



UNIVERSIDAD PERUANA
CAYETANO HEREDIA

“EVALUACIÓN DE LA
VULNERABILIDAD CLIMÁTICA Y
LA RESILIENCIA DE CADENAS
PRODUCTIVAS ACUÍCOLAS
MARINO-COSTERAS EN EL PERÚ”

TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE
MAESTRA EN CIENCIAS DEL MAR

LUCERO KLEIO CEFERINA ACHAYA
CARHUACHIN

LIMA – PERÚ
2023

ASESOR

Dr. Jorge L. Tam Málaga

CO-ASESOR

Dr. Jorge Eduardo Ramos Castillejos

JURADO DE TESIS

DR. DIMITRI GUTIERREZ AGUILAR

PRESIDENTE

DR. EDGAR CRUZ ACEVEDO

VOCAL

DR. ARTURO AGUIRRE VELARDE

SECRETARIO (A)

DEDICATORIA

A mis padres Gregorio Achaya y Luz Carhuachin por todo el amor, paciencia y soporte en estos años; y a todos los que me apoyaron para que sea posible terminar esta tesis

AGRADECIMIENTOS

A mis docentes de la Maestría de ciencias del mar de la Universidad Peruana Cayetano Heredia, por haber compartido sus conocimientos a lo largo de mi preparación, de manera especial, a mi asesor el Dr. Jorge Tam por su paciencia y constante guía y al Dr. Jorge E. Ramos Castillejos por ser mi co-asesor y brindar su conocimiento y experiencia en esta investigación.

FUENTES DE FINANCIAMIENTO

Tesis financiada por el Fondo de Adaptación a través del Proyecto “Adaptación a los impactos del cambio climático en el ecosistema marino costero del Perú y sus pesquerías” vía el Fondo de Promoción de las Áreas Naturales Protegidas del Perú (PROFONANPE), ejecutado por el Ministerio de la Producción y el Instituto del Mar del Perú (IMARPE).

EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD CLIMÁTICA Y LA RESILIENCIA DE CADENAS PRODUCTIVAS ACUÍCOLAS MARINO-COSTERAS EN EL PERÚ

INFORME DE ORIGINALIDAD

10%	10%	2%	3%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.upn.edu.pe Fuente de Internet	2%
2	Submitted to Universidad Peruana Cayetano Heredia Trabajo del estudiante	1%
3	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
4	repositorio.imarpe.gob.pe Fuente de Internet	<1%
5	www.giz.de Fuente de Internet	<1%
6	www.scielo.cl Fuente de Internet	<1%
7	repositorio.upch.edu.pe Fuente de Internet	<1%
8	doczz.net Fuente de Internet	<1%

TABLA DE CONTENIDOS

RESUMEN	
ABSTRACT	
INTRODUCCIÓN	1
I. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN	4
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
1.2. MARCO TEÓRICO	8
1.2.1 Cadenas productivas de especies acuícolas actuales y potenciales	8
