces: Lutjanidae) del Litoral de Guerrero, México. Tesis de Doctorado en Ciencias. Universidad de Colima. Tecomán, Colima-México.

ROJAS, JR; MARAVILLA, E; CHICAS, BF. 2004. Hábitos alimentarios del pargo mancha *Lutjanus guttatus* (Pisces: Lutjanidae) en Los Cóbano y Puerto La Libertad, El Salvador. Revista de Biología Tropical 52(1): 163-170.

SARABIA-MÉNDEZ, M; GALLARDO-CABELLO, M; ESPINO-BARR, E; ANISLADO-TOLENTINO, V. 2010. Characteristics of population dynamics of *Lutjanus guttatus* (Pisces: Lutjanidae) in Bufadero Bay, Michoacán, México. Hidrobiológica 20(2): 147-157.

SAUCEDO, M. 2000. Alimentación natural de juveniles de *Lutjanus peru* (Nichols y Murphy, 1992) y *Lutjanus guttatus* (Steindachner, 1869) (Lutjanidae: Perciformes) en la costa de Jalisco y Colima, México). Tesis de Grado de Maestría en Ciencias Pecuarias. Universidad de Colima. México. 68 p.

SINCHE, F; VERA, V; BLACIO, E. 2005. Cultivo de Huayaipe, *Seriola rivoliana*, en Piscinas Provistas de Geomembranas. Artículos de Tesis de Grado, FIMCBOR, ESPOL. Disponible en: <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/1752>.

SOTO, R; MEJÍA-ARANA, F; PALACIOS, JÁ; HIRAMATSU, K. 2009. Reproducción y crecimiento del pargo mancha *Lutjanus guttatus* (Pisces: Lutjanidae) en el Golfo de Nicoya, Costa Rica. Revista Biológica Tropical 57 (1-2): 125-131.

VARGAS-MACHUCA, SC; PONCE-PALAFIX, JT; ARREDONDO-FIGUEROA, JL; CHÁVEZ-ORTIZ, EA; VERNON-CARTER, EI. 2008. Physico-chemical parameters variation in the floating cages of snappers (*Lutjanus peru* and *L. guttatus*) farmed in tropical sea. *Revista Mexicana de Ingeniería Química* (7)3: 237-242.

WHOLESALE-FISH. 2007. Catalogue of fish in bulk. Manta, Ecuador. Disponible en: http://es.zakazribi.com/catalog/show/fish/Pargo_Lunarejo

ZAMBRANO, E. 1998. Un análisis de la estructura termal de la estación costera de "Libertad" y su relación con los eventos ENOS. *Acta Oceanográfica del Pacífico* 1 (9) -8.

CAPÍTULO IV

MACROZONIFICACIÓN PARA PROYECTOS DE MARICULTURA OCEÁNICA DE PARGO (*Lutjanus guttatus*) Y HUAYAIPE (*Seriola rivoliana*) EN ECUADOR

Trabajo publicado en:

Libro Foro Iberoam. Rec. Mar. Acui. VII: 135-146. 2015

CAPÍTULO IV

MACROZONIFICACIÓN PARA PROYECTOS DE MARICULTURA OCEÁNICA DE PARGO (*Lutjanus guttatus*) Y HUAYAIPE (*Seriola rivoliana*) EN ECUADOR

4.1. Resumen

Un aspecto fundamental en el desarrollo de proyectos de maricultura lo constituye la *selección de sitio*; es decir, la actividad de escoger un sitio adecuado utilizando la mejor información disponible, de modo que presente las características necesarias para la supervivencia física de la infraestructura del proyecto, su operación y condiciones adecuadas para las especies a cultivar. Este trabajo presenta una macro-zonificación del mar ecuatoriano, realizada a partir de un área de estudio previamente definida en una Línea Base Ambiental, presentando las áreas técnicamente viables (569.178 ha) para el desarrollo de proyectos de maricultura. Con tal objeto, se utilizó un sistema de información geográfica que permitió discriminar aquellas áreas que presentan restricciones normativas y ambientales. Mientras que, el desarrollo de un índice de aptitud (IAp) elaborado a partir de la información de línea base, permitió conocer cuáles de esas áreas presentan mejores características técnicas para actividades de maricultura. Por otro lado, considerando que las especies locales *Lutjanus guttatus* y *Seriola rivoliana*, son actualmente las únicas permitidas para la maricultura oceánica de peces en el Ecuador, se realizó una combinación entre el índice IAp con un índice de adaptabilidad (IA) de las referidas especies a las condiciones oceanográficas del área, lo que condujo a estimar que las zonas marinas de la costa central del Ecuador, son las más apropiadas para el cultivo de las dos especies.

Palabras Claves: *Seriola rivoliana*, *Lutjanus guttatus*, maricultura oceánica, zonificación.

4.2. Introducción

La selección de sitio es probablemente el aspecto más importante en el éxito y sostenibilidad de los proyectos de maricultura. Esta es una tarea compleja, pues las zonas marinas son sometidas a un uso cada vez más intensivo, a lo que se debe sumar la tendencia creciente a establecer áreas marinas con distintas categorías de protección ambiental. De hecho, es factible que las áreas marinas protegidas se incrementen en Ecuador, como se puede colegir del documento Evaluación de Factibilidad de una Red de Áreas Costeras y Marinas Protegidas en Ecuador (Villegas⁹ *et al.*, 2005) que presenta 24 áreas consideradas prioritarias para conservación, en el mar ecuatoriano, desde la línea ecuatorial hasta el límite con el mar peruano, y de las cuales algunas han sido ya acogidas en el PANE - Patrimonio de Áreas Naturales del Estado (Hurtado *et al.*, 2010; SNI-MAE, 2014).

En otro contexto, el diseño y fondeo de jaulas exige condiciones ambientales apropiadas de circulación, viento, olas y características del fondo marino, de modo que garanticen una operación segura y la sostenibilidad de las instalaciones. Esto será cada vez más importante y más costoso conforme los proyectos se alejen de la protección de la costa.

Desde el punto de vista biológico, las especies a ser cultivadas requieren que los sitios presenten también condiciones ambientales favorables a sus requerimientos fisiológicos, principalmente las condiciones térmicas y de circulación, de modo que mantengan, por un lado, una temperatura adecuada para el crecimiento óptimo de los organismos y, por otro, un adecuado recambio de oxígeno, que garantice los altos rendimientos asociados a estas prácticas acuícolas.

Los aspectos arriba indicados expresan la necesidad de establecer áreas técnicamente apropiadas para maricultura, lo que se daría a través de una planificación adecuada del espacio acuático que considere los aspectos normativos restrictivos, las condiciones

⁹ En referencia al trabajo de The Nature Conservancy y SIBIOE (2004), Evaluación Ecoregional Pacífico Ecuatorial Ecoregión Marina Guayaquil – Componente Marino.

ambientales más apropiadas para la ingeniería de jaulas y las características fisiológicas de las especies.

Chavarría (2014) en un Estudio de Línea Base Ambiental estableció los condicionantes normativos y las características oceanográficas más relevantes para efectos de maricultura oceánica, delimitando además, en base a criterios batimétricos y de calidad ambiental, el área de estudio. Mientras que estableció, en base a las características oceanográficas de masas de agua, cinco grandes zonas a evaluar.

Por otro lado, Chavarría *et al.* (2015) realizaron un estudio evaluativo de las condiciones ambientales del mar ecuatoriano para la adaptabilidad del pargo (*Lutjanus guttatus*) y huayaípe (*Seriola rivoliana*) con fines de maricultura oceánica, habiendo obtenido índices de adaptabilidad (IA) para las dos especies en las cinco zonas y para dos profundidades de jaulas, 10 y 20 m. Estos índices indicaron que las mejores áreas para el cultivo de huayaípe son las zonas del sur del Ecuador, caracterizadas como zonas III, IV y V, presentando mejores condiciones para la implantación de jaulas de 10 m de profundidad. Mientras que, el cultivo de pargo se proyectaría mejor en las zonas del norte, caracterizadas como zonas I y II, seguidas de la Zona III. En estas zonas no habría diferencia entre las jaulas de 10 o 20 m de profundidad. Se puede destacar que la zona III, que presenta condiciones térmicas intermedias, se muestra propicia para los dos tipos de cultivo, siendo relativamente mejor la proyección de jaulas de 10 m de profundidad.

En este contexto, previo al análisis integrado por zonas que permita dar una valoración final a sus capacidades de mantener adecuadamente los cultivos de las dos especies, es necesario determinar las zonas donde sería técnicamente factible realizar maricultura oceánica es decir realizar una macro-zonificación para los cultivos. Posteriormente, con un análisis de Evaluación Ambiental y Sostenibilidad, se determinará una micro-zonificación que permitirá determinar las áreas donde sería factible hacer acuicultura marina sostenible.

4.3. Materiales y Métodos

La información cartográfica geo-referenciada se procesó utilizando el sistema de información geográfica QGIS 2.6 Brighton (*open source*). Se trabajó en base a la generación de varias capas de información, para lo cual se utilizó mapas del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAPE) elaborados por el Ministerio del Ambiente (MAE) e información obtenida del Sistema Nacional de Información (SNI, 2014). La batimetría fue geo-referenciada de las cartas IOA 100, 101, 102, 103, 104, 105 y 106 escala 1:100000 del INOCAR. Toda la información procesada en SIG fue manejada en coordenadas UTM referidas al datum WGS84 y al meridiano 17 S centrado en 81°W.

Primeramente, se establecieron las restricciones normativas ambientales y pesqueras que afectan a la ZIA, las cuales fueron manejadas con rutinas GIS. Esta información fue contrastada con la batimetría de la ZIA representada gráficamente cada 10 m de cambio de profundidad desde la isóbata de 20 m hasta la isóbata de 70 m, como fuera definido en el Estudio de Línea Base Ambiental.

Alrededor de las áreas protegidas se consideró un área de amortiguamiento de 2000 m para satisfacer adecuadamente el aspecto normativo de monitoreo del *Instructivo para la ejecución de proyectos de investigación de maricultura* (VAP, 2012) que establece que, *en el caso de jaulas, las muestras para análisis de sedimentos, se obtendrán, entre otras, en una estación control alejada 1000 metros del emplazamiento y alineada con la dirección de la corriente predominante.*

Posteriormente, con la información de Línea Base se analizaron las condiciones oceanográfico-ambientales de la ZIA, lo que se contrastó con las condiciones apropiadas para la ingeniería de jaulas y calidad ambiental para los cultivos. Este proceso se realizó para las cinco zonas que conforman el área de estudio. Obteniéndose un Índice de Aptitud ambiental (IAP) de cada zona, constituido como la sumatoria de varios criterios (C_i) con su respectivo peso de ponderación (P_i), conforme a la ecuación adaptada de Silva *et al.* (1999), con criterios y ponderaciones validados con pares académicos (Anexo 2):

$$I_{Ap} = \sum_{i=1}^n (P_i * C_i) = 0.2C_1 + 0.2C_2 + 0.2C_3 + 0.1C_4 + 0.15C_5 + 0.15 C_6 \quad (4.1)$$

Criterios:

C1 = Velocidad de corriente

C2 = Altura significativa de olas (Hs)

C3 = Calidad ambiental del agua

C4 = Calidad ambiental de los sedimentos marinos

C5 = Bentos (macro-meio fauna)

C6 = Textura de sedimentos

El índice así obtenido fue valorado sobre 3, donde este puntaje expresa el mayor potencial para el desarrollo de los proyectos de maricultura desde un punto de vista técnico. La asignación de valores se realizó acorde con el Cuadro 4.1. Se destaca que la información de Línea Base expresó una buena calidad ambiental tanto en el agua como en los sedimentos en la ZIA. En este contexto, los parámetros de calidad ambiental se expresaron en cuanto a su conveniencia para favorecer procesos ambientales asociados a los cultivos, como es el caso de aguas oligotróficas y sedimentos con un potencial óxido-reducción alto.

Para la macro-zonificación se consideraron las capas de información previamente descritas, así como el IAp. Las áreas así descritas recibieron una valoración por zonas determinando su mayor o menor aptitud para la maricultura desde el punto de vista técnico. Finalmente, se propuso un orden final de las mejores áreas para maricultura de *S. rivoliana* y *L. guttatus* de las áreas técnicamente viables considerando los índices IA (Chavarría *et al.*, 2015) e IAp, expresados sobre un valor máximo de 5. Con rutinas de geoprocso se estimaron las áreas disponibles para maricultura oceánica en cada zona.

Cuadro 4.1. Valoración por criterio de selección para la obtención del índice de aptitud IAp para maricultura en jaulas en las distintas zonas del área de estudio.		
Criterio	Valor	Fuente
Corriente (m/s)		
0 a 0.1	0	Adaptación de: Silva <i>et al.</i> , 1999; Jover, 2014.
0.1 a 0.5	3	
0.5 a 1	2	
Superior a 1	0	
Hs de Olas (m)		
0 a 1.5	3	Silva <i>et al.</i> , 1999.
1.5 a 2	2	
Superior a 2	0	
Calidad ambiental - agua		
Buena (oligotróficas)	3	El presente trabajo
Media	2	
Baja	0	
Calidad ambiental –sedimentos ORP (mV)		
> - 60	3	El presente trabajo: ORP (Eh) superficie (2 cm) del sedimento marino.
-60 a -100	2	
< -100	0	
Bentos macro-meio fauna (individuos/muestra)		
40 a 50	3	El presente trabajo: Orden de abundancia en Línea Base.
30 a 40	2	
20 a 30	1	
< 20	0	
Textura de sedimentos		
Areno arcilloso	3	Adaptación de: Benetti <i>et al.</i> , 2010; Sanz-Lázaro, 2013.
Arcilla	2	
Roca	0	
Categorías de aptitud, adaptado de Silva et al.,1999: 0 a 0.5: no aptitud (NA), no consideradas en la macrozonificación. 0.51 a 1.5: aptitud baja (AB) 1.51 a 2.5: aptitud media (AM) 2.51 a 3: aptitud alta (AA)		

4.4. Resultados y discusión

4.4.1. Restricciones normativas

El análisis integrado de las distintas capas de información con las restricciones normativas es presentado en la Figura 4.1. Primeramente, se destaca la franja de una milla náutica de protección de producción de especies pesqueras (MAGAP-SRP, 2007). Si bien esta norma,

por su antigüedad, no excluye las actividades de maricultura, está en discusión el concepto, pues constituye un área de reserva. El Acuerdo Ministerial 023 (MAGAP, 2015) establece la posibilidad de realizar acuicultura marina en áreas de reserva marina del SNAP, sin embargo es el Ministerio del Ambiente (MAE) el que tiene que establecer los mecanismos para su ocupación, pues estas se encuentran bajo su jurisdicción. Es razonable pensar que, los proyectos que pudieran realizarse en estas áreas serían aquellos dirigidos a la acuicultura de moluscos. Por principio no se debe realizar maricultura de peces en áreas protegidas con fondos rocosos formadores de hábitats, en consecuencia, en este trabajo se considera todas las áreas protegidas como zonas de restricción normativa.

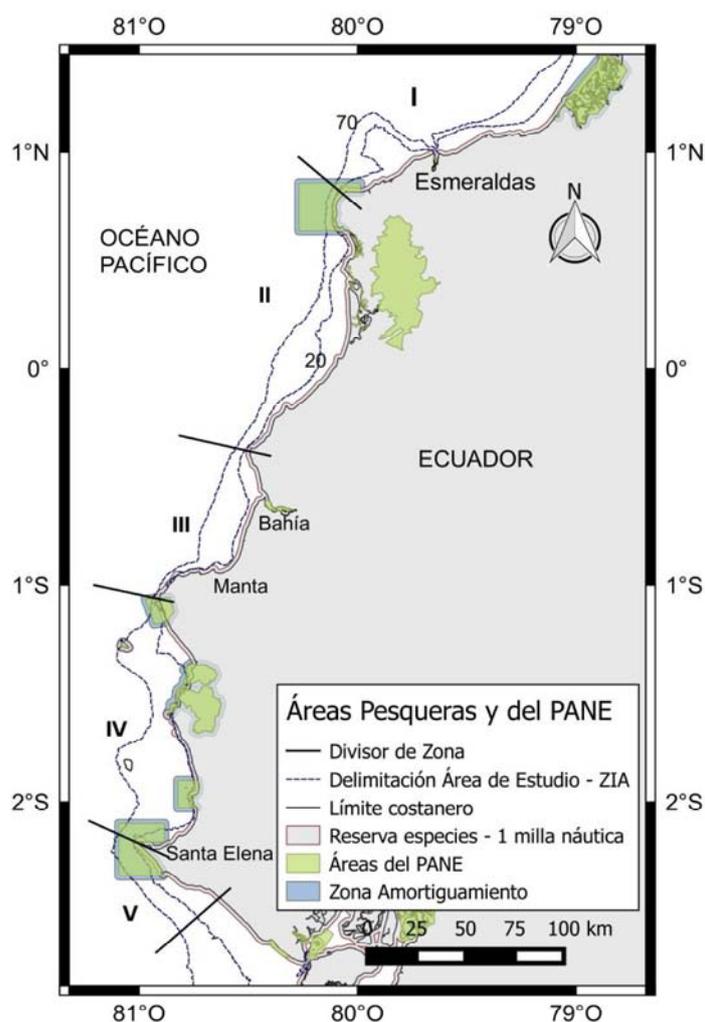


Figura 4. 1. Áreas pesqueras y del PANE que expresan algún nivel de exclusión normativa para proyectos de maricultura. Las división del área de estudio, en zonas, fue definida en el Estudio de Línea Base Ambiental (Chavarría, 2014).

Bajo este esquema, actividades de maricultura pudieran realizarse luego de la primera milla, no obstante, no es recomendable realizar proyectos de jaulas en profundidades menores a 20 m (Silva *et al.*, 1999; Macías *et al.*, 2001; Benneti *et al.* 2010, Jover, 2014) como se estableciera en el estudio de Línea Base. Obsérvese que en la mayor parte de los casos, salvo en sectores de las Zonas III y IV, no existe coincidencia entre la isóbata de 20 m y la distancia de 1 MN, lo que significa que las actividades de maricultura en jaulas se deben realizar a una distancia mayor de la costa.

Finalmente, se destaca las áreas del Patrimonio Natural del Estado (PANE) con reservas marinas o con influencia en el área marina. En estas áreas, como se ha indicado, no debe realizarse maricultura de peces en jaulas. Considerando los requerimientos de vigilancia marina a partir de la operación de las granjas, será necesario contar con estaciones control fuera de los emplazamientos a distancias que pueden llegar a los 1000 m de los mismos. De este modo, en la vecindad de las áreas protegidas cabría la posibilidad de que estas fueran afectadas por las granjas cercanas, lo cual no es permisible. En consecuencia se ha determinado e incorporado un área de amortiguamiento de 2000 m, donde podría realizarse monitoreo pero no maricultura.

4.4.2. Restricciones oceanográficas - Índice de Aptitud

Con la aplicación de las restricciones normativas que protegen aquellas áreas destacadas por su productividad biológica y biodiversidad, es válido suponer que las áreas restantes de la ZIA conformarán, en cada zona, distritos o unidades espaciales con un comportamiento homogéneo. A decir de Silva *et al.* (1999), distritos donde los parámetros o características que los definen, son constantes o varían discretamente. En aplicación de este concepto, en el Cuadro 4.2 se presenta el índice de aptitud IAp obtenido para cada una de las unidades espaciales de la ZIA.

Como se puede observar las cinco zonas se presentan técnicamente aptas para la maricultura oceánica, por lo que no es necesario restringir áreas. Sin embargo se destaca la mayor aptitud de las áreas centrales, particularmente el área II que obtuvo la mayor

valoración. En el otro extremo, el área de menor valor de aptitud desde un punto de vista técnico (Aptitud Media) es el área I.

Cuadro 4.2. Índice de Aptitud para maricultura en jaulas en las distintas zonas del área de estudio.

Zona	IAp	Categoría	Posición IAp
I	2,45	AM	5
II	2,93	AA	1
III	2,70	AA	2
IV	2,58	AA	3
V	2,50	AM	4

4.4.3. Evaluación por zonas y especies

Considerando los índices combinados IA (Chavarría *et al.*, 2015) e IAp, se ha propuesto un índice compuesto para maricultura de *S. rivoliana* (huayaípe) y *L. guttatus* (pargo) conforme se muestra en las Figuras 4.2 y 4.3, respectivamente.

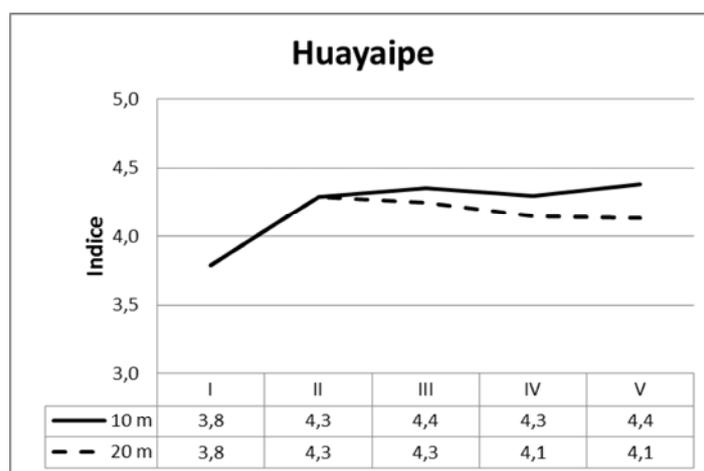


Figura 4.2. Índice combinado para maricultura de *S. rivoliana* para las zonas del mar ecuatoriano a dos profundidades de las jaulas.

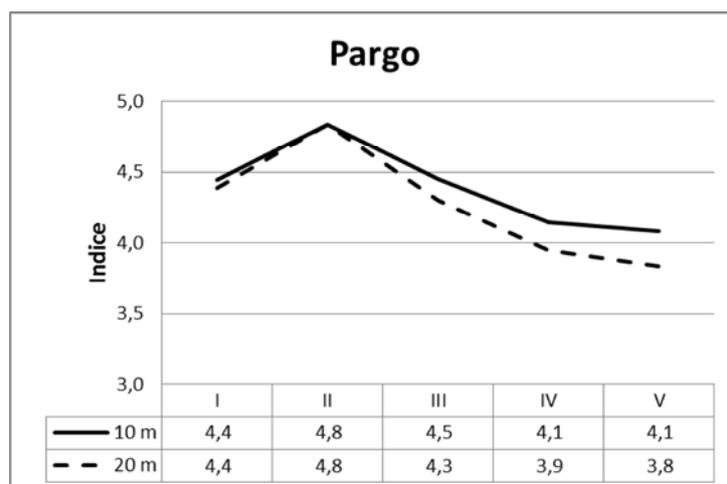


Figura 4.3. Índice combinado para maricultura de *L. guttatus* para las zonas del mar ecuatoriano a dos profundidades de las jaulas.

En general se observan buenas condiciones biológicas y técnicas para el cultivo de las dos especies, particularmente para jaulas de 10 m de profundidad. La combinación de los índices expresa condiciones más favorables para el cultivo de *L. guttatus* en las zonas II, III y I, independientemente de la profundidad de las jaulas. En segundo lugar se muestran valores favorables para el cultivo de *E. rivoliana* en las zonas II a V.

4.4.4. Macro-zonificación de áreas técnicamente viables para proyectos de maricultura oceánica

La macro-zonificación finalmente obtenida expresa las áreas técnicamente viables para maricultura, conforme se presenta en las Figuras 4.4 a la 4.8. La estimación de las superficies, en hectáreas, disponibles para proyectos, totales y por zona se presentan en el Cuadro 4.3.

La Zona IV, caracterizada por una alta aptitud, mayor presencia estacional de aguas subtropicales (ASTS) y ubicación en el flanco sur del Frente Ecuatorial, presenta una mayor disponibilidad de área para proyectos, con respecto a las otras zonas.

Cuadro 4.3. Estimación de la superficie de las áreas técnicamente viables para maricultura.

Zona	Superficie (ha)
I	106481
II	127490
III	92266
IV	211425
V	31516
Total	569178

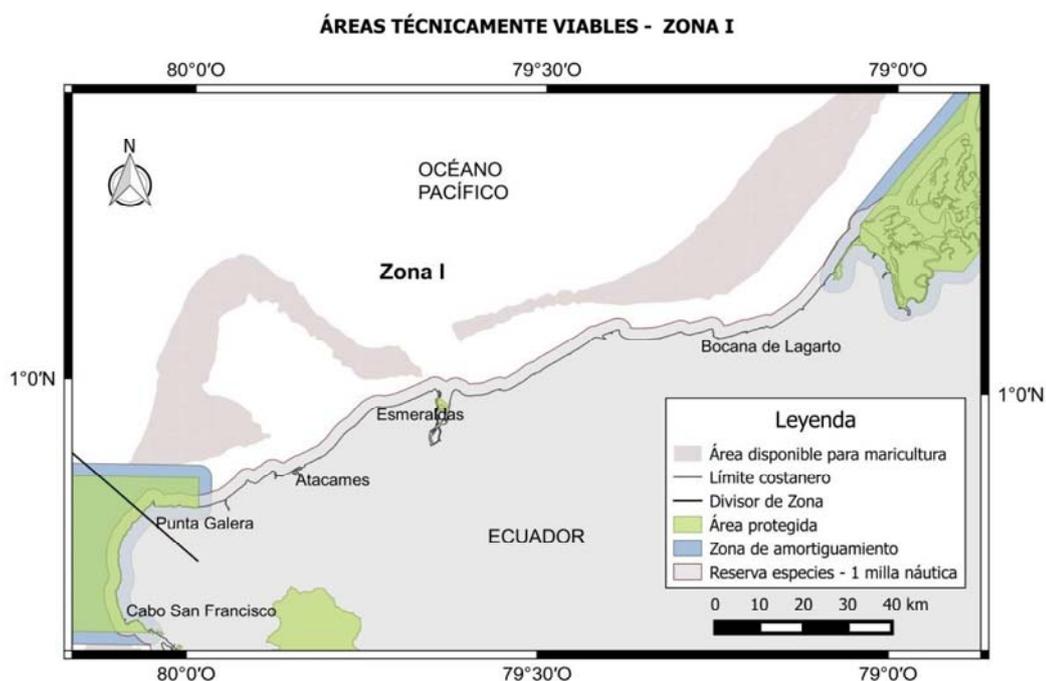


Figura 4.4. Áreas técnicamente viables para proyectos de maricultura en la Zona I.

Como se puede apreciar, en la Zona I (Figura 4.4), considerada de aptitud media, las áreas disponibles para proyectos se muestran relativamente alejadas de la costa o distantes del puerto comercial y pesquero de Esmeraldas. La presencia casi permanente de aguas tropicales, la hace muy apropiada para cultivos de peces de aguas cálidas como el pargo (*Lutjanus guttatus*), aunque el área presenta el menor valor del IAp del mar ecuatoriano.

La Zona II (Figura 4.5), que se ha constituido en el área más prometedora para la maricultura en Ecuador, presenta el segundo lugar en disponibilidad de superficie. Las condiciones ambientales son las más favorables para la instalación de jaulas y,

biológicamente, para el cultivo de *L. guttatus*. Las áreas técnicamente viables se encuentran frente a poblados con escaso número de habitantes y puertos de importancia.

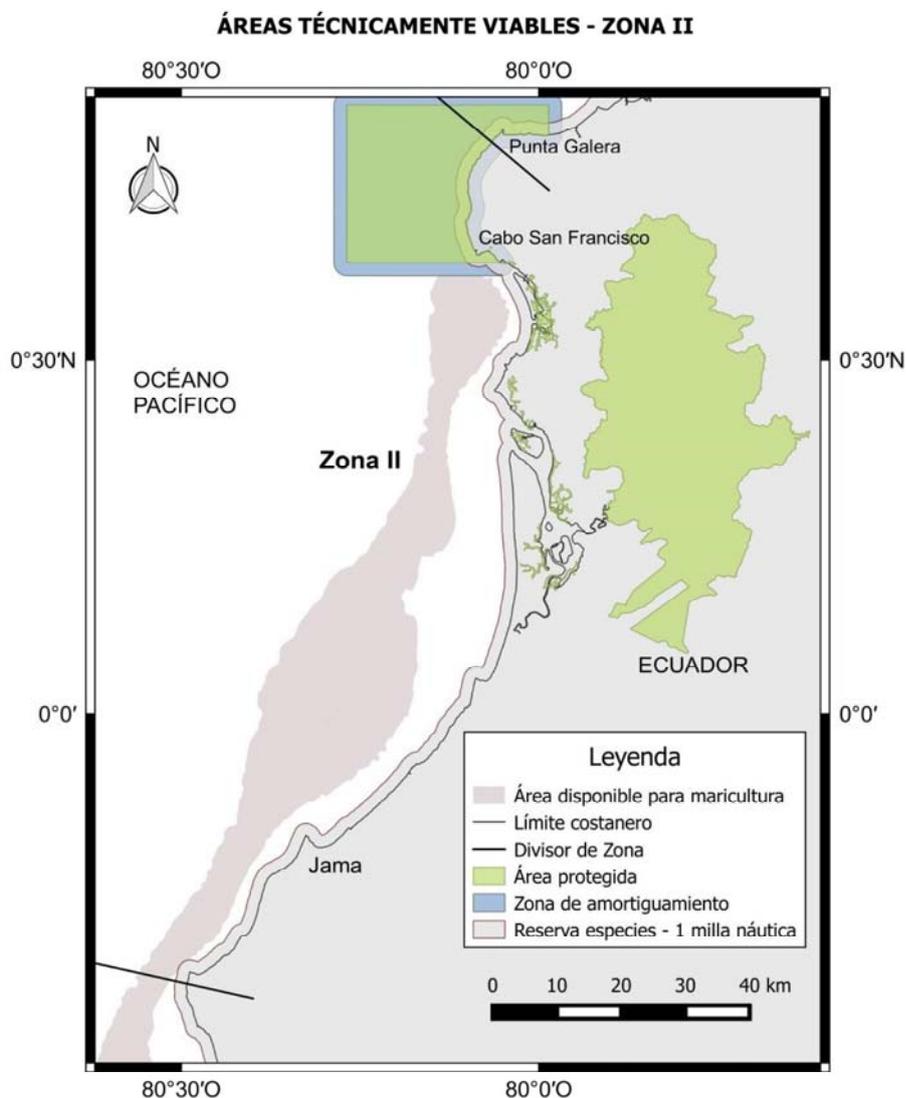


Figura 4. 5. Áreas técnicamente viables para proyectos de maricultura en la Zona II.

La Zona III (Figura 4.6), la segunda con más altos puntajes de aptitud ambiental y tolerancia de las especies a las condiciones ambientales, presenta la ventaja de su cercanía a centros poblados de importancia, como las ciudades de Bahía de Caráquez y Manta, esta última con un aeropuerto internacional, particularmente orientado a la exportación de productos del mar. Además, se constituye en un área privilegiada pues cuenta con facilidades portuarias en franca expansión, entre ellas: un puerto internacional, el puerto pesquero artesanal de San Mateo, con proyectos de otro puerto pesquero y 3 facilidades

pesqueras en caletas de pesca artesanal, puertos privados, a lo que se debe incrementar, excelentes vías de acceso, etc. Las condiciones oceanográficas se presentan más favorables al noreste de la ciudad de Manta. La concentración de isóbatas en el sector entre Cabo San Lorenzo (divisor de Zona) y Manta pudiera indicar un ambiente dinámico, con oleaje más intenso. La zona es apropiada para el cultivo tanto de pargo (*L. guttatus*) como de huayaibe (*S. rivoliana*).

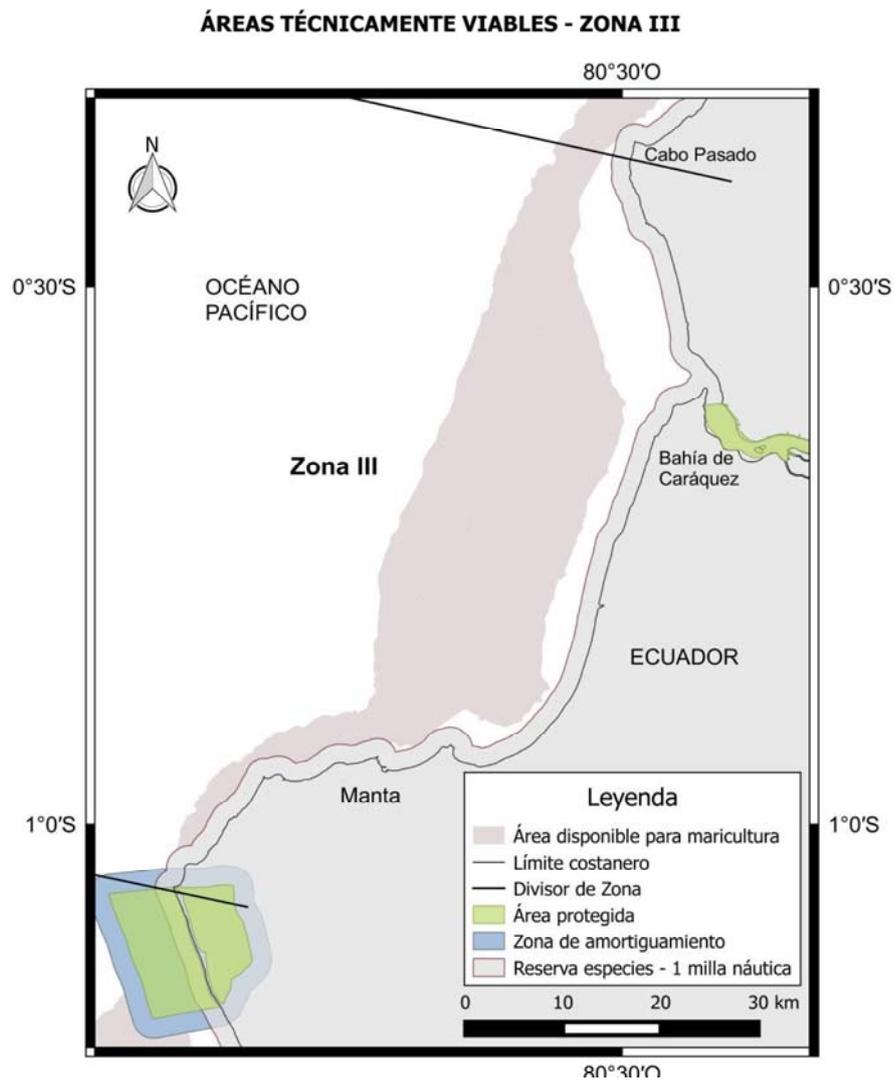


Figura 4.6. Áreas técnicamente viables para proyectos de maricultura en la Zona III.

La Zona IV (Figura 4.7), también considerada como de alta aptitud, comprende la Bahía de Santa Elena y contiene las áreas disponibles más extensas tanto para el sector artesanal como industrial, concentrando la mayor cantidad de áreas marinas protegidas, incluyendo

la Isla de la Plata, lo cual da cuenta de su calidad ambiental. El área constituye también el sector más utilizado para el turismo de observación de ballenas. Mientras que, la zona sur de la bahía, en la Puntilla de Santa Elena, presenta el mayor desarrollo urbanístico de la Zona, concentrando también una fuerte actividad hidrocarburífera en el terminal petrolero de La Libertad.

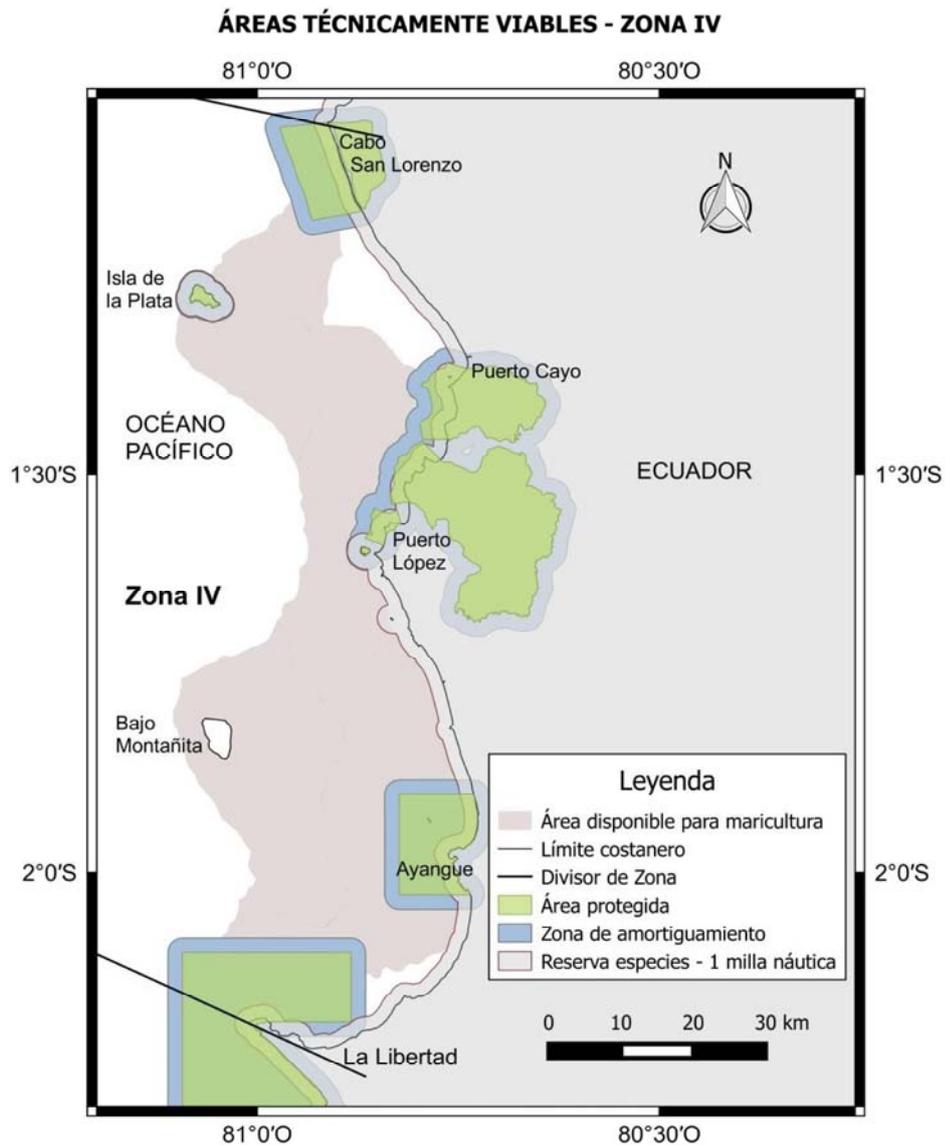


Figura 4.7. Áreas técnicamente viables para proyectos de maricultura en la Zona IV.

Desde un enfoque de ingeniería, las condiciones oceanográficas en esta zona son apropiadas para los proyectos de maricultura. Los fondos son con escaso gradiente batimétrico, lo que pudiera expresar condiciones hidrodinámicas espacialmente más

estables. Las aguas subtropicales y del flanco sur del Frente ecuatorial, que predominan en el sector, son biológicamente más apropiadas para el cultivo de *S. rivoliana*. Desde el punto de vista logístico, el área cuenta con facilidades portuarias privadas y artesanales, mientras que se encuentra en proceso el puerto artesanal de Santa Rosa, contando además con el Aeropuerto de Salinas.

Finalmente, la Zona V (Figura 4.8), considerada de aptitud media, se ubica al sur de la Puntilla de Santa Elena, en el sector noroeste del Golfo de Guayaquil. Constituyendo una zona directamente expuesta al oleaje predominante del suroeste y a las masas de agua provenientes del sur, transportadas por la Corriente de Humboldt o corriente costera del Perú. Las corrientes en esta región se dirigen al sureste, observándose en consecuencia una mayor incidencia de aguas oceánicas que del estuario.

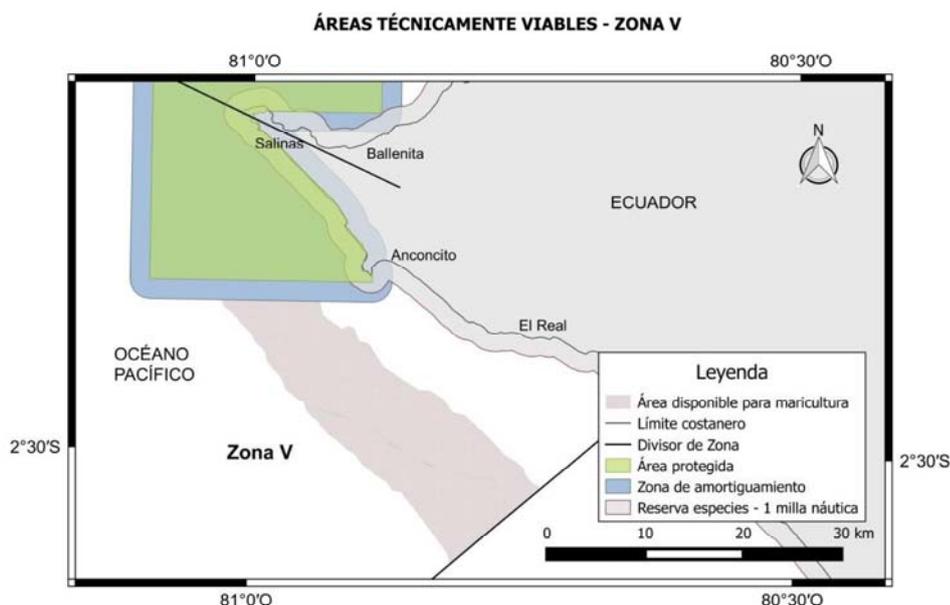


Figura 4.8. Áreas técnicamente viables para proyectos de maricultura en la Zona V.

En la Zona V predominantes las aguas subtropicales relativamente frías, por lo que presentan mejores condiciones para el cultivo de *S. rivoliana*. A pesar de ser la de menor superficie, esta zona cuenta con la ventaja de acceso directo al puerto artesanal de Anconcito y varias facilidades pesqueras privadas. Al igual que la Zona IV presenta acceso directo al Aeropuerto de Salinas.

4.5. Conclusiones

- El uso de sistemas de información geográfica (SIG) para el proceso de *selección de sitio* para maricultura oceánica constituyó una herramienta potente para la integración de información, discriminación de áreas y geoprocso, permitiendo determinar las áreas técnicamente disponibles para la actividad.
- La combinación de SIG con indicadores de aptitud (IAp) permitió asignar valores a las áreas o distritos según su orden de importancia para las actividades de maricultura. De este modo, las cinco zonas que conforman el área de estudio o ZIA presentan aptitud ambiental para la maricultura oceánica, destacándose las áreas centrales II, III y IV que reportaron una Aptitud Alta, particularmente el área II que obtuvo la mayor valoración.
- La combinación del IAp con el Índice de Adaptabilidad (IA) del estudio de evaluación de las condiciones ambientales del mar ecuatoriano para la adaptabilidad del pargo (*Lutjanus guttatus*) y huayaipe (*Seriola rivoliana*) con fines de maricultura, confirmó que el área con mejores posibilidades técnicas y ambientales para maricultura oceánica es el área II, particularmente para *L. guttatus*.
- Los índices expresan que las zonas centrales II, III y IV presentan aptitud para los cultivos de *L. guttatus* y *S. rivoliana*, con mejores perspectivas para jaulas de 10 m de profundidad, comparativamente con aquellas de 20 m.
- La caracterización de zonas aptas para la maricultura, no garantiza la sostenibilidad de la actividad o de los proyectos, no obstante, constituye una base geográfica para la definición de una microzonificación de áreas para el desarrollo de una maricultura con criterios de sostenibilidad.

4.6. Referencias Bibliográficas

BENETTI, D; RIVERA, J; VELARDE, E; VELASCO, M. 2010. Consultoría para la elaboración de estudios básicos y de factibilidad para la implementación de proyectos de maricultura en 10 áreas del mar costero ecuatoriano para la diversificación productiva del sector pesquero artesanal. Stratega BDS. Subsecretaría de Recursos Pesqueros. Manta. disponible en <http://www.viceministerioap.gob.ec/subpesca360-proyectos-de-maricultura-en-10-areas-del-mar-costero-ecuatoriano-para-la-diversificacion-productiva-del-sector-pesquero-artesanal.html>.

CHAVARRÍA, J. 2014. Estudio de Línea Base Ambiental para la Maricultura Oceánica de Pargo (*Lutjanus guttatus*) y Huayaípe (*Seriola rivoliana*) en Ecuador. Capítulo II de Tesis de Grado de Doctorado en Ingeniería y Ciencias Ambientales (manuscrito no publicado). EPG- UNALM. Lima, Perú.

CHAVARRÍA, J; TOMALÁ, D; MENDO, J. 2015. Evaluación de las condiciones ambientales del mar ecuatoriano para la adaptabilidad del pargo (*Lutjanus guttatus*) y huayaípe (*Seriola rivoliana*) con fines de maricultura oceánica. Universidad Nacional Agraria La Molina – Universidad Estatal Península de Santa Elena. Manuscrito aprobado para su publicación en Acta Oceanográfica del Pacífico Vol 20 No.1.

HURTADO, M; HURTADO-DOMÍNGUEZ, MA; HURTADO-DOMÍNGUEZ, LM; SOTO, L; MERIZALDE, MA. 2010. Áreas Costeras y Marinas Protegidas del Ecuador. Ministerio del Ambiente – Fundación Natura.

JOVER, M. 2014. Curso Intensivo “Acuicultura Marina Sostenible: Diseño, Gestión de Instalaciones y Nutrición”. La Libertad, 24 al 30 de octubre de 2014. CEIDA – UPSE.

MACÍAS, J; DEL CASTILLO, F; ÁLAMO, C. 2001. Zonas idóneas para el desarrollo de la acuicultura en el litoral Andaluz. Presentación powerpoint.

MAGAP, 2015. Acuerdo Ministerial No. 023 - Instructivo para el ordenamiento, control y fomento de las actividades de maricultura en el Ecuador. Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuicultura y Pesca.

MAGAP-SRP, 2007. Acuerdo Ministerial No.134 - Zona de reserva para la producción de especies Bioacuáticas. Reforma al Acuerdo Ministerial N° 03 316 publicado en el Registro Oficial N°- 125 del 15 de julio del 2003. MAGAP – Subsecretaría de Recursos Pesqueros.

SANZ-LÁZARO, C. 2013. Acuicultura marina: interacciones ambientales y claves para una gestión sostenible. Presentación Power Point en Ciclo de Conferencias y Taller “Hacia una maricultura sostenible en el Ecuador” CEIDA-UPSE. La Libertad, 22 de agosto de 2013.

SILVA, C; OLIVARÍ, R; YANY, G. 1999. Determinación de distritos de aptitud acuícola mediante la aplicación de sistemas de información geográfica. Invest. Mar, Valparaíso, 27: 93-99.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMACIÓN – SIN (en línea) 2014. Disponible en: <http://sni.gob.ec/web/guest/coberturas>

SNI-MAE, 2014: Sistema Nacional de Información capa *.shp PANE 2013

VAP. 2012. Acuerdo Ministerial No. 056 - Instructivo para la ejecución de proyectos de investigación de maricultura. MAGAP – Viceministerio de Acuicultura y Pesca.

VILLEGAS, T; NAVARRETE, R; ARRIAGA, L; COELLO, S. 2005. Evaluación de factibilidad de una red de áreas coseras y marinas protegidas en Ecuador. Informe de Consultoría para el Banco Interamericano de Desarrollo y Ministerio del Ambiente: 143 pp.

CAPÍTULO V

MICROZONIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE LA SOSTENIBILIDAD DE LA MARICULTURA OCEÁNICA DE PARGO (*Lutjanus guttatus*) Y HUAYAIPE (*Seriola rivoliana*) EN ECUADOR

5.1. Resumen

La Evaluación de la Sostenibilidad (ES), en el contexto de la Evaluación Ambiental (EA), evalúa los posibles impactos sobre la sostenibilidad. Este concepto proyectivo constituye una herramienta capaz de utilizarse para anticipar la construcción de una actividad sostenible. Se realizó una microzonificación del mar ecuatoriano a partir de áreas técnicamente viables predefinidas para el desarrollo de proyectos de maricultura de las especies locales pargo, *Lutjanus guttatus*, y huayaípe, *Seriola rivoliana*, obtenida en base a la aplicación de estándares de sostenibilidad utilizados en países y regiones con una maricultura desarrollada de cultivo de peces en jaulas. Se generaron varias capas de información geo-referenciada, gestionadas a través de un sistema de información geográfica (SIG). Las áreas obtenidas están restringidas a aquellas zonas con sostenibilidad media (228.569 ha) y alta (43.966 ha), equivalente a los niveles 4 y 5 en una escala de 5 utilizada en la maricultura en operación del Mediterráneo, basada en el cultivo de peces en jaulas. Posteriormente, se evaluó la sostenibilidad (ES) del desarrollo de la maricultura en Ecuador, aplicando el método PCI (Principio-Criterio-Indicador) para lo cual se realizó un evento participativo que permitió seleccionar, y posteriormente desarrollar, indicadores de las cuatro dimensiones de la sostenibilidad: ambiental, social, económica y gobernanza. La ES mostró que la maricultura de las especies objetivo, en la microzonificación realizada es sostenible, tanto por dimensión, como globalmente.

Palabras Claves: *S. rivoliana*, *L. guttatus*, maricultura, Evaluación de la Sostenibilidad, zonificación

5.2. Introducción

5.2.1. Desarrollo Sostenible

Aun cuando las primeras ideas sobre desarrollo sostenible (DS) se originaron en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Ambiente Humano mantenida en Estocolmo, Suecia, en 1972, el concepto moderno de desarrollo sostenible nace a partir del Reporte *Nuestro Futuro Común* de la Comisión Mundial de la ONU sobre Medioambiente y Desarrollo (WCED), más conocido como Informe Brundtland. En este contexto, uno de los objetivos principales de la Comisión fue el proponer estrategias ambientales a largo plazo para alcanzar un desarrollo sostenido para el año 2000 y más allá de esa fecha (UN-WCED, 1987).

Citando textualmente a Brundtland, *...cuando en 1982 se debatieron originalmente las atribuciones que tendría la Comisión, hubo personas que quisieron que los trabajos se limitaran solamente a "cuestiones ambientales". Esto hubiera sido un grave error. El medio ambiente no existe como esfera separada de las acciones humanas, las ambiciones y demás necesidades, y las tentativas para defender esta cuestión aisladamente de las preocupaciones humanas han hecho que la propia palabra "ambiente" adquiera una connotación de ingenuidad en algunos círculos políticos. [...] La palabra "desarrollo" también ha sido reducida por algunos a una expresión muy limitada, algo así como lo que "las naciones pobres deberían hacer para convertirse en más ricas"... se puede decir entonces que no es posible separar los temas del desarrollo económico y social de la esfera ambiental.*

Quizás uno de los productos más destacados y más discutidos de la UN-WCED (op. cit.) sea la emisión del concepto *desarrollo sostenible es aquel que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer las propias*. Este principio, universalmente aceptado a partir de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medioambiente y Desarrollo de Río de Janeiro, 1992, fue el punto de partida de sostenido proceso de reestructuración institucional y generación de normativas que han conducido a la gestión ambiental actual de muchos países del mundo, incluido el Ecuador.

En aplicación de los principios expuestos, Ecuador declaró diecisiete Políticas Básicas Ambientales publicadas actualmente en la introducción del Texto Unificado de la Legislación Secundaria (TULSMA) del Ministerio del Ambiente (2003) indicando que, *la sociedad ecuatoriana deberá observar permanentemente el concepto de minimizar los riesgos e impactos negativos ambientales mientras se mantienen las oportunidades sociales y económicas del desarrollo sostenible. Todo habitante en el Ecuador y sus instituciones y organizaciones públicas y privadas deberán realizar cada acción, en cada instante, de manera que propenda en forma simultánea a ser socialmente justa, económicamente rentable y ambientalmente sostenible.* Se reconoce también que todas las actividades productivas son susceptibles de degradar y/o contaminar pero que hay algunas que demandan de especial atención nacional entre las que se puede destacar el rubro pesca.

Sin embargo, a pesar de todos los avances en gestión ambiental, el DS puede ser abordado desde posiciones filosóficas e ideológicas disímiles que dificultan su operacionalización y que conducen a que el concepto se encuentre en permanente discusión. A decir de Leiva (1998) la existencia de distintas aproximaciones al DS, algunas contradictorias entre sí, han originado lo que se conoce como *Debate sobre Sostenibilidad*. Rivas (1997, en Durán 2000) cuestionándose sobre el tema concluye que, el DS no es, propiamente, un concepto, sino un metaconcepto, y que, en definitiva, la potencia del mismo, a pesar de su ambigüedad, radica principalmente en el consenso que provoca en torno a sí.

5.2.2. Sostenibilidad

Las ciencias ambientales, en general, y la ingeniería ambiental, en particular, están estrechamente ligadas al objetivo de promover el DS. Sin embargo, como se ha indicado anteriormente, el tema de la sostenibilidad presenta varias posiciones filosófico-ideológicas que necesariamente deben ser abordadas desde la ciencia, tomando partido por la posición más compatible con la objetividad científica. Leiva (1998) en referencia a Turner (1993) plantea cuatro niveles de sostenibilidad (Cuadro 5.1) presentando, desde un enfoque económico, las reglas y los indicadores de sostenibilidad que tendrían diferentes perspectivas. En un extremo la *sostenibilidad muy débil*, tecnocéntrica, y en el otro la propuesta de una *sostenibilidad muy fuerte* del activismo ecológico. En el primer caso, se

pregona una sustitución perfecta entre capitales, y en consecuencia la condición de sostenibilidad radica en conservar su *stock*, es decir la sumatoria de los capitales construido por el hombre, natural y humano. Bajo este concepto, la “depreciación” del ambiente puede ser compensada por el incremento del capital económico-tecnológico. En el segundo caso, amparado en la segunda ley de la termodinámica, la sostenibilidad requeriría un nivel de actividad económica que no deteriore la capacidad de soporte del ambiente en el tiempo, con un '*sistema económico de estado estacionario*' que únicamente se puede resolver sin crecimiento económico y poblacional.

	Capital natural no crítico	Capital natural crítico
Sostenibilidad muy débil	$s/y - dk/y > 0$	Substitución perfecta entre todos los K_n y K_m
Sostenibilidad débil	$s/y - dm/y - dn/y > WSI$ $WSI > 0$ $\lambda > h$ $n > Z$	$WSI > 0$ $\lambda > h$ $n > Z$ $\delta n^* \leq 0$
Sostenibilidad fuerte	$\delta n \leq 0$ $WSI > 0$	$WSI > 0$ $\delta n \leq 0$ $\delta n^* \leq 0$ $\delta K_c \leq 0$
Sostenibilidad muy fuerte	Perfecta complementariedad entre todos K_n y K_m Economía del estado estacionario	$WSI > 0$ $\delta n \leq 0$ $\delta n^* \leq 0$ $n \leq 0$ $\delta K_c \leq 0$ $\delta K_e \leq 0$

Abreviaturas: K = totalidad de recursos de capital; s = ahorros; y = ingresos; dm = depreciación de capital construido por el hombre; dn = depreciación de capital natural; λ = cambio técnico; h = tasa de aumento de la población; n = capital natural; n* = capital natural crítico (no puede ser sustituido); Kc= capital cultural; Ke = capital moral/ético; Z = límite mínimo para asegurar estabilidad del ecosistema (establecido según un estándar mínimo de seguridad); WSI = índice de sostenibilidad. Tomado de: Turner (1993) en Leiva (1998)

En definitiva, la sostenibilidad requiere que el capital total, o la base productiva (activos) del sistema, se mantenga. Este capital tiene componentes naturales, artificiales, humanos y sociales. El capital natural se compone tanto de recursos no renovables y recursos renovables de los ecosistemas que sustentan la producción de bienes y servicios de los que

depende la sociedad. El capital artificial (o construido) consta de los medios físicos de producción. El capital humano es la capacidad de las personas para lograr sus objetivos (Chapin *et al.*, 2009).

Por otro lado, la RAE (2015) define el término “gobernanza” como el *arte o manera de gobernar que se propone como objetivo el logro de un desarrollo económico, social e institucional duradero, promoviendo un sano equilibrio entre el Estado, la sociedad civil y el mercado de la economía*. Mientras que Estrella (2011) en un ensayo sobre gobernabilidad y gobernanza, se refiere al término como un conjunto de mecanismos y condiciones que tienen por función mantener o incrementar la gobernabilidad de una sociedad, es decir la capacidad de una sociedad a gobernarse. Es decir, sin condiciones de gobernanza, la sostenibilidad no sería posible.

Se puede concluir entonces que, la sostenibilidad debe ser abordada desde las dimensiones ambiental, económica y social, a las que se debe agregar el componente de gobernanza, como un cuarto pilar de la sostenibilidad.

5.2.3. Evaluación ambiental y sostenibilidad

La Evaluación Ambiental (EA) surge como un conjunto de instrumentos de las políticas ambientales preventivas, cuyos objetivos son anticipar los resultados derivados de intervenciones ambientales previstas, permitiendo planificar las acciones de gestión más apropiadas para minimizar los impactos. Tradicionalmente la EA ha estado conformada por dos instrumentos: la evaluación de impacto ambiental (EIA) y la evaluación ambiental estratégica (EAE).

Es reconocido que por su naturaleza la EIA no evalúa los impactos ambientales acumulados y sinérgicos, ese constituye un aspecto importante de la evaluación ambiental bajo el concepto de EAE. La interpretación de los impactos acumulados es generalmente rol del Estado, como es recogido en la normativa ambiental ecuatoriana en el Texto Unificado de Legislación Secundaria (MAE, 2003) - Reglamento a la Ley de Gestión

Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental, que en el Art. 63 Sobre las Actividades con Impacto Ambiental Acumulativo – expresa que, *las entidades ambientales de control deberán evaluar los impactos ambientales acumulativos que puedan producir actividades o fuentes (individualmente) no significativas, para lo cual deberán elaborar estudios o monitoreo de calidad de un recurso.*

Partidario (1999 a, b) definió la EAE como “*un proceso sistemático y progresivo para, en la fase más temprana de la toma de decisiones de responsabilidad pública, evaluar la calidad ambiental y las consecuencias de las propuestas alternativas y de las intenciones de desarrollo incorporadas en las iniciativas de políticas, planes y programas (PPPs), garantizando la completa integración de las consideraciones biofísicas, económicas, sociales y políticas de relevancia*”. Erias y Álvarez-Campana (2006) indican que además de su aplicación a los PPPs, la EAE se aplica a las iniciativas legislativas. En este contexto, el Acuerdo Ministerial 023, analizado en la Línea Base ambiental, constituye un producto legislativo de aplicación de las políticas ambientales del Ecuador y eje principal para determinar la sostenibilidad de la maricultura oceánica en el país.

Se destaca que los instrumentos de evaluación ambiental, particularmente la EAE, se encuentran en permanente evolución, habiendo sido en principio ideados como instrumentos promotores de desarrollo sostenible (DS). De hecho, la EAE introduce una orientación preventiva en la gestión ambiental del desarrollo. A pesar de la validez de la EIA y de la EAE, su rol con respecto al DS se encuentra actualmente en discusión. Es así que, cuando se analiza el papel de la EIA en el escenario de DS, Erias y Álvarez-Campana (2006) sostienen que “*la EIA es una herramienta necesaria, pero hoy insuficiente en su enfoque sobre el uso sostenible de los recursos naturales y sobre el ciclo del producto, de la producción al consumo; insuficiente ante procesos globales, la acumulación de impactos transgeneracionales, o su transferencia internacional. Insuficiente también en su enfoque social y económico*”. Indican además que la EAE tampoco parece ser capaz de resolver las necesidades operativas de un escenario de DS, pues requiere, de forma importante, la integración del análisis ambiental, económico y social.

Autores como Sadler (1999, en Morrison-Saunders & Arts, 2012), Páez (2003) y Abaza, Bisset & Sadler (2004), entre otros, estiman necesario incorporar principios de sostenibilidad en la toma de decisiones, proponiendo herramientas de nueva generación como la Evaluación de la Sostenibilidad (ES). Lo cual ha sido definido por Devuyst (1999, en Páez, 2003) como “*el proceso formal de identificación, predicción y estimación (o evaluación) de los impactos potenciales de una iniciativa –legislación, regulación, política, plan, programa o proyecto- y sus alternativas con relación al desarrollo sostenible de una sociedad*”, es decir a ES le compete los impactos significativos sobre la sostenibilidad.

Conforme se hacen más complejos los procesos de evaluación ambiental, los métodos predictivos se hacen cada vez más cualitativos. En el caso de ES, se requiere más investigación para la predicción de como las iniciativas afectarían la sostenibilidad de las sociedades. No obstante, el uso de indicadores de sostenibilidad, que se utiliza actualmente, pudiera convertirse en una herramienta clave para este fin. En el Cuadro 5.2 se plantea el esquema evolutivo de la EA desde de primera generación (EIA), segunda generación (EAE) y tercera o próxima generación de la ES.

Cuadro 5.2 Esquema de evolución de la Evaluación Ambiental, de la EIA a la EAE, hacia la ES.	
Nivel	Enfoque
1ra generación: EIA de proyectos	Impactos ambientales y afines de las principales acciones de desarrollo.
2da generación: EAE	Efectos ambientales de políticas, planes y programas (PPPs) y legislación.
3ra o próxima generación: evaluación integrada de impacto o Evaluación de la Sostenibilidad (ES)	Impactos económicos, ambientales y sociales de proyectos y propuestas de nivel estratégico, o evaluación de la sostenibilidad probada contra tendencias o criterios de la triple <i>línea de fondo</i> económica, ambiental y social.
Adaptado de Sadler (1999, en Morrison-Saunders & Arts, 2012)	

Cabe resaltar que a decir de Páez (2003) todo intento de ES debe basarse en los Principios de Bellagio (IISD, 1997), los que constituyen directrices para la totalidad del proceso de ES. Los Principios, conforme se resumen en el Cuadro 5.3, están relacionados entre sí y deben aplicarse como un conjunto completo. Están diseñados para su uso en el arranque y

mejora de las actividades de evaluación. El Cuadro en referencia vincula los Principios con el presente análisis de la sostenibilidad de la maricultura oceánica en Ecuador.

Cuadro 5.3. Principios de Bellagio		
Principio	Guía para la ES	Presente estudio
1. Visión Guía y Objetivos	<ul style="list-style-type: none"> • visión clara del desarrollo sostenible 	Discusión introductoria
2. Perspectiva Holística	<ul style="list-style-type: none"> • revisión de todo el sistema, así como sus partes • considerar el bienestar de los subsistemas ecológico, social y económico, así como la dirección y la velocidad de cambio de sus componentes, y la interacción entre las partes. 	Línea base Macrozonificación Microzonificación ES
3. Elementos Esenciales	<ul style="list-style-type: none"> • considerar la equidad actual e intergeneracional, las condiciones ecológicas de las que depende la vida, el desarrollo económico y otras actividades no de mercado que contribuyan al bienestar. 	Línea Base Estudio de adaptabilidad ES
4. Alcance Adecuado	<ul style="list-style-type: none"> • adoptar un horizonte de tiempo capaz de captar escalas de tiempo humano y del ecosistema para la toma de decisiones • definir el espacio de estudio capaz de incluir lo local y los impactos de larga distancia 	Estudio de adaptabilidad ES
5. Enfoque Práctico	<ul style="list-style-type: none"> • conjunto explícito de categorías que vincule la visión y metas a los indicadores y criterios de ES • número limitado de temas clave para el análisis • número limitado de indicadores 	Microzonificación ES
6. Apertura	<ul style="list-style-type: none"> • métodos y datos accesibles a todos • hacer explícitos todos los juicios, suposiciones e incertidumbres en los datos e interpretaciones 	Materiales y métodos de los estudios ES
7. Comunicación Eficaz	<ul style="list-style-type: none"> • orientación a resolver necesidades • diseño de indicadores y otras herramientas estimulantes para los tomadores de decisiones • lenguaje objetivo, simple, claro y sencillo 	Análisis de la sostenibilidad (estudio integral)
8. Participación Amplia	<ul style="list-style-type: none"> • representación de las bases principales, los grupos profesionales, técnicos y sociales, • participación de los tomadores de decisiones para asegurar un vínculo firme con las políticas adoptadas y acción resultante 	Taller de ES Congresos Reuniones de trabajo Cambios normativos
9. Evaluación Continua	<ul style="list-style-type: none"> • desarrollar una capacidad de medición para determinar las tendencias • iterativo, adaptable y sensible a los cambios y la incertidumbre • ajustar los objetivos, marcos e indicadores a los nuevos conocimientos 	Macrozonificación Microzonificación ES
10. Capacidad Institucional	<p>La continuidad de la ES debe garantizarse:</p> <ul style="list-style-type: none"> • proporcionando la capacidad institucional para la gestión de información • desarrollando capacidad de evaluación local 	Publicaciones CEIDA-UPSE SA
<p>CEIDA: Centro de Estudios Integrales del Ambiente, SA: Subsecretaría de Acuicultura (Ecuador) Fuentes: adaptado de IISD (1997), el presente trabajo</p>		

5.2.4. Indicadores de sostenibilidad y maricultura

La FAO, en el Informe Técnico para Pesca y Acuicultura No. 549 (Kapetsky et al., 2013) evaluó el potencial de desarrollo de la maricultura oceánica global desde una perspectiva espacial. Los resultados mostraron una de las más altas intensidades de producción, período 2004-2008, en los países del Mediterráneo y del Mar Negro, destacándose principalmente España y Francia. Es así que, a través de la Comisión General de Pesca del Mediterráneo (CGPM) se ejecutó el Proyecto InDAM “*Indicadores para el desarrollo sostenible de la Acuicultura y guía para su uso en el Mediterráneo*” enfocado específicamente en la maricultura de peces. Para esto, se utilizó la definición de DS emitida por la FAO en 1997 conforme fuera expresado por Fezzardi et al. (2013), donde “*DS es el manejo y la conservación de la base natural de recursos y la orientación del cambio tecnológico e institucional de tal modo que asegure la satisfacción continua de las necesidades humanas para generaciones presentes y futuras. Tal DS conserva tierra, agua y recursos genéticos vegetales y animales, es ambientalmente no-degradante, técnicamente apropiado, económicamente viable y socialmente aceptable*”. Esta directriz permitió generar los documentos básicos del proyecto: *Indicadores para el desarrollo sostenible de la acuicultura de peces en el Mediterráneo* (GFCM, 2011) e *Indicadores para la Acuicultura sostenible en los países del Mediterráneo y Mar Negro: Guía para el uso de indicadores para monitorear el DS de la acuicultura* Fezzardi et al. (2013). Paralela y complementariamente, el Observatorio español de acuicultura desarrolló, en colaboración con la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), la Asociación de Productores de Cultivos Marinos de España (APROMAR) y la CGPM, los *Indicadores de sostenibilidad para viveros flotantes en la acuicultura marina Mediterránea* (FOESA, 2011). Los instrumentos arriba mencionados describen y aplican una herramienta actual, específicamente construida para la generación y utilización de indicadores de sostenibilidad de una actividad tan concreta como la acuicultura marina en jaulas, perfectamente adaptable a la propuesta metodológica de ES del desarrollo de la maricultura oceánica en Ecuador.

La función principal de un indicador es la comunicación, según lo definieron Gabrielsen y Bosch (2003), un indicador es *un valor observado que es representativo de un fenómeno*

estudiado. La información que suministran es sintetizada pues son obtenidos mediante la agregación de múltiples datos, pudiendo ayudar a revelar fenómenos complejos. Fezzardi *et al.* (2013) han indicado que tres condiciones básicas de un indicador son: simplificación, cuantificación y comunicación; mientras que buenas características incluyen ser medibles y alcanzables. Un indicador puede revelar posiciones relativas en una dimensión dada. A decir de la OECD¹⁰ (2008), cuando un indicador se evalúa a intervalos regulares, este puede señalar la dirección del cambio a través del tiempo. Los indicadores son útiles para identificar las tendencias y llamar la atención sobre cuestiones particulares, y pueden también ser útiles para priorizar las políticas públicas y la comparación con estándares o monitoreo del desempeño. La aplicación y el uso de indicadores para la acuicultura es considerada como la herramienta más adecuada para crear las condiciones para un crecimiento sostenible y es necesaria para evaluar y monitorear el progreso de las actividades de la maricultura (GFCM, 2011).

Con estos antecedentes, el éxito del proceso de evaluación de la sostenibilidad (ES) radica principalmente en entender que constituye un proceso holístico por su condición multidimensional ambiental, económica, social y cultural, y en la habilidad científica de traducir estos conceptos en información capaz de ser medida objetivamente.

Se pretende entonces, en aplicación de los principios descritos, obtener una micro-zonificación para la maricultura oceánica de pargo (*Lutjanus guttatus*) y huayaípe (*Seriola rivoliana*), a partir de la macro-zonificación del mar ecuatoriano realizada por Chavarría (2015), satisfaciendo condiciones multidimensionales de sostenibilidad que propicien el DS de la actividad. En definitiva se busca analizar los casos de posibles impactos sobre la sostenibilidad de los proyectos, que puedan ser resueltos desde la planificación espacial, aplicando conceptos como el de localización óptima de instalaciones (Moreno, 2012), profundidad tecnológicamente más adecuada, interferencia con pesquerías, etc. Finalmente se analizará aquellos casos que no se puedan incorporar al análisis espacial y se evaluará la sostenibilidad en Ecuador de la maricultura de las especies indicadas.

¹⁰ Organización para la Cooperación y Desarrollo Económicos. Su misión es promover políticas que mejoren el bienestar económico y social de las personas alrededor del mundo.

5.3. Materiales y Métodos

Previo al proceso de ES propiamente dicho, es necesario estructurar un marco metodológico que conduzca a esa meta en aplicación de los principios de Bellagio. En la presente investigación, se utiliza y adapta la estructura metodológica del método ASSIPAC (*Assessing the Sustainability of Societal Initiatives and Proposing Agendas for Change*) propuesto por Devuyst (1999) en su trabajo *Evaluación de la Sostenibilidad: aplicación de un marco metodológico* herramienta reiteradamente referenciada que constituye un aporte a la toma de decisiones. La estructura adaptada y resumida del método ASSIPAC se presenta en el Cuadro 5.4, incluyendo los distintos componentes del presente estudio.

Cuadro 5.4. Aplicación del método ASSIPAC al proceso de microzonificación de la maricultura de <i>Lutjanus guttatus</i> y <i>Seriola rivoliana</i> en Ecuador (<i>Assessing the Sustainability of Societal Initiatives and Proposing Agendas for Change</i>)	
Principio	Presente estudio
1. Identificación de Evaluador o equipo de evaluación	Autor
2. Reunir información sobre la iniciativa y alternativas	Evolución normativa
3. Identificar fuentes de información y datos	Proyecto
4. Identificar estándares de sostenibilidad para el área (mejor práctica de DS existente en un contexto internacional)	Línea Base Macrozonificación Microzonificación ES
5. Información sobre reacción de personas clave en relación a la iniciativa	Identificación de problemas Línea base Microzonificación ES
6. Análisis de campo de fuerza Fuerzas sociales que impiden el avance de la iniciativa más sostenible	Microzonificación ES
7. Análisis de las características (lista de verificación): generales, ambientales, socio-culturales, económicas y de planificación de la iniciativa	
8. Evaluación de la sostenibilidad de la iniciativa	Taller de ES ES
9. Agenda para el cambio	Conclusiones

5.3.1. Microzonificación

La información cartográfica geo-referenciada se procesó utilizando el sistema de información geográfica QGIS 2.6 Brighton (*open source*). Se trabajó en base a la

generación de varias capas de información obtenidas en el estudio de Línea Base Ambiental, macrozonificación para maricultura y Sistema Nacional de Información (SNI, 2014), complementariamente se aplicaron rutinas de geoprocso para la aplicación cartográfica de las mejores prácticas sostenibles para maricultura oceánica. Toda la información procesada en SIG fue manejada en coordenadas UTM referidas al datum WGS84 y al meridiano 17 centrado en 81°W.

La determinación de mejores prácticas sostenibles se realizó en base a un análisis cartográfico involucrando información referida por distintos autores en un marco de maricultura internacional y que expresen condiciones que aporten sostenibilidad en un contexto geográfico. Es decir que su aplicación exprese un indicador positivo en términos de sostenibilidad. Las áreas en que esto fue posible realizar son: el área social y de gobernanza, expresada principalmente en la interacción con pesca y turismo, así como el componente de seguridad; el área ambiental con zonas formadoras de hábitats, zonas de tránsito de ballenas y tortugas marinas y zonas con potencial de contaminación; y, el área económica traducida en sus componentes tecnológico y logístico.

Las áreas técnicamente viables, previamente identificadas, fueron reducidas en un análisis paso a paso hasta llegar a una microzonificación con un carácter sostenible, con una escala de sostenibilidad coherente con la propuesta desarrollada en el componente de ES.

5.3.2. Evaluación de la Sostenibilidad (ES) método PCI

Para la ES se ha adaptado el método PCI (Dimensión de la sostenibilidad - Principio – Criterio – Indicador) utilizado en el Proyecto InDAM (GFCM, 2011; Fezzardi et al., 2013), que considera los cuatro pilares o dimensiones de la sostenibilidad: ambiental, social, económica y gobernanza, a partir de los cuales se desarrolló un conjunto de indicadores como se describe en el Cuadro 5.5.

Cuadro 5.5. Número de criterios e indicadores de maricultura asociados a dimensiones y principios de la sostenibilidad. Tomados de: GFCM (2011).

Dimensión	Principio	Criterio (No.)	Indicador (No.)
Ambiental	1. Minimizar el impacto global de la maricultura	4	8
	2. Respetar los servicios ecológicos de los ecosistemas	4	15
	3. Minimizar el impacto sobre las condiciones ambientales locales y biodiversidad	6	28
Económica	1. Fortalecimiento del consumo responsable y el mercado orientado a la maricultura	6	10
	2. Fortalecimiento de la capacidad de gestión de evaluación de riesgos y de crisis	7	17
	3. Fortalecimiento de la gestión financiera de las empresas	5	15
	4. Fortalecimiento del papel de las organizaciones profesionales para la sostenibilidad económica de la maricultura	4	8
Social	1. Contribución a la seguridad alimentaria y necesidades de salud nutricional	2	3
	2. Fortalecimiento del papel de las organizaciones de productores de mejorar la imagen de la acuicultura, la conciencia y responsabilidad social	5	6
	3. Fortalecimiento la responsabilidad social de los productores	4	6
Gobernanza	1. Fortalecer la integración de la maricultura en desarrollo local	5	5
	2. Promover la participación en procesos de toma de decisiones	5	10
	3. Fortalecimiento de la investigación, sistemas de información y servicios de extensión	3	4
	4. Fortalecimiento de capacidades institucionales en relación con el desarrollo sostenible	3	8
Total	14	63	143

Del conjunto de 143 indicadores se seleccionó un subconjunto de 15 indicadores, 6 para la dimensión ambiental, y 3 por cada una de las dimensiones económica, social y gobernanza, con el objeto de realizar la ES. Para esto, cada indicador fue evaluado, en base a cuatro atributos seleccionados, en un proceso participativo utilizando la tabla de atributos presentada en el Cuadro 5.6.

El proceso se realizó durante una Conferencia-Taller realizado en la Universidad Estatal Península de Santa Elena, ciudad de La Libertad, Ecuador, habiendo contado con la participación de representantes de universidades, escuelas politécnicas, municipalidades, ministerios, empresa acuícolas y pesqueras privadas, gremios pesqueros artesanales, etc. El número de asistentes fue de 116 talleristas, representando a 24 instituciones-agremiaciones y 10 empresas privadas (Tomalá y Chavarría, 2013).

Cuadro 5.6. Tabla para la selección de los atributos más representativos de los indicadores. Tomados de: GFCM (2011).

No	Atributo	Definición
1	Relevancia	Es relevante para los objetivos de los criterios y principios aprobados.
2	Comprensible	Es claro y percibido de la misma forma por todos los participantes
3	Fiable	Tiene una base científica sólida y una metodología aplicada con éxito
4	Reproducible /verificable	Es posible de aplicar en distintos tiempos y lugares con resultados igualmente fiables
5	Disponibilidad de datos	Es posible estimar o producir utilizando datos o información disponible o que puede ser estimado o medido con una relación coste/esfuerzo razonable
6	Compatibilidad internacional	Es compatible con otros indicadores desarrollados por otros países, regiones o administradores
7	Transparencia	Es accesible a todos los usuarios
8	Disponibilidad de valores de referencia	Puede ser comparado o monitoreado mediante valores de referencia fácilmente disponibles
9	Aceptable	Es aprobado por diferentes usuarios o actores
10	Solidez	Difícil de manipular (distorsionar por terceros)

La evaluación se realizó asignando a cada indicador, por dimensión, un valor entre 1 y 5 para cada uno de los cuatro atributos seleccionados en el paso previo, utilizando la siguiente escala, 1: débil-insuficiente, 2: regular, 3: bueno, 4: muy bueno, 5: excelente.

Finalmente, se obtuvo un promedio ponderado de cada indicador en base a la aplicación de la siguiente ecuación:

$$P_{Ind} = p_1(A_1) + p_2(A_2) + p_3(A_3) + p_4(A_4) \quad (5.1)$$

Donde:

p: valor de ponderación obtenido con la participación de expertos (Anexo 2).

A: valoración, para el indicador, del atributo seleccionado

Con los valores finalmente obtenidos los indicadores se ordenaron de mayor a menor puntuación por dimensión, para facilitar la selección de los más representativos para el proceso de ES. Teniendo en cuenta el orden establecido, se seleccionaron aquellos con factibilidad de ser proyectados en un ejercicio predictivo, que contaran con información existente para ser definidos metodológicamente y contrastados contra estándares. Cabe

indicar que, el cálculo de los indicadores puede conllevar el uso de fórmulas que pueden ser cuantitativas o cualitativas (FOESA, 2011).

Los indicadores fueron valorados sobre en base a una escala de 5 puntos, donde, para este trabajo: 1 = insostenible, 2 = alejado de la sostenibilidad, 3 = acercamiento a la sostenibilidad, 4 = sostenible, y 5 = sostenibilidad alta o fuerte.

Para la valoración y visualización final de cada indicador, se caracterizó la sostenibilidad en base a un esquema de semáforo, donde el color verde expresa sostenibilidad (5 y 4) y el color rojo no-sostenibilidad (2 y 1), mientras que el color amarillo (3) expresa un valor intermedio o un cambio de fase en una tendencia.

Para la valoración final integrada de sostenibilidad se utilizó la escala presentada en la Figura 5.1. Se destaca que para que una actividad sea considerada sostenible no puede haber indicadores en rojo.

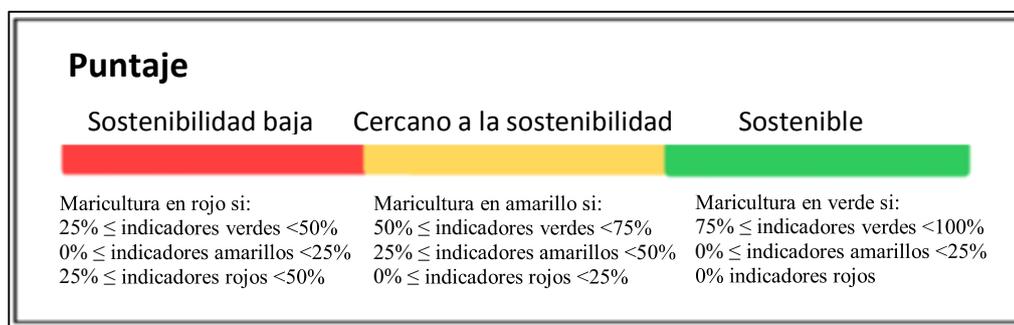


Figura 5.1. Escala de semáforo para la determinación de la sostenibilidad de la maricultura. FUENTE: Adaptado de Fezzardi *et al.*, 2013

Con el objeto de cumplir con la escala presentada en la Figura 1, para efectos metodológicos de evaluación, se consideró que las buenas prácticas aplicadas en el proceso de microzonificación, aportan directamente con un indicador verde a las dimensiones no ambientales.

5.4. Resultados y discusión

5.4.1. Microzonificación ambiental para la maricultura oceánica

En aplicación del método ASSIPAC se identificaron estándares de sostenibilidad para el área en base a mejores práctica de DS existentes en la experiencia de otros países con una maricultura desarrollada, los que son resumidos en el Cuadro 5.7. Los estándares correspondieron a los cuatro pilares de la sostenibilidad descritos con anterioridad y cada uno de ellos representa en esencia un indicador como se describe a continuación:

Cuadro 5.7. Mejores prácticas sostenibles por dimensión de la sostenibilidad			
Dimensión	Tipo	Práctica	Referencia
Ambiental	Protección de zonas sensibles	1. No realizar cultivos en jaulas en áreas con fondos rocosos.	Sanz-Lázaro C., 2013
		2. Conservación de ballenas, mamíferos y tortugas marinas.	CPPS, 1991; Félix y Haase, 2005; MAE, 2007; Baquero <i>et al.</i> , 2010; Félix <i>et al.</i> , 2011. Félix com. Pers, 2014; MAE, 2014.
	Calidad ambiental	3. No implementar proyectos en zonas con problemas crónicos de contaminación	Allauca, 1990. Narváez, 2000; Aumala, 2014
Social - Gobernanza	Interacción con actividades socio-económicas y de conflicto social	4. No implementar proyectos en zonas con problemas evidentes de seguridad	Prensa y comunicaciones personales
		5. Evitar la interacción con turismo ecológico de observación de ballenas	Weber, 2003; MAE, 2007; Perrone <i>et al.</i> (2009)
		6. Interacción ordenada con pesca industrial y artesanal.	Arriaga y Martínez, 2002; Prado, 2009; Coello <i>et al.</i> , 2011; Elías y Guamán, 2012; Jurado y González, 2012; Herrera <i>et al.</i> , 2014; MAGAP, 2015a
Económica	Tecnológicas	7. Planificar proyectos hasta profundidades tecnológica y económicamente sostenibles.	Silva <i>et al.</i> , 1999; Macías <i>et al.</i> , 2001; Sánchez-Molero y Baviera, 2005; Benneti <i>et al.</i> , 2010
	Logísticas	8. No implementar proyectos en zonas de acceso a puertos o vías marinas.	INOCAR, 2005; MAGAP, 2015b
		9. Privilegiar proyectos a una distancia adecuada a puertos o caletas con facilidades pesqueras.	Benneti <i>et al.</i> , 2010; VAP, 2014
		10. Privilegiar proyectos en áreas con facilidades como vías de acceso, energía, aeropuertos, proveedores de insumos y proveedores de semilla	Presente trabajo

En el mismo contexto, la Figura 5.2 presenta las interacciones en el área de estudio de las distintas actividades o procesos objeto de las prácticas sostenibles.

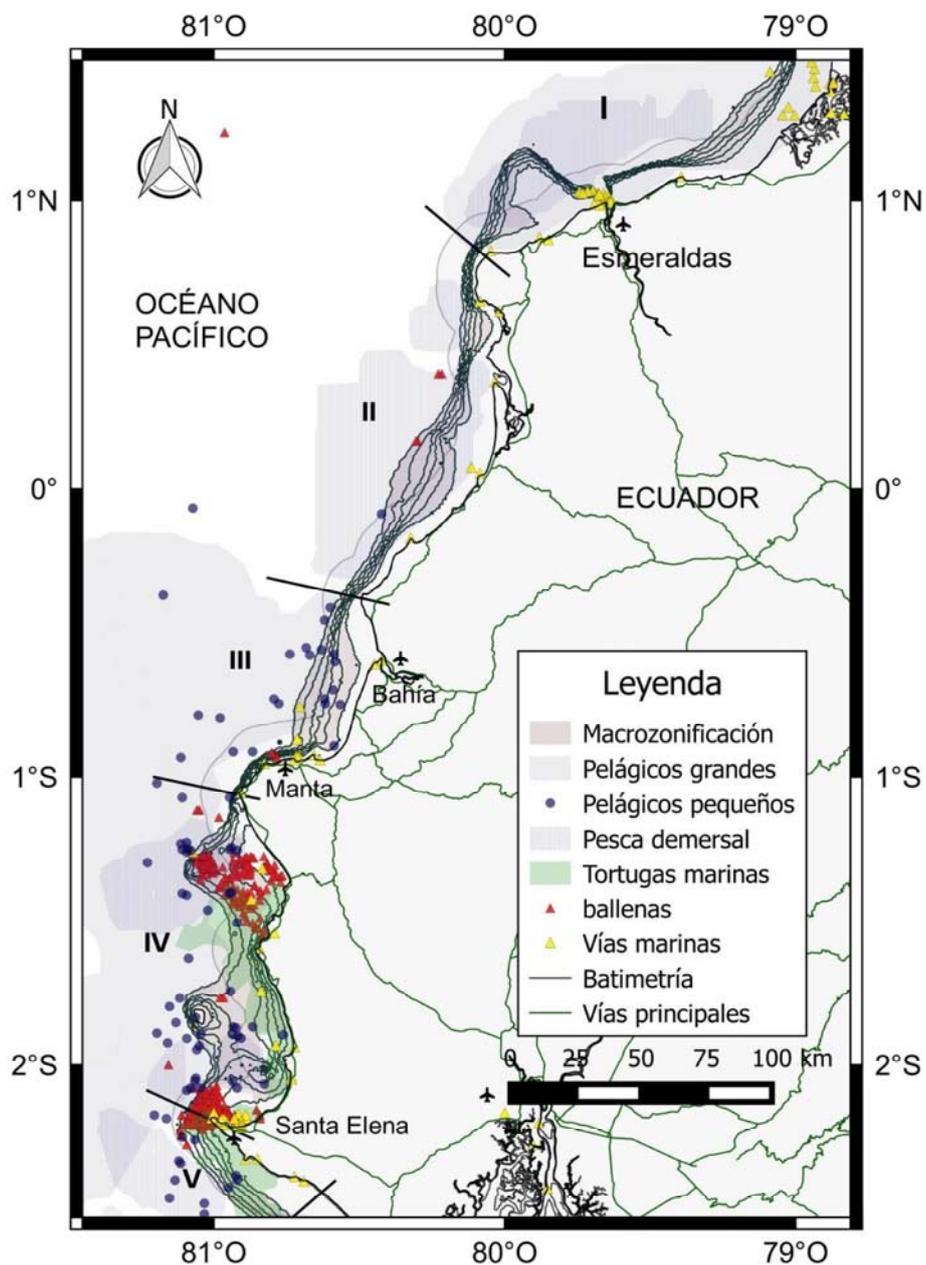


Figura 5.2. Interacción de las áreas técnicamente viables con otras actividades y procesos ambientales y socio-económicos que pueden afectar la sostenibilidad de los procesos de maricultura en jaulas.

5.4.1.1. Mejores prácticas sostenibles

Práctica sostenible 1. No realizar cultivos en jaulas en áreas con fondos rocosos.

La normativa ecuatoriana de maricultura (MAGAP, 2015) permite la realización de maricultura en áreas con fondos rocosos e incluso en áreas de reserva marina. Las áreas marinas protegidas en el Ecuador se encuentran en la mayoría de los casos en zonas con fondos rocosos. Al respecto, Sanz-Lázaro C. (2013) ha indicado que estas áreas favorecen la formación de hábitats, por lo que no son recomendables para proyectos de maricultura de peces en jaulas flotantes. En consecuencia en este trabajo se considera una práctica no-sostenible la implementación de proyectos en zonas con fondos rocosos. No obstante, esto no excluiría necesariamente los proyectos de moluscos o algas. La aplicación de la práctica sostenible excluye los fondos rocosos es decir, la ejecución de proyectos en zonas de reserva marina y otras identificadas.

El documento “Derrotero de la costa continental e insular del Ecuador” (INOCAR, 2005) describe las zonas rocosas a lo largo de la costa. Entre los arrecifes no ubicados en zonas de reserva, se pueden destacar: el que existe entre Punta Gorda y Atacames, en la Zona de estudio I, para lo cual el documento indica que *este arrecife tiene una forma de lengua que partiendo desde la playa se interna 6 millas mar adentro, con una profundidad que va desde 2 a 4.3 m.* En segundo lugar se puede mencionar el Bajo Montañita en la Zona IV, *ubicado al SW. y a 18 millas de Isla Salango y al W. de Punta Montañita, con un diámetro de 3 millas y con una profundidad mínima de 10 m.*

La interpretación cartográfica indica que las principales zonas rocosas se excluyen automáticamente en la definición del área de estudio, pues en general se encuentran a profundidades menores a 20 m.

Práctica sostenible 2. Conservación de ballenas, mamíferos y tortugas marinas.

Un monitoreo de la pesca incidental de tortugas marinas en el área del Parque Nacional Machalilla mostró que las artes de pesca con las cuales éstas eran capturadas son las redes

de trasmallo, líneas de espinel y redes de cerco (MAE, 2007). Las redes de las jaulas flotantes son perfectamente visibles, no contiene anzuelos con carnada, y son “estáticas”, en tal sentido, no constituirían un factor de amenaza significativo para la población de tortugas marinas. No obstante, a la luz de reportes de seguimiento de tortugas carey provistas con transmisores satelitales, reportados por Baquero, Peña y Muñoz (2010), se ha podido determinar un recorrido coincidente principalmente con las áreas protegidas PNMACHALILLA, REMAPE y REMACOPSE, áreas donde reporta también la mayor cantidad de anidamiento de tortugas marinas frente al área de estudio (MAE, 2014), conforme fuera expresado en la Línea Base ambiental.

Felix *et al.* (2011) reportan 140 casos de varamientos de mamíferos marinos en la costa continental ecuatoriana, reportados durante el período 1996-2009, pertenecientes a los Órdenes Cetacea (86%) y Carnivora (14%). Los varamientos fueron registrados en las cinco provincias costeras, aunque con mayor proporción en Santa Elena – zonas IV y V (65% del total). La especie con mayor incidencia fue la ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*) (27.5%). En las ballenas jorobadas (o yubartas) y delfines comunes las clases de edad más frecuentemente encontradas varadas fueron neonatos y animales jóvenes. En el 23% de los casos, se estableció que la causa primaria o probable del varamiento estuvo relacionada con actividades antrópicas: interacción pesquera (25 casos) y colisiones con embarcaciones (7 casos). En Ecuador, el varamiento de ballenas ha sido asociado a la pesca incidental con redes de pesca, la mayoría con redes de trasmallo (MAE, 2007). Con excepción de *M. novaeangliae*, la presencia de otras especies de mamíferos marinos, con comportamiento más oceánico, no es significativa en el área de estudio. La población de ballenas jorobadas se considera en estado vulnerable, así, en 1990 (CPPS, 1991) el mar ecuatoriano fue declarado Santuario de Ballenas y Refugio de Ballenas. Un estudio de observaciones de ballenas jorobadas realizadas durante período 1959 a 2003, conducido por Félix y Haase (2005), mostró que la mayor parte de las observaciones se ha realizado en las inmediaciones de la puntilla de Santa Elena (Salinas) y entre la Isla de la Plata y el Parque Nacional Machalilla, donde, a pesar de las diferencias topográficas, las ballenas aparecieron para mantener un patrón común de distribución en aguas de 20 a 60 m de profundidad, es decir el área más apropiada para los proyectos de maricultura oceánica de peces. Sólo el 2,5% de los avistamientos fueron realizados en aguas de más de 60 m.

Félix (Com. Pers., 2014) indicó que el problema de la interacción de las ballenas con las jaulas, principalmente de los neonatos, estaría asociado a los aparejos de amarre al fondo, antes que a las jaulas mismas, las cuales serían perfectamente visibles; Como ejemplo indicó problemas de las trampas utilizadas en las pesquerías de centollas de Alaska.

Con estos antecedentes, este estudio considera una práctica no sostenible la ejecución de proyectos en el área de influencia del PNMACHALILLA y en la REMACOPSE. La última fue ya excluida con anterioridad, no obstante la primera debe ser excluida también por su alta concentración de ballenas jorobadas, tortugas marinas y zonas de anidamiento.

Práctica sostenible 3. No implementar proyectos en zonas con problemas crónicos de contaminación

La Unidad de Protección Ambiental de Petroecuador (Narváez, 2000) reporta que, entre octubre de 1997 y marzo del 2000, se produjeron 10 accidentes o incidentes, con potencial de derrame de hidrocarburos hacia la cuenca del Pacífico (Río Esmeraldas - Zona I) por un acumulado de 50218 barriles. Los accidentes más representativos que afectaron el área marina y zonas de pesca en el referido período fueron cuatro, por un aproximado de 23669 barriles. Más recientemente, Aumala (2014) realizó una cronología de los derrames de petróleo en Ecuador, indicando que en 1972, días después de la inauguración del Sistema Oleoducto Transecuatoriano (SOTE), se produjo el primer derrame en Esmeraldas, por un total de 32000 barriles de petróleo. Indica también que en el período 1972 - 2010, el MAE registró 1103 derrames en Ecuador, sin contar los de pequeña magnitud. En abril de 2013, más de 5000 barriles de petróleo se derramaron en Esmeraldas, por una rotura del Oleoducto de Crudos Pesados (OCP). En mayo de 2013, una grieta en la línea submarina del Terminal Petrolero de Esmeraldas, ocasionó otra fuga de hidrocarburos, cerca de 3 MN mar adentro. Finalmente, en junio de 2014, una fuga de 250 barriles de hidrocarburos ocurrió a 5MN de la costa de Esmeraldas, con la afectación del sector pesquero artesanal.

En este contexto, por la dirección predominante de la Corriente Costanera Ecuatoriana (Allauca, 1990) la pluma de dispersión de contaminantes, normalmente se dirige hacia el

nor-este, llegándose incluso a producir contaminación transfronteriza, la cual ha afectado hasta las costas de Tumaco en el vecino país de Colombia.

Existe un factor de riesgo permanente hacia el área al noreste de la boca del río Esmeraldas, en coincidencia con la zona de estudio, de ser afectada por procesos de contaminación por hidrocarburos. En tal sentido, se considera no sostenible la implementación de proyectos de maricultura en esta área.

Práctica sostenible 4. No implementar proyectos en zonas con problemas evidentes de seguridad

Aun cuando es difícil acceder a información oficial de los niveles de inseguridad de la zona norte de Esmeraldas en el área de influencia de la frontera con Colombia, la prensa frecuentemente informa sobre la ocurrencia de casos de actividades ilícitas en el mar y costa, básicamente asociadas a piratería (asaltos a los pescadores artesanales), narcotráfico, presencia de grupos irregulares y delincuencia común. Lo que se confirma por comunicaciones personales de colegas investigadores marinos que han realizado actividades en el área, los cuales dan cuenta de amenazas recibidas con el objeto de que abandonen los sitios de investigación.

Considerando que el control de la seguridad es un tema clave en los emplazamientos para maricultura, lo cual puede significar el incurrir en elevados costos logísticos y económicos, a lo que se debe sumar la recurrencia de eventos de contaminación por derrames de hidrocarburos, arriba descritos, se considera una práctica no sostenible realizar actividades de maricultura en el área norte de la zona I.

Práctica sostenible 5. Evitar la interacción con turismo ecológico de observación de ballenas

Con el objeto de evitar la interacción de ballenas jorobadas con las jaulas y sus aparejos, Weber (2003) sugiere que los maricultores podrán utilizar dispositivos acústicos con

emisores de alta potencia, bajo el agua, que los mamíferos marinos encuentran desagradable. El sonido agudo emitido por los dispositivos puede ser doloroso para delfines, marsopas y ballenas, excluyéndolos efectivamente de áreas que pueden ser importantes para ellos. Estudios canadienses encontraron que las orcas y marsopas se apartan hasta 10 kilómetros de un dispositivo acústico. De implementarse dispositivos de este tipo en las zonas con mayores avistamientos de ballenas jorobadas, pudiera ahuyentarlas de estas áreas tradicionales de apareamiento y crianza que a la vez constituyen áreas de avistamiento y de un mercado turístico consolidado. Según Perrone *et al.* (2009) se puede estimar que la observación de ballenas es el producto de la zona marino costera ecuatoriana mejor posicionado internacionalmente.

El MAE (2007) en referencia a Brtnik (2000) y Scheidat (2001) indica que en interacciones de yubartas con embarcaciones, los cetáceos registran un aumento de velocidad y cambios de comportamiento. Las ballenas en sus áreas de reproducción no se alimentan, dependiendo de sus reservas de grasa, siendo especialmente vulnerables a situaciones de estrés, lo cual implican un mayor uso de energía y consumo de la grasa acumulada. En consecuencia, la operación de jaulas en áreas de fuerte presión de observación de ballenas, particularmente en el área de influencia del PNMACHALILLA constituiría un tensor ambiental adicional, por lo tanto, no se considera una práctica ambiental y socialmente sostenible en esta área.

Práctica sostenible 6. Interacción ordenada con pesca artesanal e industrial

El análisis de campo de fuerza, entendido como la identificación de los elementos que obstaculizan la consecución de un objetivo, es un aspecto a considerar en la determinación de la sostenibilidad en el método ASSIPAC. En este caso, identificar las fuerzas sociales capaces de impedir el avance de las iniciativas de maricultura. Aun cuando esto fue un factor indirectamente considerado en el análisis de la interacción de turismo de avistamiento de ballenas con maricultura, es en la interacción con pesca donde esto pudiera ser más gravitante. En la Figura 5.2. se presenta información de áreas de pesca de los distintos recursos existentes en la zona de influencia de la macrozonificación para maricultura propuesta en este estudio, pudiéndose observar que existe interacción del área

de estudio con distintas pesquerías, lo cual pudiera significar factores contrarios al interés de desarrollar la maricultura oceánica. En tal sentido, se han adoptado estrategias que minimicen esta posible interacción conforme se detalla continuación.

Pesca Industrial: Por factores normativos, la pesca industrial únicamente debe constituir una fuerza opuesta en aquellos casos donde el área de estudio delimitada sobrepasa las 8 MN de uso exclusivo artesanal. La cartografía de áreas de pesca (Arriaga y Martínez, 2002; Prado, 2009; Jurado y González, 2012) ha expresado que este factor es importante únicamente en las zonas IV y V, principalmente en el área de influencia del “Bajo Montañita”, en sitios que constituyen caladeros tradicionales en la captura de pelágicos pequeños.

Considerando que la flota sardinera, como se conoce a la que extrae este recurso, realiza extensos recorridos en la búsqueda de los cardúmenes y utiliza red de cerco, cuya operación puede ser afectada por la presencia de las jaulas. La práctica sostenible consiste en la exclusión de los caladeros de pelágicos pequeños, en las zonas IV y V, para la producción acuícola. Cabe resaltar además que estos caladeros se encuentran a una distancia considerable de la costa, en zonas particularmente expuestas y de intenso tráfico marítimo.

Pesca Artesanal: Los gremios artesanales han constituido tradicionalmente los que mayor oposición han ejercido al establecimiento de la maricultura en jaulas. Sin embargo, actualmente se está impulsando el proyecto “Maricultura y piscicultura para el fomento acuícola en el Ecuador” financiado por el MAGAP y dirigido a la comuna pesquera artesanal de San Mateo (MAGAP, 2015a). Con la reorientación en la distribución de zonas para maricultura y la experiencia exitosa de varios proyectos de maricultura de moluscos, se podría esperar un menor nivel de conflictividad con el sector.

Algunos trabajos entre ellos los de Arriaga y Martínez (2002), Elías y Guamán (2012); y Coello et al. (2011) muestran las áreas de pesca donde se desarrollan las pesquerías de pelágicos grandes y especies demersales de pesca blanca. Las capturas de pelágicos grandes se realizan en una área de pesca significativamente grande y en sitios cada vez más

alejados de la costa, mostrando una interacción marginal en las zonas I y III. Por su parte, las áreas de captura de peces demersales, interactúan con el área de estudio principalmente en las Zonas I, parte sur de la zona II y escasamente en la zona IV. Las artes utilizadas en estas pesquerías (Herrera *et al.*, 2014) no representan un motivo de conflicto con maricultura en jaulas, más bien estas favorecen la aglomeración de peces bajo ellas.

Por su escasa interacción con las actividades de maricultura y la amplitud de espacios para la pesca artesanal, no se excluirán áreas de maricultura por esta pesquería.

Práctica sostenible 7. Planificar proyectos hasta profundidades tecnológica y económicamente sostenibles.

Sánchez-Molero y Baviera (2005) indican que los avances en gestión, mantenimiento y rentabilidad de maricultura oceánica en jaulas, entre 40 a 50 m de profundidad, incentivarán proyectos en estas profundidades en España. Por su parte Silva *et al.*, (1999) en su estudio sobre determinación de zonas de aptitud acuícola en Chile, asignaron el valor más alto de ponderación a las profundidades entre 20 a 40 m, un valor intermedio a profundidades entre 40 y 50 m y aptitud de 0 a profundidades mayores a 50 m. Mientras que, Macías *et al.* (2001) establecieron las isobatas de 50 a 60 m como las cotas máximas para proyectos en operación, con una predominancia de aquellos ubicados entre las isóbatas de 20 a 50 m. Benneti *et al.* (2010) señalan que profundidades hasta 40 m son preferibles porque es el límite de inspección de buzos sin equipo sofisticado, sin embargo, recomiendan proyectos hasta la isóbata de 60 m.

Aun cuando es tecnológicamente posible instalar jaulas en isobatas mayores a 60 m, se considera que esas profundidades están más dirigidas a proyectos experimentales que a proyectos económicamente viables, sobre todo en una etapa inicial como la maricultura en Ecuador. Se ha asignado en este estudio un valor de sostenibilidad de 5 a proyectos con profundidades de 20 a 40 m, y un valor de 4 a proyectos entre 40 a 60 m, considerándose no sostenibles las profundidades mayores a 60 m, por lo que estas últimas fueron excluidas en el proceso de microzonificación.

Práctica sostenible 8. No implementar proyectos en zonas de acceso a puertos o vías marinas.

El Acuerdo Ministerial 023 (MAGAP, 2015) indica que se exceptuarán del ámbito del acuerdo de maricultura los canales de navegación marina. La aplicación de esta norma no es clara en el área de estudio que se encuentra entre la zona costera y la oceánica. Las áreas principales de navegación en el área de estudio están asociadas a los puertos marítimos de Esmeraldas (Zona I) y Manta (Zona III) y a los terminales petroleros de Balao (Zona I) y La Libertad (Zona IV). Por su parte, el documento “Derrotero de la costa continental e insular del Ecuador” (INOCAR, 2005) indica que los buques que ingresan al puerto de Esmeraldas deberán tomar en consideración las regulaciones emitidas por la Dirección de la Marina Mercante (actual Dirección Nacional de los Espacios Acuáticos) con respecto a la distancia mínima que se debe conservar al pasar cerca de las boyas de amarre al Terminal Petrolero de Balao, manteniéndose a un mínimo de 1 1/2 milla de estas hacia el mar.

La práctica sostenible consiste en evitar, aplicando la distancia mínima indicada, la interacción con las vías acuáticas de acceso a los puertos, las zonas de fondeaderos de embarcaciones, las boyas de amarre, boyas de carga y descarga de combustibles y tuberías submarinas. Fue contrastado con [marinetraffic https://www.marinetraffic.com/es/](https://www.marinetraffic.com/es/)

Práctica sostenible 9. Privilegiar proyectos a una distancia adecuada a puertos o caletas con facilidades pesqueras|

La distancia de los emplazamientos a la costa presenta dos roles importantes a considerar, uno logístico que afecta el traslado de personal, insumos y producción, y otro de seguridad física de las instalaciones, ambos con connotaciones económicas importantes expresados como gastos en combustibles, guardianía e instalaciones flotantes de seguridad.

Benneti *et al.* (2010) definieron la distancia desde los 200 m hasta los 6000 m, como la distancia ideal para los proyectos de maricultura. Por ello, se ha establecido una escala de referencia asignando valores de sostenibilidad dependiendo de la distancia de la zona de

estudio a los puertos y facilidades pesqueras del proyecto puertos (VAP, 2014) y otras facilidades privadas, de este modo, la distancia hasta 6000 m denota un valor de sostenibilidad de 5, una distancia hasta 12000 m expresa un valor de 4, hasta 24000 m de 3 (cercano a la sostenibilidad), y superior a ésta de 2 o 1, es decir de no-sostenibilidad. Los puertos o caletas seleccionados para esto fueron los de: Esmeraldas y Tonchigue en la zona I; Cojimíes, La Chorrera y El Matal en la zona II; El Mangle, Los Arenales, Jaramijó, Manta y San Mateo en la zona III; Puerto Cayo, Puerto López, Salango, Vadivia, Palmar, Monteverde y Santa Rosa en la zona IV; y, Anconcito y Chanduy en la Zona V.

Práctica sostenible 10. Privilegiar proyectos en áreas con facilidades como vías de acceso, energía, aeropuertos, proveedores de insumos y proveedores de semilla.

En este caso, se analizaron distintos componentes logísticos importantes (Cuadro 5.8) como la dotación adecuada de vías de acceso, abastecimiento confiable de energía, cercanía de un aeropuerto, presencia de centros de abastecimiento de insumos *e.g.* ferretería marina, cercanía de centros de abastecimiento de semilla. En el último ítem se ha considerado con la mayor puntuación (5) a la zona III por la presencia actual de producción de semilla por una empresa privada, mientras que las zonas IV y V han recibido una puntuación de 4, porque a pesar de poseer la tecnología, no existe una producción sostenida, pues aún no existe la demanda, mientras que las zonas I y II cuentan con laboratorios de larvas de camarón y experticia que pudiera direccionarse a la producción de semilla, por lo que han recibido una puntuación de 3.

Cuadro 5.8. Nivel de sostenibilidad en base a la presencia de condiciones logísticas necesarias para el desarrollo de la maricultura.

Zona	Vías de acceso	Energía	Aeropuerto	Insumos	Semilla	Promedio	Nivel de sostenibilidad
I	5	5	5	5	3	4,6	5
II	5	5	4	4	3	4,2	4
III	5	5	5	5	5	5	5
IV	5	5	4	5	4	4,6	5
V	5	5	5	5	4	4,8	5

5.4.1.2. Microzonificación ecosistémica

La microzonificación resultante expresa las áreas para una maricultura sostenible obtenida mediante la aplicación de las prácticas sostenibles a la macrozonificación previamente determinada. En consecuencia, se reportan los niveles de sostenibilidad 4 (sostenible) y 5 (sostenibilidad alta) conforme se detalla en la metodología. Las áreas para maricultura sostenible, se presentan en las Figuras 5.3 a la 5.7, las cuales destacan las caletas pesqueras, nombrando únicamente aquellas consideradas por el gobierno para la construcción de puertos o facilidades pesqueras (algunos ya en operación), o puertos privados existentes. Además, se presentan las vías de acceso de primer orden y la ubicación de los aeropuertos.

La estimación de las superficies disponibles, en hectáreas, por zona y totales, se presentan en el Cuadro 5.9, donde se observa que, en un contexto global, las áreas para maricultura sostenible representan un 48% de las áreas técnicamente viables.

Cuadro 5.9. Estimación de la superficie de las áreas disponibles para una maricultura sostenible.				
Zona	Áreas técnicamente viables (ha)	Microzonificación (ha)		Superficie total
		Nivel de sostenibilidad		
		4	5	
I	106481	18355	5393	23748
II	127490	83373	0	83373
III	92266	43453	24582	68035
IV	211425	69208	9726	78934
V	31516	14180	4265	18446
Total	569178	228569	43966	272535

En la Zona I (Figura 5.3) las áreas sostenibles (verde claro y oscuro) han quedado reducidas al 22 % de las áreas disponibles. Mientras que las áreas de sostenibilidad alta (verde claro) apenas representan el 5 %. Se destaca que las zonas segmentadas bordean un arrecife rocoso de baja profundidad utilizado por la pesca artesanal demersal.

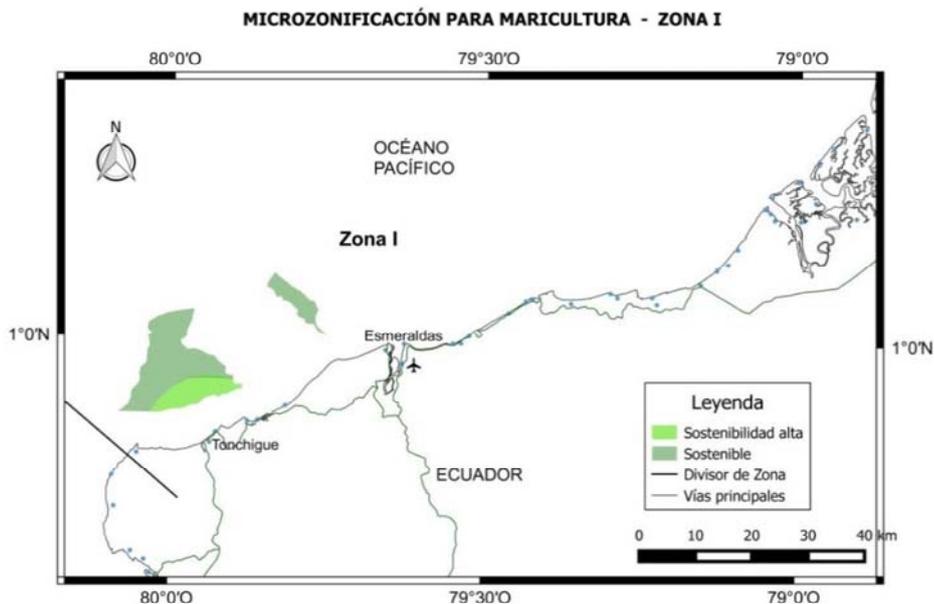


Figura 5.3. Áreas para proyectos sostenibles de maricultura en la Zona I.

La Zona II (Figura 5.4) que es el área con mayores índices de aptitud para maricultura en Ecuador, y las mejores condiciones para el cultivo de *L. guttatus*, no presenta áreas con niveles de sostenibilidad alta. Esta zona, de escasa población, es la menos desarrollada desde el punto de vista de la infraestructura necesaria para la maricultura, careciendo de puertos y aeropuerto.

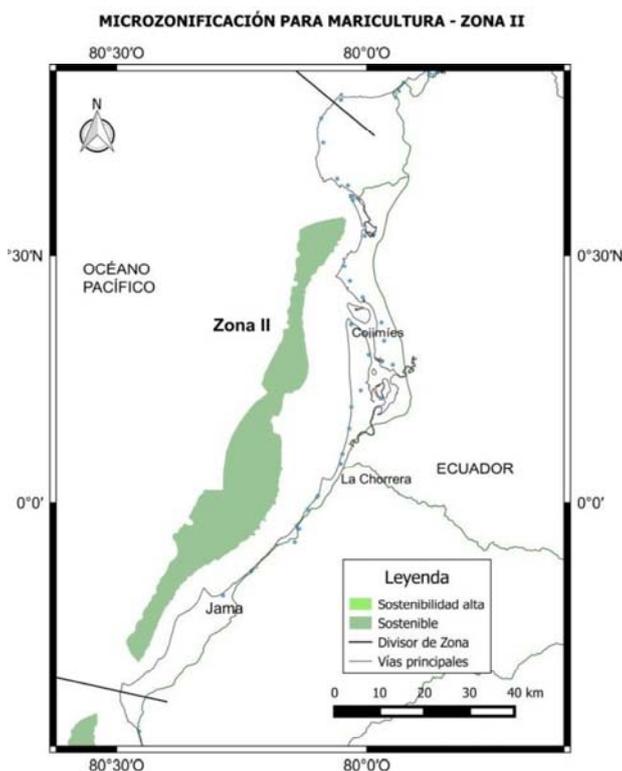


Figura 5.4. Áreas para proyectos sostenibles de maricultura en la Zona II.

La Zona III (Figura 5.5), de alta aptitud ambiental, es la mejor dotada en términos de infraestructura, contando con dos aeropuertos, centros de insumos, centro de producción de semilla, cuatro áreas portuarias y dos con facilidades pesqueras, orientadas hacia una bahía con amplias zonas protegidas por accidentes geográficos y con escaso gradiente. Las áreas de alta sostenibilidad representan el 27 % del total técnicamente disponible.

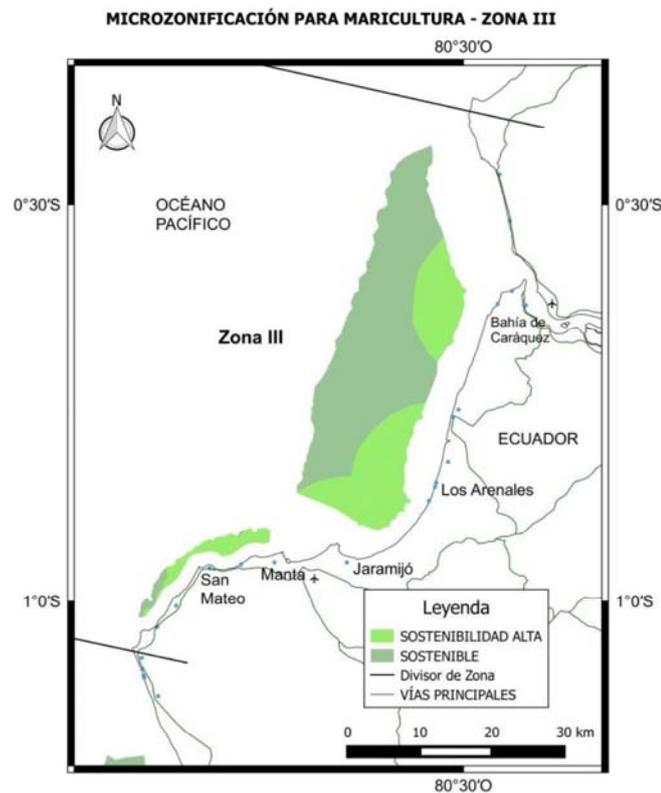


Figura 5.5. Áreas para proyectos sostenibles de maricultura en la Zona III.

En la Zona IV (Figura 5.6), se presenta la mayor cantidad de interacciones con otras actividades o procesos, particularmente con áreas protegidas, pesca industrial, turismo de observación de ballenas. Producto de esto, las áreas de alta sostenibilidad se han visto reducidas al 5 % del total obtenido en la macrozonificación. El resto de áreas sostenibles se encuentran a cierta distancia de la costa, particularmente de las facilidades portuarias necesarias para el desarrollo de la maricultura. No obstante, el área se encuentra logísticamente bien abastecida y cercana a la ciudad de Guayaquil, el mayor centro de abastecimiento de insumos del Ecuador. Por su parte la posición central del CENAIM (Centro Nacional de Acuicultura e Investigaciones Marinas), cercano a la población de

Valdivia, y potencial abastecedor de semilla constituye un factor importante a considerar al momento de implementar un proyecto.

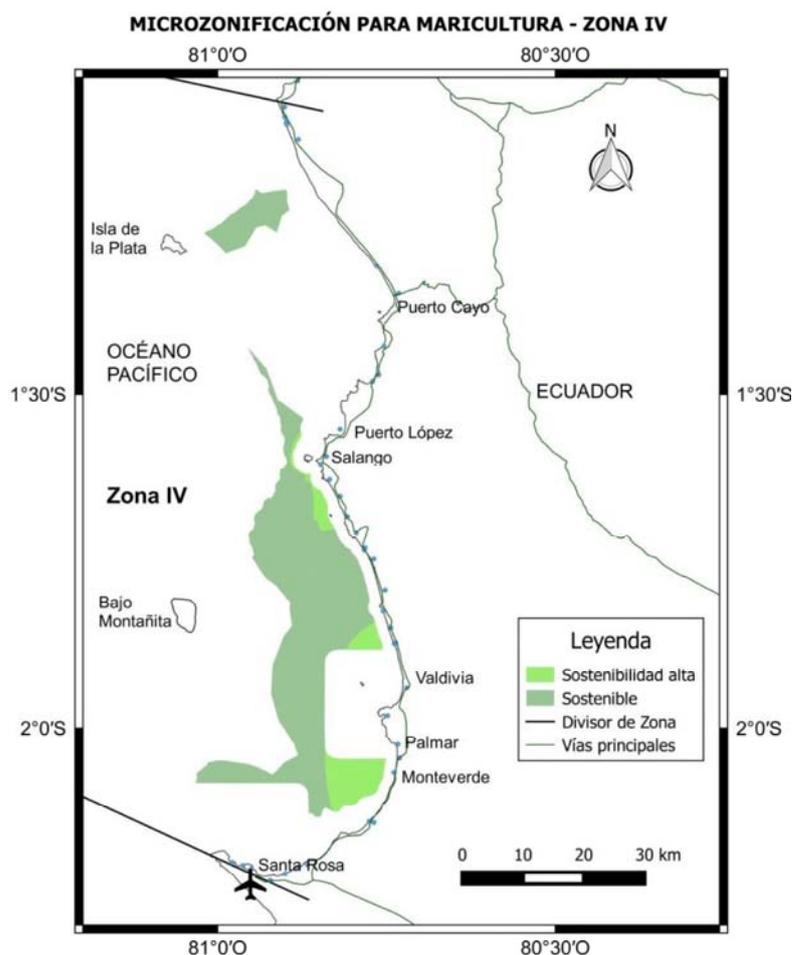


Figura 5.6. Áreas para proyectos sostenibles de maricultura en la Zona IV.

Por su parte, la Zona V (Figura 5.7), es un área bien abastecida que tiene como eje central el puerto pesquero de Anconcito, contando también con facilidades de empresas pesqueras de pelágicos pequeños en Anconcito y Chanduy. Una ventaja importante, es que en el sector cercano a Chanduy se han implementado proyectos de maricultura para el cultivo de ostras, por parte de gremios de pescadores artesanales, quienes han adquirido experticia en campo, en la gestión de la semilla con el CENAIM y en la obtención de las concesiones. El área de sostenibilidad alta de esta zona es de 4265 ha, constituyendo la más pequeña del área técnicamente disponible del área de estudio.

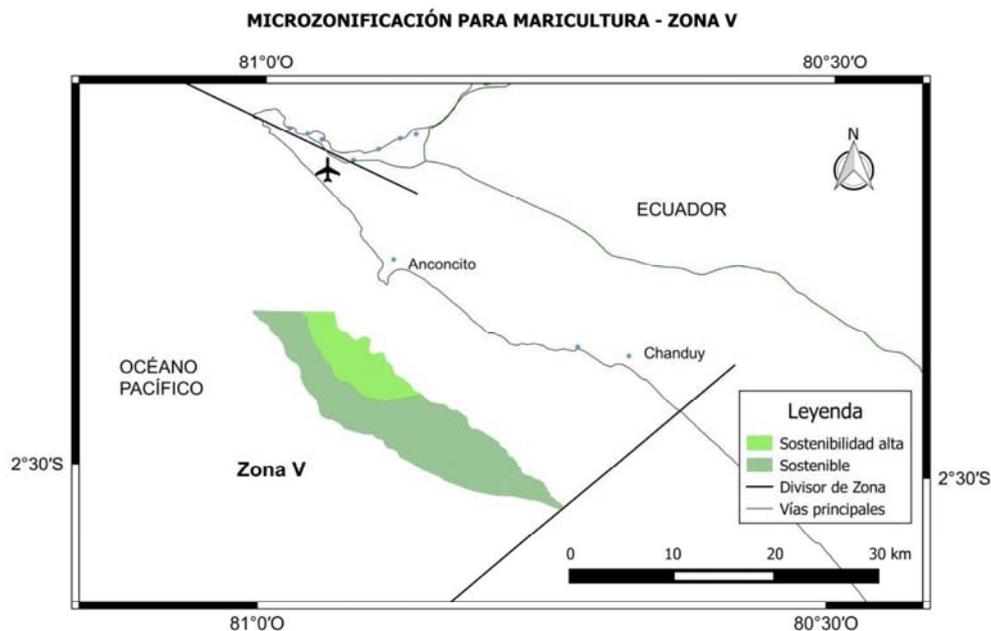


Figura 5.7. Áreas para proyectos sostenibles de maricultura en la Zona V.

5.4.2. Evaluación de la Sostenibilidad ES

El proceso seguido hasta la definición de áreas sostenibles para la maricultura de peces consideró una serie de parámetros que caracterizaron la sostenibilidad, principalmente desde un enfoque ambiental. Siendo necesario, en términos de ES, considerar más a fondo los otros pilares de la sostenibilidad. El proyecto InDAM desarrolló un paquete de Indicadores de Sostenibilidad para la maricultura de peces en jaulas en el mar, estableciendo varios atributos priorizados y seleccionados en un proceso participativo, en orden de escoger un grupo de indicadores, por dimensión de la sostenibilidad, ordenados de acuerdo a su importancia con respecto a los atributos escogidos (Anexo 3) y de este modo, establecer la condición global de sostenibilidad. El proceso fue integralmente replicado en este trabajo, es así que, la selección de los atributos (Cuadro 5.10) que definen los indicadores de sostenibilidad, conforme a la aplicación del método PCI, mostró que los talleristas se decantaron por aquellos indicadores: con base científica reconocida,

previamente probados, aplicables con la misma rigurosidad a contextos espaciales y temporales distintos, y de fácil interpretación.

Cuadro 5.10. Selección de los atributos más representativos para los indicadores.	
Atributo	Puntuación
Fiable	124
Reproducible/verificable	69
Comprensible	64
Relevancia para el criterio y principio	60
Disponibilidad de datos	57
Solidez	52
Transparencia	47
Compatibilidad internacional	37
Aceptable	35
Disponibilidad de valores de referencia	34

Conforme fuera establecido en la metodología, una vez seleccionados los cuatro atributos más representativos, previo su aplicación a la selección de indicadores desde la batería de indicadores InDAM, se definieron ponderaciones (Cuadro 5.11) dependientes de la dimensión de la sostenibilidad, los cuales se aplicaron a la fórmula 5.1.

Cuadro 5.11. Ponderación de los atributos por dimensión de la sostenibilidad.				
Atributo	Ambiental	Gobernanza	Económico	Social
F: Fiable	0.30	0.25	0.30	0.25
R: Reproducible/ verificable	0.35	0.30	0.30	0.35
C: Comprensible	0.10	0.20	0.10	0.20
R: Relevancia para el criterio y principio	0.25	0.25	0.30	0.20

Finalmente, se seleccionaron y evaluaron en orden descendiente de importancia los cuatro indicadores de sostenibilidad más importantes a aplicarse desde un contexto proyectivo, para cada una de las dimensiones, conforme se presenta a continuación:

5.4.2.1. Sostenibilidad ambiental

Los seis indicadores, seleccionados en orden de importancia, de un total de 51 indicadores ambientales, son presentados en el Cuadro 5.12.

Cuadro 5.12. Indicadores ambientales de sostenibilidad obtenidos en un proceso participativo, presentados en orden descendente de importancia.	
Indicadores ambientales	Puntuación media ponderada
Profundidad (m)	4,14
Intercambio con mar abierto (distancia en m)	3,96
Hidrodinámica (cm/s)	3,75
Existencia de productores de semilla	3,75
Uso de reproductores nativos	3,70
Índice de nivel trófico de producción	3,60

Los cuatro indicadores iniciales han sido previamente considerados e incorporados en el proceso de zonificación para una maricultura sostenible o en la definición de aptitud para maricultura. Por tanto, se consideran *a priori* indicadores verdes (Cuadro 5.13) pues ya fueron ampliamente discutidos en ese contexto.

El uso de reproductores nativos, requerido en el indicador 5 como una medida para prevenir impactos genéticos, presenta una valoración máxima considerando que *S. rivoliana* y *L. guttatus* son especies locales aprobadas (MAGAP, 2015b) para maricultura, como lo exige la normativa actual.

El indicador 6 busca reducir el impacto global de la maricultura a través de la eficiencia en el consumo energético traducido en el nivel trófico de las especies objeto de cultivo. En este caso, según el *fish database* disponible en (<http://www.fishbase.org/search.php>) *S. rivoliana* y *L. guttatus* presentan niveles tróficos naturales de 4.5 ± 0.7 y 4.0 ± 0.2 , respectivamente, expresando una posición alta en la escala trófica, por su condición de carnívoros y en consecuencia, ejerciendo presión sobre los *stocks* de especies altamente explotadas como los pelágicos pequeños. Esto supondría un nivel bajo de sostenibilidad,

no obstante, en los cultivos los peces son alimentados con piensos que muestran una tendencia a la reducción en su contenido de harina y aceite de pescado (Sánchez-Molero y Baviera, 2005; Jover, 2014) lo cual expresa un menor nivel trófico de producción. Actualmente se estima que el 16% de la composición del alimento es harina de pescado, sin embargo, Jover (2014) ha estimado que, en procesos de I+D en nutrición para acuicultura marina de peces en España, se ha logrado reducir a 12% la harina de pescado en los piensos. Innovaciones como estas justificarían el estancamiento sostenido de la dedicación de los desembarques a procesos de reducción, alrededor de los 22 millones de TM, como se observa en el SOFÍA 2014 (FAO, 2014). Por otro lado, es necesario destacar que la harina proviene en parte de subproductos y no totalmente de las capturas para alimentación.

Cuadro 5.13. Desarrollo de los Indicadores de Sostenibilidad Ambiental.					
No.	Principio	Criterio	Indicador	Fórmula	Valoración
1	Respetar los servicios ecológicos de los ecosistemas	Condiciones oceanográficas	Profundidad (m)	Previamente definidos en el proceso de microzonificación o en la determinación de índices de aptitud.	
2			Intercambio con mar abierto (distancia en m)		
3			Hidrodinámica (cm/s)		
4		Zonas de pesca y de cría	Existencia de productores de semilla.		
5	Minimizar el impacto sobre las condiciones ambientales locales y biodiversidad	Impactos genéticos	Uso de reproductores nativos	$\text{Sí} = 5$ Intermedio: 3 No = 1	
6	Minimizar el impacto global de la maricultura	Consumo de energía	Índice de nivel trófico de producción	NTP $1 = 5$ $3 = 3$ $5 = 1$	
Global ambiente (4.7)					

Finalmente, aplicando la escala de la Figura 5.1, el puntaje global (4.7) para la dimensión ambiental indica que la maricultura de las especies objeto de estudio, en la microzonificación previamente realizada, es sostenible.

5.4.2.2. Sostenibilidad por gobernanza

Los tres indicadores, seleccionados en orden de importancia, de un total de 27 indicadores de gobernanza, son presentados en el Cuadro 5.14.

Con la planificación del cambio de la matriz productiva, el Ecuador ha visto en el mar una oportunidad para innovar; particularmente a partir de la acuicultura. Esto se refleja en la evolución normativa, hacia consideraciones más favorables a la concesión de espacios acuáticos para maricultura y a la participación del Estado en los proyectos existentes o en la generación de proyectos propios. A decir de Jover (2014) la reducción de las normativas excesivas mejora la gobernanza.

Cuadro 5.14. Indicadores de sostenibilidad en gobernanza obtenidos en un proceso participativo, presentados en orden descendente de importancia.	
Indicadores gobernanza	Puntuación media ponderada
Existencia de un plan público para apoyar el desarrollo de la maricultura	4,14
Existencia de una estrategia nacional de desarrollo sostenible	3,96
Existencia de un plan de Zonas de Manejo Costero, incluyendo la maricultura bajo la autoridad del Estado, teniendo en cuenta la evolución del futuro de la industria.	3,91

Los dos indicadores iniciales presentados en el Cuadro 5.15 están directamente vinculados al DS, y han sido adaptados de los *indicadores de sostenibilidad para viveros flotantes* desarrollado en el Proyecto Mediterráneo-ON (FOESA, 2011). El puntaje acumulativo del indicador 1 se sustenta en el Acuerdo Ministerial 023 que promulga el *Instructivo para el ordenamiento, control de concesiones y fomento de las actividades de maricultura en el Ecuador*, a lo cual se ha asignado 1.5 puntos en razón del cambio recurrente en la normativa de maricultura, aun cuando se considera que las nuevas versiones son más favorables para el desarrollo del sector. Por otra parte, actualmente el Estado promueve varios proyectos de maricultura en el sector de investigación y con grupos artesanales, en cultivos de moluscos, crustáceos, algas y peces en jaulas, como es el caso del proyecto “Maricultura y piscicultura para el fomento acuícola en el Ecuador” que se encuentra en fase inicial frente al puerto pesquero de San Mateo (MAGAP, 2015a) a lo cual se asignó

una puntuación de 2. El apoyo al sector privado fue valorado con un puntaje de 0.5, pues no se ha observado un apoyo directo para fomentar la actividad en el sector.

El puntaje del indicador 2, también de carácter acumulativo, alcanzó una valoración de 4 en consideración al instrumento de planificación nacional “Plan Nacional para el Buen Vivir 2013-2017” (SENPADES, 2013) que orienta la planificación de las actividades del Estado y de la sociedad civil hacia el DS, como lo expresa el Objetivo 7 “Garantizar los derechos de la naturaleza y promover la sostenibilidad ambiental territorial y global”, al igual que las Políticas Oceánicas y Costeras emitidas por la Secretaría Técnica del Mar (http://www.secretariamar.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/12/Secretaria-del-mar_Políticas.pdf) que constituyen directrices de DS en la gestión marino costera del país; esto permitió asignar la puntuación de 2 a este componente del indicador, mientras que se asignó un punto a la consulta sobre la existencia de una política para el DS de la maricultura, pues, a pesar de la declaración de la existencia de una “Estrategia para el Desarrollo Sostenible de la Maricultura en el Ecuador” por parte del MAGAP (<http://www.viceministerioap.gob.ec/subpesca1916-magap-trabaja-en-estrategia-para-el-desarrollo-sostenible-de-la-maricultura-en-ecuador.html>), ésta no ha alcanzado el sustento suficiente, observándose una reorientación de la política hacia la aprobación de proyectos de investigación con especies no nativas. Se asignó un punto al rubro de exigencia de EIA, pues esto está contemplado en SUMA y en el Acuerdo 023.

Con respecto al indicador 3, se estableció un valor intermedio de 3 pues, a pesar de que el Acuerdo 023 de maricultura establece que “*la Subsecretaría de Acuicultura declarará mediante resolución Zonas de Interés para la Actividad de Maricultura (ZIAM)*”, la zonificación del Estado aún no ha sido establecida, mientras que también está en construcción una zonificación marina por la Secretaría Técnica del Mar.

Aplicando la escala de valoración de semáforo, el puntaje global (4.0) para la dimensión de gobernanza indica que la maricultura de las especies *S. rivoliana* y *L. guttatus* es sostenible, no obstante se podría alcanzar un mayor nivel de sostenibilidad si el Estado define las ZIAM de manera similar a la microzonificación propuesta en el presente trabajo.

Cuadro 5.15. Desarrollo de los Indicadores de Gobernanza					
No.	Principio	Criterio	Indicador	Fórmula	Valoración
1	Fortalecimiento de capacidades institucionales en relación con el DS	Nivel de la participación del Estado en la implementación del DS	Existe un plan público para apoyar el desarrollo de la maricultura	¿La normativa favorece el desarrollo de la maricultura? Sí (+2) ¿Existen programas de maricultura financiados por el Estado? Sí (+2) ¿Existen programas privados apoyados por el Estado? Sí (+1)	Puntaje= 4 
2		Nivel de reconocimiento nacional de DS	Existe una estrategia nacional de DS	¿Existe una política nacional para el DS? Sí (+2) ¿Existe una política para el DS de la maricultura? Sí (+2) ¿Esta política incorpora la EIA y monitoreo ambiental? Sí (+1)	Puntaje= 4 
3	Promover la participación en procesos de toma de decisiones	Nivel de gestión y planificación regional	Existe un plan de Zonas de Manejo Costero, incluyendo la maricultura bajo la autoridad del Estado, teniendo en cuenta la evolución de la industria.	Si = 5 <u>En construcción = 3</u> No = 1	
4	Buenas prácticas de gobernanza aplicadas en la microzonificación				
Global gobernanza (4.0)					

5.4.2.3. Sostenibilidad económica

Los tres indicadores, seleccionados en orden de importancia, de un total de 50 indicadores de economía, son presentados en el Cuadro 5.16.

Cuadro 5.16. Indicadores económicos de sostenibilidad obtenidos en un proceso participativo, presentados en orden descendente de importancia.	
Indicadores económicos	Puntuación media ponderada
Duración de la concesión	4,13
Número de proveedores nacionales de piensos	4,10
Estudios de mercado y evaluación financiera de proyectos	4,02

El Acuerdo Ministerial 023 establece que la autorización para el ejercicio de la maricultura y concesión del espacio marino se otorgará hasta por 20 años prorrogables por espacios similares de tiempo. Considerando que el esfuerzo realizado en obtener la concesión, se debe expresar en una duración de la misma capaz de permitir rentabilizar la inversión realizada y de ser necesario modificar condiciones tales como especies, sistemas, intensidad de cultivo, etc., que garanticen la sostenibilidad de los proyectos, el indicador de referencia “*seguridad jurídica de la concesión*” del Proyecto Mediterráneo-ON (FOESA, 2011) establece una referencia de 30 años, renovables, como partida de las concesiones. En tal sentido, el indicador 1 ha recibido un puntaje de 4 (Cuadro 5.17) en respuesta a la menor duración inicial de la concesión.

La acuicultura en el Ecuador es una actividad consolidada y exitosa, en el 2013 la producción de camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*) sobrepasó las 300000 TM, cerca del 100% dirigida a la exportación. Esta elevada producción ha motivado la expansión de las empresas productoras de alimento locales y extranjeras con base local. Según la Cámara Nacional de Acuicultura – CNA (<http://www.cna-ecuador.com>) las expectativas de requerimiento de alimento para acuicultura fueron de alrededor de 550000 TM en el 2014. Actualmente, se generan excedentes incluso para exportación, aunque aún se importa cantidades marginales. Una exploración de las principales firmas de alimento acuícola totalizó 17 empresas. La expansión permanente del sector ha generado el interés de empresas extranjeras por operar y producir en el país. Con estos antecedentes el indicador 2 ha sido valorado con la puntuación máxima de 5 pues se considera que existe un alto potencial local para producir piensos dirigidos a maricultura.

Con respecto al indicador 3, un estudio realizado por Benetti *et al.* (2010) analizó los flujos financieros para proyectos piloto de cultivo en jaulas en Ecuador con *S. rivoliana* y *L. guttatus*, consideradas como especies con demanda del producto en el mercado nacional e internacional. La presentación final de cada uno de ellos consideraba las opciones de eviscerado y filete es decir cuatro escenarios de inversión. El estudio estimó un capital de inversión de 1'335.774 USD, igual para todos los proyectos, distribuido en tres fases o años. Durante el año 1 se comenzarían las operaciones con dos jaulas de 20 m de diámetro y 10 m de profundidad, con un volumen total de 6.284 m³; durante el año 2 se operaría con

cuatro jaulas de 25.5 m de diámetro y 10 m de profundidad para un volumen acumulado de 20428 m³; mientras que para el año 3 se duplicaría esa capacidad de operación, trabajándose con 8 jaulas de engorde, mientras que a partir del año 2, las jaulas iniciales de menor tamaño se utilizarían para pre-engorde. La inversión incorporaría otros equipos necesarios para las actividades de maricultura, redes adicionales, como embarcaciones, grúa, vehículo, etc. Por otro lado, los costos de operación se concentrarían principalmente en la adquisición de los alevines y en el alimento, totalizando algo más del 60 %, mientras que alcanzaría el 80% con la incorporación del rubro de transporte. Considerando una tasa de crecimiento referencial de 1.4 g/d para *L. guttatus* y de 5.25 g/d para *S. rivoliana*, y TCA similares, el escenario financiero para los cultivos de pargo, a esta escala, no son favorables pues se requiere una mayor cantidad de alevines, pues son de menor tamaño que los de huayaibe, para satisfacer los requerimientos de producción necesarios para compensar los costos financieros. De este modo, los plazos estimados para la recuperación del capital de inversión serían de 5,3 años para pargo eviscerado, 3,8 años pargo filete, 2,97 años huayaibe eviscerado y 2.5 huayaibe filete. En el primer caso, un TIR y VAN negativos expresa la no viabilidad de la iniciativa, mientras que el proyecto de pargo filete alcanza un valor equivalente a la TMAR (tasa mínima aceptable de rendimiento), por su parte, los proyectos con *S. rivoliana* presentaron los mejores rendimientos económicos y plazos de recuperación de la inversión, así como un menor riesgo, expresado en función de un punto de equilibrio menor (volumen de producción cosechado) que permita pasar la brecha entre costos e ingresos. A decir de Villao (2015, com. pers.) para proyectos de largo plazo, como los indicados, períodos de recuperación entre uno y tres años resultan viables desde un punto de vista financiero; sin embargo, desde una visión social y ecosistémica, proyectos como el de pargo filete pudieran ser aceptables como una inversión del Estado para fomentar la actividad de maricultura en el sector artesanal. Con estos antecedentes, se ha construido un indicador por tipo de proyecto, de modo que se obtendrán varios resultados económicos alternativos, como se presenta en el Cuadro 5.17, generando varios escenarios posibles.

Aplicando la escala de valoración de semáforo, el puntaje global para la dimensión económica (Cuadro 5.17) expresa que los posibles cultivos de *L. guttatus* (pargo) se encontrarían en una condición cercana a la sostenibilidad y sostenible, dependiendo de los

proyectos de cultivo para eviscerado o filete, respectivamente. Mientras que, para el caso de *S. rivoliana* (huayaibe), los dos tipos de proyectos son sostenibles.

Cuadro 5.17. Desarrollo de los Indicadores de Sostenibilidad Económica					
No.	Principio	Criterio	Indicador	Fórmula	Valoración
1	Fortalecimiento de la capacidad de gestión de evaluación de riesgos y de crisis	Nivel de derechos de propiedad sobre los sitios de producción	Duración de la concesión	¿Duración de la concesión? ≥ 30 años (+3) ¿Permite la concesión una ampliación temporal? Sí (+2)	Puntaje = 4 
2		Nivel de autosuficiencia	Número de proveedores nacionales de piensos	Proveedores ≥ 10 (+3) Nacionales/importados $\geq 80\%$ (+2)	Puntaje = 5 
3	Fortalecimiento del papel de las organizaciones profesionales para la sostenibilidad económica de la maricultura	Nivel de gestión del conocimiento	Estudios de mercado y evaluación financiera de proyectos	Plazo de recuperación de inversión (años) 0 a 2 = 5 2.1 a 3 = 4 3.1 a 4 = 3 4.1 a 5 = 2 > 5 = 1	Pargo eviscerado Puntaje = 1 
					Pargo filete Puntaje = 3 
					Huayaibe evisc. Puntaje = 4 
					Huayaibe filete Puntaje = 4 
4	Buenas prácticas de economía aplicadas en la microzonificación				
Global economía (Promedio: 4.25)				Pargo eviscerado (3.75)	
				Pargo filete (4.25)	
				Huayaibe eviscerado y filete (4.5)	

5.4.2.4. Sostenibilidad social

Los tres indicadores, seleccionados en orden de importancia, de un total de 15 indicadores sociales, son presentados en el Cuadro 5.18.

Cuadro 5.18. Indicadores sociales de sostenibilidad obtenidos en un proceso participativo, presentados en orden descendente de importancia.	
Indicadores sociales	Puntuación media ponderada
Existencia de eco-etiquetas y especificaciones de productos	3,99
Productores con entrenamiento certificado y especializado en acuicultura	3,98
Participación efectiva en los procesos de toma de decisiones	3,93

La aplicación de códigos de buenas prácticas, dirigidas a la reducción de los impactos ambientales, a mejorar la productividad, bienestar y salud de los animales, considerando además el componente socio-cultural, constituyen el paso inicial hacia la gestión responsable y la sostenibilidad; de ahí que, la existencia de mecanismo apropiados para garantizar estas prácticas, en principio voluntarias, son plausibles en términos de ES. Al momento, la acuicultura ecuatoriana se encuentra muy posicionada por sus buenas prácticas, manteniendo certificaciones ASC (Consejo de Administración de la Acuicultura de la WWF e IDH - Iniciativa de Comercio Sostenible holandés), Global G.A.P. (buenas prácticas alimenticias), Naturland (certificación orgánica), etc. Además, desde el 2006 el Instituto Nacional de Pesca es responsable del otorgamiento de garantías oficiales respecto a la exportación de productos pesqueros y acuícolas del Ecuador a la Unión Europea a través del Plan Nacional de Control (INP, 2006), es así que a partir del 2006 Ecuador no ha tenido reportes por detección de antibióticos o sustancias prohibidas en las exportaciones acuícolas. Una gran mayoría de las granjas acuícolas, laboratorios y fábricas de alimento se encuentran registradas en el Plan. Se puede indicar entonces, que las actividades de maricultura oceánica estarán también sujetas a estos mecanismos sostenibles, por lo que se ha asignado un valor de 5 al indicador 1 del Cuadro 5.19.

Producto del acelerado crecimiento de la acuicultura del camarón marino, a partir de los años 80 se generaron programas académicos de acuicultura, mientras que los ya existentes en biología marina se reorientaron a satisfacer también ese rubro, impulsados por la alta demanda de estos especialistas en el mercado laboral. Posteriormente, en los años 2000 se establecieron programas afines de maestría para satisfacer requerimientos de mayor

exigencia científica ante la recurrencia de algunas enfermedades que afectaron la producción. Por otro lado, Ecuador se constituyó en una oportunidad para expertos extranjeros que contribuyeron y contribuyen al crecimiento sostenido de la industria. Mientras que, muchos ecuatorianos se especializaron en el exterior en programas doctorales. Esto sin lugar a dudas ha constituido un “ecosistema científico” de alto nivel alrededor de esa industria, que se observa en el éxito alcanzado, generando divisas en el orden de los 1800 millones de dólares (<http://www.elmejorcamarondelmundo.com/>). Actualmente, con el advenimiento de la maricultura oceánica el *background* existente puede constituir una base científica sólida en la medida que el sector industrial se motive a innovar, diversificar e invertir en ella. No obstante, el Estado se encuentra interesado en desarrollar proyectos orientados a los gremios de pescadores artesanales, con el objeto de suplir la pérdida de sustentabilidad de la pesca extractiva. En este componente, la formación académica es débil, primando el conocimiento empírico, que no obstante ofrece también habilidades interesantes para la maricultura. En este contexto, el indicador 2 ha sido valorado con una puntuación de 3, en consideración a que los gremios artesanales tienen que entrar en un proceso de capacitación para generar por si mismos sostenibilidad en sus proyectos.

La elaboración del primer Acuerdo Ministerial para maricultura, emitido el 2010 y derogado el 2012, se construyó con una fuerte presión de las asociaciones pesqueras artesanales, lo que se reflejó en la adopción de las 8 MN como el límite natural a partir del cual sería factible realizar maricultura comercial. Se puede decir que el sector influyó efectivamente en la toma las decisiones normativas. Algunas de las posturas adoptadas se mantuvieron en el Acuerdo Ministerial del 2012 el cual mantenía la diferenciación por zonas pesqueras, privilegiando la visión política antes que la técnica. Sin embargo, estos instrumentos normativos no produjeron los resultados esperados, pues desmotivaban la inversión en la maricultura comercial, por los riesgos inherentes al desarrollo de proyectos en aguas abiertas, más aun en una maricultura incipiente con una experiencia casi nula en este tipo de operaciones. Por su parte, los grupos interesados en una maricultura industrial, continuaron presionando a través de foros, talleres, simposios, etc., al sector oficial para la revisión de la normativa, lo cual al parecer condujo a la adopción de nuevas estrategias en el Acuerdo Ministerial 023, que con una visión más técnica han dado vía libre a la

posibilidad de desarrollar tanto maricultura artesanal como industrial dentro de las 8 MN, lo que se espera constituya un impulso para el desarrollo de proyectos de producción. De momento los proyectos piloto existentes han encontrado ciertas dificultades administrativas, pues como es de esperarse en estas etapas iniciales, no todas las autoridades han actuado de manera sincronizada en el otorgamiento de las concesiones de los espacios marinos. Por las razones expuestas, el indicador 3 ha sido valorado con una puntuación de 4.

El puntaje global (4.25) para la dimensión social expresa que la maricultura de las especies *S. rivoliana* y *L. guttatus* es sostenible, sin embargo, es necesario trabajar en la capacitación de los gremios artesanales, lo que se puede hacer a través de las universidades, mientras que es necesario también ajustar los mecanismos de concesión de espacios marinos, lo que se puede lograr a través de la zonificación, como se indicó anteriormente.

Cuadro 5.19. Desarrollo de los Indicadores de Sostenibilidad Social

No.	Principio	Criterio	Indicador	Fórmula	Valoración
1	Fortalecimiento del papel de las organizaciones de productores de mejorar la imagen de la acuicultura, la conciencia y responsabilidad social	Imagen de la acuicultura	Existencia de ecoetiquetas y especificaciones de productos	¿Existe un plan nacional de especificaciones de productos? Sí (+3) ¿Existen certificadoras locales de buenas prácticas acuícolas? Sí (+2)	Puntaje = 5 
2		Nivel de calificación	Porcentaje de productores con entrenamiento certificado y especializado en acuicultura	Productores industriales > 80% = 2.5 Productores artesanales > 50% = 2.5	Puntaje = 3 
3		Capacidad para la participación en la toma de decisiones	Participación efectiva en los procesos de toma de decisiones	Participación en la elaboración de las propuestas normativas (+2) Existen foros de discusión y debate (+2) Existe una participación efectiva de todas las autoridades involucradas en la toma de decisiones. (+1)	Puntaje = 4 
4	Buenas prácticas sociales aplicadas en la microzonificación				
Global social (4.25)					

5.4.2.5. Sostenibilidad global

La ES realizada a la proyección de la maricultura oceánica de pargo (*Lutjanus guttatus*) y huayaipe (*Seriola rivoliana*) en Ecuador, en la zonificación realizada, ha recibido una valoración integrada de 4.3 (Cuadro 5.20), lo que indica que las condiciones ambientales de las áreas establecidas, así como las características socioculturales, económicas y de gobernanza del medio, son propicias para el desarrollo de proyectos de maricultura de las referidas especies.

Cuadro 5.20. Puntaje global de Evaluación de la Sostenibilidad de la maricultura oceánica de pargo (<i>Lutjanus guttatus</i>) y huayaipe (<i>Seriola rivoliana</i>) en Ecuador	
Dimensión	Puntaje
Ambiental	4.7
Gobernanza	4.0
Económico	4.25
Social	4.25
Global	4.3

5.5. Conclusiones

- La Evaluación de la Sostenibilidad (ES), en el contexto de la Evaluación Ambiental (EA), evalúa los posibles impactos sobre la sostenibilidad. Este concepto proyectivo, aquí propuesto para su aplicación y adaptación a la maricultura en el Ecuador, constituye una herramienta capaz de anticipar la construcción de una actividad sostenible.
- Filosóficamente un concepto de sostenibilidad fuerte o medio, basado en la conservación del capital natural, capital natural crítico, capital sociocultural y rentabilidad económica, resulta completamente compatible con el proceso de ES.

- Una parte importante del conjunto de indicadores de sostenibilidad desarrollados en el proyecto InDAM mostraron una potencia anticipativa adaptable a una ES bajo el concepto de EA.
- La adopción de estándares de prácticas sostenibles utilizadas en otras regiones, y aplicables al mar ecuatoriano, redujo las áreas consideradas sostenibles a un 48% de las áreas técnicamente viables, generando una microzonificación con niveles de sostenibilidad 4 (sostenible) y 5 (sostenibilidad alta). Si únicamente se considera el nivel 5, el área se reduciría al 7,7 %, es decir 43966 ha, es decir alrededor de 60 proyectos posibles en aplicación de la normativa. Esto permite concluir que los espacios con mayor aptitud son relativamente escasos.
- La Zona III contiene la mayor área con nivel de sostenibilidad 5, con 56 % del total nacional, siendo a la vez un área con alta aptitud para el cultivo de las dos especies.
- El alto valor de ES ambiental de la microzonificación, expresa que con las consideraciones establecidas, la maricultura es ambientalmente viable. No obstante, es necesario invertir en I+D para reducir los porcentajes de harina y aceite de pescado en los piensos.
- La ES de gobernanza presentó el valor más bajo del proceso, lo cual puede mejorar si se establecen las Zonas de Interés para la Actividad de Maricultura (ZIAM) por parte del Estado y se formaliza la Estrategia para el Desarrollo Sostenible de la Maricultura.
- Desde la dimensión económica, existen condiciones apropiadas para la maricultura. La sostenibilidad económica se encuentra principalmente modulada por la rentabilidad de los proyectos. La evaluación financiera de los escenarios analizados mostró que los proyectos con *S. rivoliana* presentan mejores indicadores de

rentabilidad. No obstante, proyectos de *L. guttatus* pudieran ser socialmente sostenibles.

- Los indicadores de sostenibilidad social son favorables, no obstante indican que es necesario crear programas de capacitación para los representantes de los gremios de pescadores artesanales que incursionen en la maricultura.
- La ES global de la proyección de la maricultura oceánica de pargo (*Lutjanus guttatus*) y huayaípe (*Seriola rivoliana*) indica las áreas establecidas son propicias para el desarrollo de proyectos sostenibles.

5.6. Referencias Bibliográficas

ABAZA, H; BISSET, R; SADLER, B. 2004. Environmental Impact Assessment and Strategic Environmental Assessment: Towards an Integrated Approach. United Nations Environment Programme - UNEP. First edition. Geneva, pp 163.

ALLAUCA, S. 1990. Presencia de la Corriente Costanera Ecuatoriana. Acta Oceanográfica del Pacífico, INOCAR 6: 10-17.

ARRIAGA, L; MARTÍNEZ, J. 2002. Plan de ordenamiento de la pesca y la acuicultura del Ecuador. Subsecretaría de Recursos Pesqueros, Acuerdo Ministerial 155 – Diciembre 27 de 2002. RO.14. Febrero 4 de 2003.

AUMALA, V. 2014. La Tierra sangra desde hace cuatro décadas en el Ecuador. Una cronología de los derrames de petróleo en el país de 1972 a 2014. El Mirador Político. Edición #171. Septiembre 29, 2014. Disponible en <http://www.gkillcity.com/articulos/>

BAQUERO, A; PEÑA, M; MUÑOZ, J. 2010. Tortugas Marinas. Nadando en contra de la Extinción. Terra Incognita No. 67.

BENETTI, D; RIVERA, J; VELARDE, E; VELASCO, M. 2010. Consultoría para la elaboración de estudios básicos y de factibilidad para la implementación de proyectos de maricultura en 10 áreas del mar costero ecuatoriano para la diversificación productiva del sector pesquero artesanal. Stratega BDS. Subsecretaría de Recursos Pesqueros. Manta.

CHAVARRÍA, J; 2015. Macrozonificación para proyectos de maricultura oceánica de pargo (*Lutjanus guttatus*) y huayaipe (*Seriola rivoliana*) en Ecuador. Capítulo de Tesis de Doctorado en Ingeniería y Ciencias Ambientales. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima.

CHAPIN; FOLKE; FS. III; KOFINAS, G. 2009. A Framework for Understanding Change. F. S. Chapin et al. (eds.), Principles of Ecosystem Stewardship. Springer Science + Business Media. pp 3-28.

COELLO, D; HERRERA, M; CALLE, M; CASTRO, R; MEDINA, C; CHALÉN, X. 2011. Incidencia de tiburones, rayas, aves, tortugas y mamíferos marinos en la pesquería artesanal con enmalle de superficie en la caleta pesquera de Santa Rosa (Provincia de Santa Elena). Boletín Especial. Año 2 No. 3. Instituto Nacional de Pesca. Guayaquil. 51 pp.

COMISIÓN PERMANENTE DEL PACÍFICO SUR – CPPS. 1991. Plan de acción para la conservación de los mamíferos marinos en el Pacífico Sudeste - PAMM/PSE. Secretaría Ejecutiva del Plan de Acción del Pacífico Sudeste. CPPS. 15 pp.CPP

DEVUYST, D. Sustainability assessment: the application of a methodological framework. J. Env. Assmt. Pol. Mgmt., 01, 459 (1999).

DURÁN, G. 2000. Medir la Sostenibilidad: Indicadores Económicos, Ecológicos y Sociales. Comunicaciones en las VII Jornadas de Economía Crítica. Área Temática 1: Economía Ecológica y Medio Ambiente. Albacete, 3 a 5 de febrero de 2000.

ELÍAS, E; GUAMÁN, A. 2012. Desembarque de la pesca artesanal de pelágicos grandes en la costa ecuatoriana durante el 2011. Boletín Científico y Técnico (2012). Instituto Nacional de Pesca. Volumen XXII, No. 2. P. 31-49.

ERIAS, A; ÁLVAREZ-CAMPANA, J. 2006. Relaciones entre la evaluación de impacto ambiental, la evaluación ambiental estratégica y el desarrollo sostenible: evolución, metodología y agentes participantes. Comunicación al III Congreso de Ingeniería Civil, Zaragoza, pp 1-15.

ESTRELLA, E. 2011. Gobernabilidad y gobernanza. Ensayo disponible en http://www.ciza.mx/apps/site/files/gobernabilidad_gobernanza.pdf

FAO. 2014. El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2014 (SOFIA 2014). Roma. 253 págs.

FÉLIX, F; HAASE, B. 2005. Distribution of humpback whales along the coast of Ecuador and management implications. J. Cetacean Res. Manage. 7(1): 21-31.

FÉLIX, F; HAASE, B; DENKINGER, J; FALCONÍ, J. 2011. Varamientos de mamíferos marinos registrados en la costa continental de Ecuador entre 1996 y 2009. Acta Oceanográfica del Pacífico. Vol. 16, No. 1, 2010-2011.

FEZZARDI, D; MASSA, F; ÀVILA-ZARAGOZA, P; RAD, F; YÜCEL-GIER, G; DENIZ, H; HADJ ALI SALEM, M; HAMZA, H.A; BEN SALEM, S. Indicators for sustainable aquaculture in Mediterranean and Black Sea countries. Guide for the use of indicators to monitor sustainable development of aquaculture. Studies and Reviews. General Fisheries Commission for the Mediterranean. No 93. Rome, FAO. 2013. 60 pp.

FOESA, 2011. Indicadores de sostenibilidad para viveros flotantes en la acuicultura marina Mediterránea. FOESA, Madrid, España. 116 páginas.

GABRIELSEN, P; BOSCH, P. 2003. Environmental Indicators: Typology and Use in Reporting. Working paper prepared for the European Environment Agency (EEA). 20 pp.

GFCM. 2011. Indicators for the sustainable development of finfish Mediterranean aquaculture: highlights from the InDAM Project. Studies and Reviews. General Fisheries Commission for the Mediterranean. No. 90 Rome, FAO. 2011: 218p.

HERRERA, M; CASTRO, R; COELLO, D; SAA, I; ELÍAS, E. 2014. Puertos, caletas y asentamientos pesqueros artesanales del Ecuador. Instituto Nacional de Pesca. Boletín Especial, Año 4 No. 1, Tomo 1

IISD. Assessing Sustainable Development: Principles in Practice. Hardi and Zdan (Eds.). International Institute for Sustainable Development 1997. Winnipeg. 175 pp.

INOCAR. 2005. Derrotero de la costa continental e insular del Ecuador. Instituto Oceanográfico de la Armada. 4ta. Edición. Septiembre 2005. 199 pp.

INP. 2006. Plan Nacional de Control. Para el ofrecimiento de garantías oficiales respecto a la exportación de productos pesqueros y acuícolas de la República del Ecuador a la Unión Europea. Ministerio de Comercio Exterior, Industrialización, Pesca y Competitividad. Instituto Nacional de Pesca. Pp. 60.

JOVER, M. 2014. Curso Intensivo “Acuicultura Marina Sostenible: Diseño, Gestión de Instalaciones y Nutrición”. La Libertad, 24 al 30 de octubre de 2014. CEIDA – UPSE.

JURADO, V; GONZÁLEZ, N. 2012. La pesquería de peces pelágicos pequeños en el Ecuador durante el 2011. Boletín Científico y Técnico (2012). Instituto Nacional de Pesca. Volumen XXII, No. 2. P. 1-30.

KAPETSKY, J.M; AGUILAR-MANJARREZ, J; JENNESS, J. 2013. A global assessment of potential for offshore mariculture development from a spatial perspective. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper No. 549. Rome, FAO. 181 pp.

LEIVA, F. 1998. Sostenibilidad de Sistemas Agrícolas. *Agronomía Colombiana*: XV(2, 3) 181-193.

MACÍAS, J; DEL CASTILLO, F; ÁLAMO, C. 2001. Zonas idóneas para el desarrollo de la acuicultura en el litoral Andaluz. Presentación powerpoint.

MINISTERIO DE AGRICULTURA GANADERÍA Y PESCA. 2015a. En San Mateo inicia proyecto de cría de peces en jaulas marinas. En <http://www.agricultura.gob.ec/>

MINISTERIO DE AGRICULTURA GANADERÍA Y PESCA. 2015b. Instructivo para el ordenamiento, control de concesiones y fomento de las actividades de maricultura en el Ecuador. Acuerdo Ministerial 023 emitido el 6 de febrero de 2015.

MINISTERIO DEL AMBIENTE DEL ECUADOR. 2003. Texto Unificado de Legislación Secundaria. Decreto Ejecutivo 3516. Registro Oficial Suplemento 2 de 31-mar-2003.

MINISTERIO DEL AMBIENTE DEL ECUADOR. 2007. Actualización del Diagnóstico del Parque Nacional Machalilla: elementos prioritarios de la diversidad biológica y cultural. Anexo 3. Especies Prioritarias Marinas. Proyecto GEF: Ecuador Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP-GEF). Quito.

MINISTERIO DEL AMBIENTE DEL ECUADOR. 2014. Plan Nacional para la Conservación de las Tortugas Marinas. Guayaquil, Ecuador.

MORENO, A. 2012. Modelos de Localización Óptima de Instalaciones y Equipamientos. Sistemas de Información Geográfica y localización óptima de instalaciones y

equipamientos. 2da edición. Bosque y Moreno (coord.). Alfaomega Gupo Editor. México. 417pp.

MORRISON-SAUNDERS, A; ARTS, J. 2012. Introduction to EIA follow-up. In: A. Morrison-Saunders and J. Arts (eds) *Assessing Impact: Handbook of EIA and SEA Follow-up*, London: Earthscan.

NARVÁEZ I. 2000. Aguas de formación y derrame de petróleo. La dimensión Política en la problemática socioambiental petrolera. Primera edición. Unidad de Protección Ambiental de Petroecuador. Quito. 134 pp.

OECD, 2008. *Handbook on Constructing Composite Indicators – Methodology and User Guide*. Paris, OECD. 162 pp.

PÁEZ, A. 2003. El método ASSIPAC de Evaluación de la Sostenibilidad. *Revista Mad*. No.9. Departamento de Antropología. Universidad de Chile. Disponible en internet en <http://rehue.csociales.uchile.cl/publicaciones/mad/09/paper03.pdf>

PARTIDARIO, M. (1999a) *Strategic Environmental Assessment (SEA): Principles and Potentials*, en J. Petts (ed) (2000), *Handbook of Environmental Impact Assessment*, vol I, London Blackwell Science.

PARTIDARIO, M. (1999b) *Strategic Environmental Assessment (SEA): current practices, future demands and capacity-building needs*. Course Manual. International Association for Impact Assessment IAIA Training Courses. Portugal, Lisbon, pp 1-69.

PERRONE, A; CAIJAO, D; BURGOS, M. 2009. Turismo de naturaleza en la zona marino costera del Ecuador continental. *Conservación Internacional Ecuador*. Ministerio del Ambiente del Ecuador. Ministerio de Turismo del Ecuador. Guayaquil, Ecuador.

PRADO, M. 2009. La pesquería de peces pelágicos pequeños en Ecuador durante 2008. Boletín Científico y Técnico (2009). Instituto Nacional de Pesca. Volumen XX, No. 4. Pág 1-25.

RAE. 2015. Diccionario de la Real Academia Española. Disponible en: <http://www.rae.es/>

SÁNCHEZ-MOLERO, J; BAVIERA, B. 2005. Tecnologías del Mar. Acuicultura Marina. Tendencias tecnológicas a medio y largo plazo. Fundación OPTI y AINIA. Madrid. 53 pp

SANZ-LÁZARO, C. 2013. Acuicultura marina: interacciones ambientales y claves para una gestión sostenible. Presentación Power Point en Ciclo de Conferencias y Taller “Hacia una maricultura sostenible en el Ecuador” CEIDA-UPSE. La Libertad, 22 de agosto de 2013.

SENPLADES. 2013. Plan Nacional de Desarrollo / Plan Nacional para el Buen Vivir 2013-2017. Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo. Quito. Pp. 600.

SILVA G, C; OLIVARÍ M, R; YANY G, G. 1999. Determinación de distritos de aptitud acuícola mediante la aplicación de sistemas de información geográfica. Invest. Mar, Valparaíso, 27: 93-99.

SNI – Sistema Nacional de Información (en línea). 2014. Disponible en: <http://sni.gob.ec/web/guest/coberturas>

TOMALÁ, D; CHAVARRÍA, J; 2013. Informe Técnico. Ciclo de Conferencias y Taller “Hacia una maricultura sostenible en el Ecuador”. La Libertad, 22 de agosto de 2013. Centro de Estudios Integrales del Ambiente – CEIDA – UPSE.

UN-WCED, 1987. Our Common Future. Report of the World Commission on Environment and Development. Transmitted to the General Assembly as an Annex to document A/42/427 - Development and International Cooperation: Environment. United Nations.

VICEMINISTERIO DE ACUACULTURA Y PESCA – VAP. 2014. Disponible en: <http://www.viceministerioap.gob.ec/wp-content/uploads/2014/06/puerto-pesquero-de-anconcito-.pdf>

WEBER. 2003. What Price Farmed Fish: A review of the environmental & social costs of farming carnivorous fish. SeaWeb Aquaculture Clearinghouse. pp. 58.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y DISCUSIÓN GENERAL

6.1. Introducción

La revisión del alcance de los sistemas habituales de Evaluación Ambiental (EA), esto es la Evaluación de Impactos Ambientales (EIA) y la Evaluación Ambiental Estratégica (EAE), indica que estos han sido cuestionados en cuanto a su contribución objetiva a la satisfacción del concepto de desarrollo sostenible (DS), aquello para lo cual fueron instituidos. Es así que, la tradicional EIA de proyectos, el instrumento de gestión ambiental más cosmopolita, parece haber ejercido un influencia discreta en la conservación de la calidad ambiental, y haber aportado poco significativamente en la mitigación de eventos globales como el cambio climático y su creciente número de consecuencias, así como en la consideración de principios básicos del DS como la equidad social, espacial e intergeneracional, o la conversión de capital natural en capital humano. Es entonces común escuchar que la EIA y los planes de manejo ambiental (PMA) se han transformado en muchos casos en instrumentos de cumplimiento que se verifican principalmente con papeles, con escaso efecto sobre aquello que se pretende proteger.

En este contexto, surgió el concepto de Evaluación de la Sostenibilidad (ES) como un instrumento de tercera generación de la ES, que incorpora en el proceso evaluativo, no solo los impactos ambientales, sino también los impactos sobre la sostenibilidad, desde un punto de vista predictivo. Este es un concepto potente, pues genera la oportunidad de proporcionar condiciones de sostenibilidad a actividades que pueden ser económicamente rentables, pero que, en contraste, pudieran producir impactos significativos en el ambiente,

en lo social y en lo cultural. Sin embargo, esta es una herramienta aún no completamente definida que, en el contexto de este trabajo, se propuso construir a partir de una iniciativa normativa y política, es decir en un escenario tradicional de la EAE, como son la *Estrategia para el desarrollo sostenible de la maricultura en Ecuador* y el Acuerdo Ministerial 023 *Instructivo para el ordenamiento, control de concesiones y fomento de las actividades de maricultura en el Ecuador*, que surgen del interés del Estado de cambiar la matriz productiva del país, proceso dentro del cual se ha observado en el mar una oportunidad para el futuro del Ecuador. Con la consideración que la maricultura a la que se hace referencia en este trabajo es aquella orientada al cultivo de peces en viveros flotantes o jaulas, particularmente de las especies *S. rivoliana* y *L. guttatus*.

Es así que, con tal objeto se construyó un modelo de investigación, como fuera presentado en el capítulo introductorio (Metodología de Evaluación Ambiental para una maricultura oceánica sostenible en Ecuador¹¹), el cual, como resultado final, debería ser capaz de determinar objetivamente si la actividad propuesta es o no sostenible; pero que en el transcurso de su aplicación pudiera, a través de la utilización de estándares o referencias, previamente conocidos, de orden ambiental, social, económico o de gobernanza, conferir de sostenibilidad a la actividad propuesta.

Es necesario destacar que los conceptos aplicados en el presente trabajo fueron adaptados para su aplicación en el medio y ciencias ambientales marinas, lo cual obviamente constituyó un reto, pues incorpora dificultades, interpretaciones y oportunidades adicionales a aquellas surgidas de su direccionamiento a procesos en tierra firme. Sin embargo, el hilo conductor del proceso se edificó a expensas de un instrumento común y necesario en la ES como es el de los *Principios de Bellagio*.

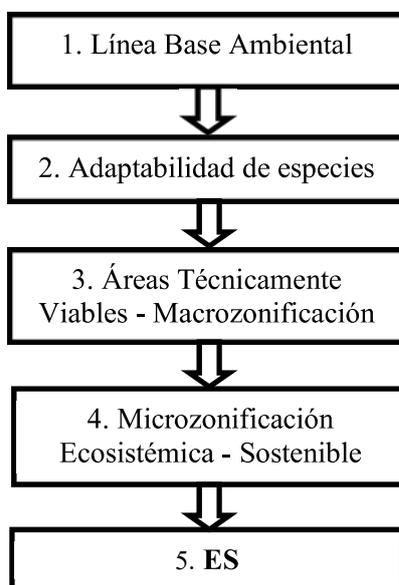
Conceptual o filosóficamente, fue necesario definir el nivel de sostenibilidad en el que basó el análisis y proceso evaluativo. No se consideraron aceptables los niveles de sostenibilidad muy fuerte (ecologismo extremo) o muy débil (tecnocéntrico) sino que se asumió como referente un nivel de sostenibilidad fuerte y medio (sostenible), que se

¹¹ Ensayo aprobado para su publicación en la Revista Ciencias Pedagógicas e Innovación

consideraron equivalentes a un valor de 5 y 4, respectivamente, en una escala de 5, como máximo nivel de sostenibilidad.

6.2. Aplicación del modelo

El modelo se aplicó en todas sus fases, encontrándose coherencia con los planteamientos del Método ASSIPAC (Assessing the Sustainability of Societal Initiatives and Proposing Agendas for Change) razón por la cual se utilizó su lista de verificación como referencia.



Estudio de Línea Base ambiental

El Estudio de Línea Base ambiental se realizó con la mejor información disponible, con características relevantes para procesos de maricultura oceánica en ambientes confinados.

La temprana incorporación de un criterio batimétrico, basado en aspectos tecnológicos y ambientales, fue la opción más adecuada para delimitar el área de estudio. Las entidades del Estado encargadas de preparar la ZIAM, han acogido el concepto, conforme fuera presentado en varias reuniones y foros con la participación del sector oficial. Otro factor

considerado, aunque no oficializado por razones sociales y políticas, ha sido la exclusión inicial de zonas marinas que presentan un factor de riesgo, por calidad ambiental, para la producción de peces en mar abierto.

La incorporación del concepto oceanográfico de masas de agua fue favorable para la división del área de estudio en cinco grandes zonas marinas, permitiendo una ordenación inicial. Este concepto ha sido también acogido por el Estado en un proyecto de zonificación marina originado a partir del proyecto “*Estudios de Caracterización del Mar Territorial Continental del Ecuador, Bases para Lograr la Zonificación Marina*” de la Secretaría Técnica del Mar.

El marco normativo e institucional ha sido inestable, sin embargo, ha evolucionado favorablemente hacia el fomento de la actividad, desde un marco normativo restrictivo hasta uno más favorable para las concesiones, como lo expresa la reciente apertura a la posibilidad de obtener concesiones dentro de las 8 MN para todo tipo de proyectos. El marco normativo actual ha incorporado criterios establecidos en las fases iniciales e intermedias de este trabajo.

La calidad ambiental observada en el área de estudio muestra condiciones saludables tanto en columna de agua como en sedimentos. Las condiciones ambientales marinas favorables son propicias para la existencia de una alta diversidad biológica e importantes caladeros de pesca artesanal e industrial. Es necesario, no obstante, ejecutar programas de monitoreo ambiental en estas franjas intermedias entre las condiciones costeras y las oceánicas.

La población del filo costero del área de estudio presenta porcentajes de NBI (necesidades básicas insatisfechas) sobre el 72 %, reflejando niveles de pobreza que deben ser resueltos a través de la aplicación de políticas de intervención pública. Estos conglomerados deben incorporarse a las estrategias de cambio de la matriz productiva a través de mecanismos como la acuicultura marina y el ecoturismo marino costero.

Adaptabilidad de especies

En el contexto de este componente se realizó el estudio “Evaluación de la adaptabilidad de las especies pargo (*Lutjanus guttatus*) y huayaípe (*Seriola rivoliana*) a las condiciones ambientales del mar ecuatoriano con fines de maricultura oceánica”¹².

La construcción del Índice fisiológico de Adaptabilidad IA, obtenido en base a la interpretación y análisis de información secundaria y primaria, permitió determinar las áreas más apropiadas para el cultivo tanto de *L. guttatus* como de *S. rivoliana* en columnas de agua de 10 y 20 m de profundidad.

Ambientalmente, las mejores áreas para el cultivo de *S. rivoliana* son las zonas del centro-sur del Ecuador, respondiendo mejor a las condiciones que se presentan en jaulas de 10 m de profundidad. Mientras que *L. guttatus* se adaptaría mejor a las condiciones del norte del Ecuador, tanto para jaulas de 10 o 20 m de profundidad.

La zona central de la costa ecuatoriana con condiciones térmicas intermedias, se muestra propicia para los dos tipos de cultivo, particularmente en jaulas de 10 m de profundidad.

Áreas técnicamente viables macro-zonificación

En orden de dar viabilidad técnica a los proyectos, además de determinar las condiciones más propicias para los aspectos fisiológicos de las especies, fue necesario determinar: las mejores condiciones para la compleja ingeniería de implementación de los viveros acuáticos, las condiciones más apropiadas de calidad ambiental, y las zonas a excluir por exigencias normativas. Este componente de coherencia territorial concuerda con el concepto tradicional de *Selección de Sitio (site selection)* utilizado en maricultura, que no necesariamente incorpora los posibles impactos sobre el ambiente y la sostenibilidad.

¹² Trabajo aceptado para publicación en la Revista Acta Oceanográfica del Pacífico.

Para satisfacer este componente se desarrolló el estudio “Macrozonificación para proyectos de maricultura oceánica de pargo (*Lutjanus guttatus*) y huayaipe (*Seriola rivoliana*) en Ecuador”¹³. Para el propósito se utilizó un sistema de información geográfica (SIG) y se desarrolló un Índice de Aptitud IAp, constituyendo una combinación potente que permitió evaluar las áreas obtenidas según su aptitud técnica para actividades de maricultura. La superficie total técnicamente viable fue estimada en 569.178 ha que expresa un área significativamente grande. No obstante, considerando las restricciones normativas, cada proyecto de hasta 150 ha en el fondo marino, considerando las áreas de amortiguamiento, ocuparía una superficie aproximada de 742.4 ha, que extrapolada al área total disponible daría un total de 767 concesiones posibles.

La zona costera central presentó el mayor valor de aptitud, particularmente el centro norte con una superficie aproximada 127.490 ha o 171 concesiones, aunque se debe destacar que todos los sectores presentaron aptitud buena o aceptable para maricultura.

La combinación del IAp con el Índice de Adaptabilidad (IA) permite confirmar si además de aptitud biológica existe aptitud técnica y ambiental, lo cual, de acuerdo a la valoración alcanzada, ya expresa cierto nivel de sostenibilidad. De este modo, los números confirmaron que las mejores áreas para la maricultura son las de las zonas costeras centrales tanto para cultivos de *L. guttatus* como de *S. rivoliana*, con mejores perspectivas para jaulas de 10 m de profundidad. Existe por lo tanto recurrencia en considerar como más aptos los cultivos en este tipo de jaulas.

Microzonificación ecosistémica sostenible

La microzonificación fue el resultado de aplicar estándares a las áreas técnicamente viables, a través de prácticas sostenibles con representación geográfica, utilizados en otras regiones con desarrollo de maricultura de peces en jaulas. Tales prácticas incorporaron las cuatro dimensiones de la sostenibilidad como son lo ambiental, lo social, lo económico y la gobernanza.

¹³ Presentado en versión extendida en el Foro Iberoamericano de los Recursos Marinos y Acuicultura – FIRMA Machala 2014, y aceptado para su publicación en el libro de papers del evento.

Esto produjo una reducción de áreas aptas para la maricultura expresados como: 43.966 ha de sostenibilidad alta equivalentes a 60 concesiones y 228.569 ha de sostenibilidad media, equivalentes a 308 concesiones, indicando un total de 368 concesiones sostenibles posibles a nivel nacional, aproximadamente 400 concesiones menos a las posibles desde un punto de vista exclusivamente técnico.

Es necesario destacar que la Zona III o zona costera central, en el área de influencia de la ciudad de Manta, contiene la mayor área (24.582 ha) con nivel de sostenibilidad 5, con 56 % del total nacional, siendo a la vez un área con alta aptitud para el cultivo de las dos especies objeto de estudio, lo cual la ubica como la mejor área para la maricultura en el Ecuador. El total de concesiones posibles arrojaría un aproximado de 33 proyectos altamente sostenibles.

Evaluación de la sostenibilidad ES

La microzonificación obtenida constituye un referente importante de sostenibilidad, de alta coherencia territorial. Sin embargo, existen procesos que no necesariamente poseen atributos de expresión espacial o geográfica que deben ser considerados para evaluar la sostenibilidad *e. g.* factores de producción y mercado, institucionalidad y posibles escenarios de riesgo. En este caso, la práctica que está ganando mayor aceptación en su aplicación acuicultura es el uso de indicadores de sostenibilidad, aunque se puede mencionar que otras prácticas pudieran también utilizarse *e.g.* el método PER (Presión-Estado-Respuesta).

En este caso, se adaptó una herramienta evaluativa *ex post* exitosa como es el método PCI utilizado en proyecto InDAM y se la transformó en una herramienta *ex ante*, utilizando el conjunto de indicadores de sostenibilidad desarrollados en él. Los indicadores, elaborados a nivel conceptual, mostraron una potencia anticipativa adaptable a una ES bajo el concepto de EA, casi sin cambios.

Una vez identificados los indicadores a utilizarse, lo que se produjo a través de un evento participativo altamente efectivo, se llevó los indicadores a nivel de fórmula, apoyado parcialmente en indicadores desarrollados en el proyecto Mediterrane-on, bajo un concepto filosófico de sostenibilidad fuerte o media, basado en la conservación del capital natural, capital natural crítico, capital sociocultural y rentabilidad económica, completamente compatible con el proceso de ES.

Como resultado final la ES mostró que en el área de microzonificación la maricultura es ambientalmente viable, lo cual es natural, pues la mayor cantidad de prácticas sostenibles aplicadas en la microzonificación correspondieron a la dimensión ambiental.

Desde la dimensión económica, se encontró que existen condiciones apropiadas para la rentabilidad económica de la maricultura. La evaluación financiera de los escenarios analizados mostró que los proyectos con *S. rivoliana* presentan mejores indicadores de rentabilidad. No obstante, proyectos de *L. guttatus* pudieran ser socialmente sostenibles. Es necesario indicar que se presentaron escenarios plausibles, no obstante otros escenarios serían también posibles *e. g.* Jover (com. pers., 2014) ha indicado que en España los proyectos económicamente rentables se realizan en jaulas de pequeño o gran tamaño, pero que las jaulas medianas es probable que vayan a la quiebra. Sin embargo, las condiciones climatológicas en Ecuador, favorables para una producción continua, pudieran cuestionar ese principio.

Los indicadores de sostenibilidad social también fueron favorables, no obstante reflejan la necesidad de crear programas de capacitación para los pescadores artesanales que incursionen en la maricultura. Estos programas deben ser preparados por las universidades costeras con áreas en ciencias marinas, las mismas que deben participar en las distintas fases de los proyectos. Actualmente, la UPSE se encuentra apoyando con parte de las herramientas desarrolladas en este trabajo, en la implementación de un proyecto emblemático de maricultura que constituiría el primero proyecto de nacional de macroalgas.

Otro aspecto a considerar en la dimensión social es la reducción en el nivel de participación en los procesos de toma de decisiones, particularmente en los aspectos normativos. Aunque pareciera paradójico, es necesario indicar que esta consideración pudiera, a la luz del largo proceso de evolución normativa, haber mejorado el nivel de gobernanza. Esto se justifica en el hecho, de que los primeros acuerdos normativos surgieron privilegiando una alta participación de dos segmentos de los sectores interesados: el sector artesanal y el conservacionista estatal; no habiéndose involucrado al sector industrial, produciendo como resultado que no se ejecutaran proyectos de maricultura de peces en jaulas.

A pesar de que alcanzó un nivel de sostenibilidad media (4), el punto más débil de la ES fue la gobernanza dado porque no hay evidencia de formalización de la *Estrategia para el Desarrollo Sostenible de la Maricultura* y porque los procesos de zonificación no se han materializado. Es factible mejorar si se establecen las ZIAM del Estado, no obstante, una sesión de intercambio de criterios con un funcionario de la Subsecretaría de Acuicultura ha establecido una apertura para socializar el presente trabajo en el nivel oficial.

El resultado de la ES global de la proyección de la maricultura oceánica de *L. guttatus* y *S. rivoliana* ha permitido concluir que ésta presenta las condiciones necesarias para convertirse en una actividad sostenible, siempre que se apliquen los procedimientos establecidos a lo largo del presente trabajo y se consideren las áreas propuestas en el proceso de microzonificación, en consecuencia se asume que la hipótesis descriptiva causal “*La aplicación del modelo de Evaluación de la Sostenibilidad ES en la etapa inicial del desarrollo de la maricultura oceánica de las especies pargo (Lutjanus guttatus) y huayaibe (Seriola rivoliana), incorporando procesos de evaluación de la adaptabilidad de las referidas especies a las condiciones oceanográficas locales, estudios de aptitud del área para la maricultura y definición de una microzonificación en un marco promotor de sostenibilidad, permite establecer que el desarrollo de la maricultura oceánica en Ecuador presentaría condiciones de sostenibilidad ambiental, además de sostenibilidad, económica y social*” se ha cumplido satisfactoriamente.

Se puede concluir también que el proceso propuesto de Evaluación Ambiental de tercera generación, Evaluación de la Sostenibilidad, es una herramienta cuya aplicación en fase *ex ante* es viable en proyectos regionales, generando un escenario de sostenibilidad. Mientras que en su versión *ex post* su mayor utilidad radica en su capacidad para expresar cambios de tendencia que permitan orientar la toma de decisiones en busca del desarrollo sostenible.

6.3. Perspectivas para futuras investigaciones

La información disponible para línea base se encuentra principalmente concentrada en los sectores geográficos más desarrollados, en las zonas más cercanas a la costa, o en su defecto en las zonas más oceánicas tradicionalmente monitoreadas en los cruceros oceanográficos. Es necesario realizar programas de monitoreo en zonas de profundidades intermedias. Una vez establecidas las ZIAM, estas deberían ser objeto de tales programas de monitoreo, de manera adicional a aquellos programas de vigilancia ambiental de las granjas que ya se encuentren en operación.

El procedimiento de ES seguido puede constituirse en una herramienta capaz de utilizarse en otros contextos de la acuicultura marina, aplicable a otras especies de peces u otros tipos de maricultura, como es el caso de acuicultura de camarón en jaulas, maricultura de moluscos o de macroalgas. Investigaciones en este sentido deben ser desarrolladas con el objeto de determinar áreas con aptitud para proyectos sostenibles.

Estudios de respuesta fisiológica de las especies objeto de maricultura a las condiciones esperadas localmente en las jaulas deben ser realizados para evaluar la aptitud de las distintas zonas marinas.

Proyectos piloto con las especies aprobadas por el Estado para producción o investigación deben ser realizados con el objeto de: desarrollar tecnología de cultivo, determinar el comportamiento y respuesta fisiológica *in situ* de los organismos y determinar la rentabilidad real de los proyectos.

Es necesario que las empresa proveedoras de piensos inviertan en I+D en nutrición acuícola para producir alimento específico para las distintas especies objeto de cultivo, y reducir los porcentajes de harina y aceite de pescado.

Es fundamental generar tecnología de ingeniería de jaulas con materiales apropiados para las condiciones marinas locales que permitan reducir los costos de implementación de los proyectos, particularmente para los que fueren desarrollados por los sectores artesanales.

Se debe diseñar sistemas de vigilancia y capacidades de análisis para grupos específicos de parámetros que permitan hacer seguimiento con significancia estadística de la calidad ambiental de la columna de agua y, principalmente, de los sedimentos, de tal modo que sea factible comprobar hipótesis con inferencia estadística. Particular atención debiera ser puesta en los diseños BACI (*Before/After - Control/Impact*) utilizados en maricultura

ANEXOS

ANEXO 1

Estaciones oceanográficas y meteorológicas

Coordenadas geográficas de las estaciones de medición de parámetros oceanográficos por zonas de estudio.			
Puntos de información para el análisis de temperatura de estructura superficial			
Zona	Latitud	Longitud	Fuente de datos
I	1° 8' N	79.271578° W	IMARPE
II	0° 11' N	79.821092° W	
III	0° 37' S	80.496962° W	
IV	1° 37' S	80.748926° W	
V	2° 21' S	80.898992° W	
Estaciones oceanográficas para análisis de la Estructura Térmica Vertical			
I (Esmeraldas*)	1° 4.8' N	79° 44.3' W	*INP y **CENAIM
II (Punta Galera*)	0° 52.5' N	80° 12.2' W	
IV (Puerto López*)	1° 35.4' S	80° 59.4' W	
IV (El Pelado**)	1° 57' S	80.759429° W	
Estaciones de mareas			
I (Palma Real)	1° 26' 49" N	78° 51' 35" W	Fuente: INOCAR
I (Esmeraldas)	0° 59' 27" N	79° 38' 46" W	
II (Muisne)	0° 37' 0" N	80° 0' 18" W	
III (Manta)	0° 55' 53" S	80° 43' 18" W	
IV (Puerto López)	1° 33' " S	80° 48' 0" W	
IV (Monteverde)	2° 4' " S	80° 44' 20" W	
IV (La Libertad)	2° 12' " S	80° 54' 23" W	
Estaciones de medición de olas			
I (Punta Gorda)	0° 58' " N	79.7333° W	Arreaga, 2004
III (Bahía)	0° 35' " S	80.417694° W	Allauca & Cardin 1987
III (Jaramijó)	0° 54' " S	80.557750° W	Allauca & Cardin 1987 Cardin 1989
III (Manta)	0° 55' " S	80.648590° W	Vera et al. 2009
IV (Punta El Sombrero)	1° 30' " S	80.814472° W	
IV (Puerto López)	1° 32' " S	80.828032° W	Allauca 1985
IV (Valdivia)	1° 56' " S	80.728931° W	Vera et al. 2009 Mindiola & Recalde 2008 Allauca 1985
IV (Monteverde)	2° 4' " S	80.747672964° W	Vera et al. 2009
IV (Punta Blanca)	2° 7' " S	80.808933° W	
IV (La Libertad)	2° 12' " S	80.908552° W	
IV (Salinas)	2° 11'		
V (Mar Bravo)	2° 13' " S	80.992877° W	
V (Chanduy)	2° 27' " S	80.701117° W	
Estaciones de medición de corrientes			
I (Esmeraldas)	1° 00' 13" N	79° 38' 39" W	Arreaga 2004 Arellano 1975
II (Jama)	0°	579285	MARAMAR 2011
III (Jaramijó)	0° 52' " S	80.626296° W	Vera et al. 2009
III (Manta)	0° 55' S	80.701670° W	
IV (Punta El Sombrero)	1.495249° S	80.805954° W	
IV (Puerto Rico)	1.639057° S	80.836378° W	
IV (La Entrada)	1.733058° S	80.785780° W	
IV (Montañita)	1.828903° S	80.756953° W	
IV (Playa Bruja)	1° 55' 00" S	80° 45' 00" W	
IV (San Pedro-Valdivia)	1.951570° S	80.738461° W	Vera et al. 2009 Piedra 1990 Paredes 1984
IV (Monteverde)	2° 03' 59" S	80° 44' 48" W	Vera et al. 2009 Mindiola & Recalde 2008
IV (Punta Blanca)	2.159228° S	80.808933° W	Vera et al. 2009
IV (Ballenita)	2.201026° S	80.881094° W	Vera et al. 2009
IV (La Libertad)	2.216797° S	80.911893° W	Vera et al. 2009 Vera 2000 Allauca & Lucero 1992
IV (Santa Rosa)	2.214692° S	80.942602° W	Vera et al. 2009
IV (Salinas)	2.195712° S	80.978857° W	

V (Punta Carnero)	2.280788° S	80.946206° W	
V (Chanduy)	2.430144° S	80.701117° W	
Estaciones de medición de corrientes y parámetros físico- químicos y biológicos en agua y sedimentos marinos			
I (Tonchigue)	10100379	617610	Subsecretaría de Recursos Pesqueros, 2010 Coordenadas en UTM Datum WGS 84
II (Mompiche)	10057041	605155	
II (Jama)	9986956	578896	
III (Jaramijó)	9899968	540889	
III (San Mateo)	9896046	519971	
IV (Ayangue)	9779821	525522	
IV (Santa Rosa)	9761696	502113	
V (Anconcito)	9737655	511896	

Coordenadas geográficas de las estaciones meteorológicas por zonas de estudio.			
Zona	Latitud	Longitud	Fuente de datos
I (Esmeraldas)	0° 59' 45'' N	79° 39' 7'' W	Hernández 2006a; Hernández 2006b; Gálvez & Regalado 2007
III (Manta)	0° 55' 53'' S	80° 44' 15'' W	
IV (San Pedro)	1° 56' 30'' S	80° 43' 30'' W	CENAIM
IV (La Libertad UPSE)	2.233595° S	80.875059° W	CEIDA UPSE
IV (La Libertad)	2° 12' 52'' S	80° 54' 12'' W	Hernández 2005-2006; Hernández 2006; Gálvez & Regalado 2007

ANEXO 2

Validación de los índices

Validación de los índices

En varias partes del estudio se elaboraron índices o indicadores basados en atributos con distintos niveles de ponderación. Las fracciones de ponderación se obtuvieron mediante ejercicio o revisión por pares académicos, o en eventos participativos, así:

Índice	Observaciones	Validación
<p style="text-align: center;">Índice de Adaptabilidad</p> $I = 0.3a_1 + 0.2a_2 + 0.1a_3 + 0.1a_4 + 0.3a_5$ <p>Donde los atributos corresponden a: a_1 = climatología de TSM. a_2 = estructura térmica vertical. a_3 = indicador upwelling a_4 = indicador de downwelling a_5 = concentración de O₂.</p>	<p>Aspectos conceptuales:</p> <ul style="list-style-type: none"> • En acuicultura, temperatura y O₂ son las variables ambientales más importantes. • En orden de importancia de afectación, la estacionalidad climática es el factor más relevante. • Consideraciones geométricas de las jaulas conducen a considerar aspectos climatológicos en la columna de agua como los segundos en importancia. • La variabilidad de baja frecuencia asociada a la oscilación ENSO, se consideró como de tercera importancia. 	<p>Elaboración: Chavarría J. y D. Tomalá (Directora de la Carrera de Biología Marina, Facultad de Ciencias del Mar - UPSE)</p> <hr/> <p>Revisión: Ph.D. Nardy Diez Prometeo SENESCYT. Ph.D. María Herminia Cornejo. Directora INCYT. Ph.D. Bonny Bayot. Coordinadora Científica CENAIM.</p> <hr/> <p>Aprobado para publicación por Comité Editorial Instituto Oceanográfico de la Armada (INOCAR), revista Acta Oceanográfica del Pacífico Volumen 20, No.1.</p>
<p style="text-align: center;">Índice de aptitud</p> $IAp = 0.2C_1 + 0.2C_2 + 0.2C_3 + 0.1C_4 + 0.15C_5 + 0.15 C_6$ <p>Criterios: C_1 = Velocidad de corriente C_2 = Altura significativa de olas (Hs) C_3 = Calidad ambiental del agua C_4 = Calidad ambiental de los sedimentos marinos C_5 = Bentos (macro-meio fauna)</p>	<p>Aspectos conceptuales:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ecuación utilizada por: SILVA, C; OLIVARÍ, R; YANY, G., en “Determinación de distritos de aptitud acuícola mediante la aplicación de sistemas de información geográfica” Invest. Mar, Valparaíso, 27: 93-99. 1999. • Criterios elaborados por los autores en base a trabajos de Chen (1979), Beveridge (1987), Laird y Needham (1988), Bromage y Sheperd (1988). • En este trabajo, se conservó 	<p>Elaboración: Chavarría J. y D. Tomalá (Directora de la Carrera de Biología Marina, Facultad de Ciencias del Mar - UPSE)</p> <hr/> <p>Revisión: Ph.D. Bonny Bayot. Coordinadora Científica CENAIM. Ph.D. María Herminia Cornejo. Directora INCYT y miembros del Comité científico del evento: IV Simposio la Investigación en la Universidad Estatal Península de Santa Elena – SINVES. Realizado en</p>

<p>C6 = Textura de sedimentos</p>	<p>la escala de valores propuesta por los autores.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se incorporaron criterios basados en: Benetti <i>et al.</i>, 2010; Sanz-Lázaro, 2013, y Jover, 2014. • Considerando la ubicación de las jaulas en la parte superior de la columna de agua, se asignó una ponderación mayor a los criterios acuáticos (aptitud técnica para la ingeniería de jaulas). • Los criterios asociados a los sedimentos, como zona receptora de impactos, pero con menor influencia sobre la implantación y seguridad de los sistemas de jaulas, tuvieron una menor ponderación (aptitud para el control de los impactos ambientales). 	<p>agosto de 2015.</p>
<p>Indicadores de sostenibilidad</p> <p>$P_{Ind} = p_1(A_1) + p_2(A_2) + p_3(A_3) + p_4(A_4)$</p> <p>Donde:</p> <p>p: valor de ponderación obtenido con la participación de expertos.</p> <p>A: valoración, para el indicador, del atributo seleccionado. Valores obtenidos dependiendo del pilar de la sostenibilidad.</p>	<p>Aspectos conceptuales:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ecuación para definir los indicadores ambientales a desarrollar, obtenidos a partir del conjunto de indicadores InDAM. • Los factores de ponderación fueron desarrollados en un proceso participativo. • Público objetivo: Representantes de instituciones, profesores, estudiantes y stakeholders en el proceso de desarrollo sostenible de la maricultura en el Ecuador. De esto se destaca que la participación de la comunidad fue amplia, habiéndose contado con la presencia de una importante cantidad de público, siendo representantes de universidades, escuelas politécnicas, municipalidades, ministerios, empresa privada etc.. 	<p>Los atributos fueron definidos en el evento: Ciclo de Conferencias y Taller “Hacia una maricultura sostenible en el Ecuador” La Libertad, 22 de agosto de 2013.</p> <p>Participación en el Taller del experto español Ph.D. Carlos Sanz-Lázaro con la Conferencia Magistral “Acuicultura marina: interacciones ambientales y claves para una gestión sostenible.”</p> <p>El Taller fue presentado y moderado por Ocean. Johnny Chavarría M.Sc. Conferencia previa: “Uso de indicadores de sostenibilidad en maricultura. Evaluación ambiental de última generación”.</p> <p>La coordinación del evento estuvo a cargo de la Blga. Dennis Tomalá, M.Sc.</p> <p>Objetivos: De las Conferencias</p> <ul style="list-style-type: none"> • Socializar el Método PCI,

		<p>una herramienta para evaluar DS en base a indicadores de los pilares de la sostenibilidad.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Contextualizar el método dentro del concepto de evaluación ambiental de última generación. • Presentar de manera objetiva los principales impactos ambientales asociados a las actividades de maricultura oceánica. <p>Del Taller</p> <ul style="list-style-type: none"> • Recabar información de los <i>stakeholders</i>, representantes de los 4 pilares de la sostenibilidad: ambiental, social, económico y gobernanza, sobre los indicadores para llevar a cabo una maricultura sostenible. • Seleccionar indicadores en base a un ejercicio sistemático como parte fundamental para lograr su operacionalización para la investigación doctoral. <p>Asistentes e instituciones: El número de asistentes fue de 116 talleristas. Las instituciones participantes se listan a continuación:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Instituciones del sector público Escuela Superior Politécnica del Litoral Universidad Técnica de Manabí. PROMETEO SENESCYT. Pontificia Universidad Católica del Ecuador (PUCE- Manabí) Universidad Técnica de Babahoyo Sociedad Latinoamericana de Acuicultura (SLA) Instituto Nacional de Pesca Instituto Oceanográfico de la Armada Instituto Nacional de Investigación en Salud Dirección Nacional de Intereses Marítimos Superintendencia de Terminal Petrolero de La Libertad Ministerio de Ganadería, Ganadería, Pesca y
--	--	--

		<p>Acuicultura (MAGAP) Ministerio de la Productividad Viceministerio de Acuicultura y Pesca Centro Nacional de Acuicultura e Investigaciones Marinas (CENAIM) Subsecretaría de Acuicultura Cooperativa de Pescadores Artesanales Santa Rosa Asociación de comerciantes La Ensenada Dirección de Gestión Ambiental GAD La Libertad Dirección de Gestión Ambiental GAD Salinas GAD Provincial de Santa Elena. División Pesca y Acuicultura Dirección Provincial de Calidad Ambiental Coordinación de Cooperación Internacional GAD Municipal Santa Elena Corporación Cultural Venus de Valdivia Colegio Mixto Particular UPSE</p> <p>• Empresas privadas ESSISERVICE PROMARISCO ARXEASLAB.S.A. RANGINKAMAN ABZIAN Laboratorio de Larvas Camarón Verde Laboratorio GLFMARINO ProbEcuador EPICORE Compañía CENTROMAR EASTERN FISH de EUA</p> <p>Difusión del Evento: El evento fue cubierto por el Departamento de Difusión Cultural de la UPSE, Brisa TV, la difusión a la comunidad se realizó a través de Radio Antena 3.</p> <p>Conclusiones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • La información obtenida, como producto del Taller, servirá como insumos para lograr uno de los objetivos de la tesis doctoral “Sostenibilidad ambiental de la maricultura en el Ecuador” • El tema de sostenibilidad en maricultura despertó un gran interés tanto en la comunidad científica, productores, acuicultores.
--	--	---

		<ul style="list-style-type: none">• Se fomentó la participación de estudiantes de la Escuela de Biología Marina involucrándolos en un tema de actualidad en el campo de la profesión.
--	--	---

ANEXO 3

Indicadores por dimensión de la sostenibilidad

Nº	Indicadores Dimensión Ambiental	Puntuación media ponderada
18	Profundidad (m)	4,14
16	Monitoreo de la calidad de la larva producida	4,10
19	Intercambio con mar abierto (distancia en m)	3,96
14	Incremento de la actividad pesquera alrededor de las jaulas (desembarque y el índice de la biomasa)	3,88
11	Bloom algal (n. cell/ml)	3,88
33	Potencial redox y pH	3,80
22	Saturación de oxígeno (%)	3,80
51	Presencia de patógenos en el cultivo	3,80
5	Evaluación del ciclo de vida	3,78
35	Estructura de sedimento (clasificación de sedimentos)	3,75
17	Hidrodinámica (cm/s)	3,75
15	Existencia de productores de semilla con stocks de reproductores nativos	3,75
36	Acumulación de metales pesados en microorganismos	3,72
49	Uso de reproductores nativos (y/n)	3,70
38	Monitoreo y nivel de degradación de hábitats sensibles	3,67
1	Tasa de conversión alimenticia (kg alimento/kg pez)	3,66
34	Fósforo total	3,61
6	Índice de nivel trófico de producción	3,60
40	Materia orgánica particulada total (mg/m ³)	3,58
13	Modificación de la captura de especies objetivo en el área	3,57
8	Captura (ton/año)	3,56
20	Porcentaje del área utilizada	3,53
45	Escapes (estimación de número de individuos)	3,52
10	Indicadores microbiológicos (coliformes totales)	3,49
21	Volumen de agua ocupada por Kg de producto (Kg/m ³)	3,45
37	Carbono orgánico total (TOC, mg/m ²)	3,44
32	Uso de alimento orgánico certificado	3,38
23	Relación entre nutrientes exógenos y endógenos	3,38
24	Tasa de sedimentación de heces (g/día)	3,33
41	Materia orgánica disuelta total (mg/m ³)	3,33
29	kg de antiparasitarios por tonelada de pez	3,31
3	Demanda de productos vegetales (ton/año)	3,29
50	Escapes (número)	3,26
46	Uso de especies no autóctonas	3,26
4	Índice de huella ecológica	3,22
44	Agregación de peces pelágicos (ind/m ²)	3,21
43	Biomasa de zooplancton (mg/m ³)	3,20
12	Pérdidas de zonas de cría y desove, índices de reclutamiento y stock desovante	3,18
26	Balance de nutrientes (Kg)	3,15
2	Demanda de peces pelágicos (ton/año)	3,15

Nº	Indicadores Dimensión Ambiental	Puntuación media ponderada
31	Uso de alimento con antioxidantes químicos (Kg)	3,14
9	Turbidez/transparencia (Disco Secchi)	3,13
42	Clorofila (mg/m ³)	3,13
30	Uso de desinfectantes por tonelada de pez (Kg)	3,09
48	Nivel de desove	3,08
7	Número de especies introducidas (n)	3,05
47	Uso de Organismos Genéticamente Modificados (OGM)	2,96
27	kg de antibióticos por tonelada pez	2,94
28	Uso de antifouling (anti-incrustante)	2,87
39	Turbidez (Disco Secchi)	2,87
25	Alimento perdido vs total (%)	2,85

Nº	Indicadores Dimensión Gobernanza	Puntuación media ponderada
23	Existencia de un plan público para apoyar el desarrollo de la maricultura	4,14
3	Número de trabajadores (directos e indirectos)	3,96
20	Existencia de una estrategia nacional de desarrollo sostenible	3,96
8	Número de participantes en reuniones consultivas	3,95
21	Existencia de reglas y regulaciones a favor de desarrollo sostenible	3,95
7	Número de agentes de control	3,92
15	Existencia de un plan de Zonas de Manejo Costero Integrado para áreas costeras, incluyendo la maricultura bajo la autoridad del Estado, teniendo en cuenta la evolución del futuro de la industria	3,91
24	Número de concesiones y licencias para maricultura	3,86
22	Porcentaje de la ayuda financiera del Estado en comparación con otros sectores	3,85
6	Porcentaje de piscicultores y técnicos que conocen las regulaciones	3,82
16	Existencia de fondos para investigación	3,82
17	Existencia de organismos de apoyo al entrenamiento en maricultura	3,81
18	Existencia de un sistema de información	3,80
26	Existencia de fondos asignados para capacitación	3,80
9	Número de participantes en la construcción de nuevas medidas	3,78
27	Existencia de recursos legales	3,72
5	Número de reportes de crisis ambientales en cinco años	3,68
25	Existencia de servicios estatales competentes	3,66
1	Número de áreas asignadas para maricultura	3,64
14	Número de nuevos sitios creados	3,61
19	Existencia de servicios de extensión y difusión	3,57
10	Número de piscicultores formando parte de organismos consultivos	3,54
13	Número de autorizaciones concedidas comparadas al número de las solicitadas	3,38
12	Número de conflictos debido a contradicciones entre la legislación tradicional y constitucional	3,34
11	Número de conflictos solucionados a nivel local	3,20
2	Integración de la actividad al paisaje del área	2,98
4	Conflictos y oportunidades con otras actividades y usos	2,91

Nº	Indicadores de Dimensión Económica	Puntuación media ponderada
16	Existencia de sistemas de bioseguridad	4,18
45	Porcentaje del presupuesto de las organizaciones de productores dirigidos al mercadeo y producción	4,17
21	Duración de la concesión	4,13
11	Número de productos (ejemplo: especies, talla, valor agregado)	4,13
18	Existencia de un sistema de manejo de salud para las granjas (incluyendo programas de vacunación)	4,12
14	Número de proveedores nacionales de alimentos (porcentaje con respecto a los importados)	4,10
28	Margen bruto de utilidad (utilidad bruta / ingresos)	4,10
47	Existencia de un programa de formación para los empleados del sector en los aspectos financieros de la actividad	4,07
39	Costos de monitoreo ambiental/Kg de pez producido	4,05
30	Costo de alimento/kg de pez producido	4,02
43	Estudios de mercado y evaluación financiera de proyectos	4,02
50	Existencia de un manual de gestión de crisis (estrategia)	4,02
15	Número de proveedores nacionales de alevines (porcentaje de alevines importados)	3,96
48	Existencia de un programa de formación para los empleados del sector sobre aspectos ambientales de la actividad	3,96
44	Difusión de los datos de mercado (seminarios anuales por federaciones o autoridades)	3,90
1	Existencia de una marca propia	3,89
6	Disponibilidad de la capacidad de procesamiento para el sector	3,88
25	Existencia de legislación para el monitoreo de parámetros ambientales	3,86
40	Inversión del capital para protección ambiental	3,86
17	Existencia de legislación de disposición de residuos biológicos	3,85
8	Estudios de mercado	3,80
9	Existencia de planes de mercadeo	3,78
41	Existencia de incentivos, directos o indirectos para acciones de protección ambiental	3,76
49	Existencia de fondos de emergencia	3,75
3	Existencia de un sistema de trazabilidad	3,74
46	Presupuesto nacional anual dirigido al mercadeo y promoción del sector	3,71
4	Porcentaje de productos con valor agregado	3,66
19	Relación entre el gasto en I + D sobre ventas totales	3,66
32	Costo laboral/Kg de pez producido	3,66
27	Existencia de organizaciones o cooperativas de productores para las ventas	3,66
33	Costo unitario de producción (costo total variables y fijos/Kg pez producido/ costos de operación)	3,66

Nº	Indicadores de Dimensión Económica	Puntuación media ponderada
29	Tasa de retorno de los activos de las granjas	3,65
42	Existencia de mecanismos nacionales para el apoyo a la creación de empresas (exoneración de impuestos, subsidios, la financiamiento)	3,65
7	Encuestas a clientes	3,63
22	Capacidad de renovación de la concesión	3,63
24	Existencia de fondos para emergencia para desastres de origen natural	3,63
35	Costos de transporte/Kg pez producido	3,62
2	Existencia de sistemas de certificación de calidad (organismos independientes)	3,59
38	Relación deuda/activos (pasivos totales del cultivo/activos totales del cultivo)	3,58
37	Coefficiente de liquidez (total de activos del cultivo/total de pasivos del cultivo).	3,57
26	Uso de ISO 14000 (u otro sistema certificado)	3,54
36	Costo financiero/Kg pez producido	3,53
5	Diferencial de precios con respecto a la calidad	3,51
10	Costos de comercialización / ingresos totales	3,51
23	Existencia de legislación nacional por zonas	3,48
13	Diversificación geográfica del mercado (número y porcentaje de participación de cada mercado)	3,46
31	Costo de alevines/Kg	3,32
20	Relación entre el gasto nacional en I + D / PIB	3,28
34	Costos de energía/Kg pez producido	3,27
12	Integración de la actividad principal con actividades complementarias (ecoturismo, pesca recreacional, restaurantes)	3,23

Nº	Indicadores Dimensión Social	Puntuación media ponderada
14	Número de patologías declaradas	4,05
8	Existencia de ecoetiquetas y especificaciones de productos	3,99
5	Porcentaje de productores con entrenamiento certificado y especializado en acuicultura	3,98
15	Porcentaje de peces de calidad superior	3,97
9	Participación efectiva en los procesos de toma de decisiones	3,93
1	Producción anual	3,90
3	Precio del pescado comparado con el salario mínimo nacional	3,85
11	Porcentaje de mujeres dedicadas a la maricultura	3,76
2	Cantidad de peces producido para mercados nacionales (autoconsumo) y consumo aparente	3,75
7	Existencia de un escalafón profesional	3,67
6	Número de asociaciones profesionales	3,65
12	Existencia e importancia de las organizaciones interprofesionales	3,64
4	Salario mínimo de los empleados comparado con el salario mínimo nacional	3,57
13	Relación de peces sin valor comercial	3,57
10	Número de horas trabajadas mensualmente por los operarios en acuicultura	3,28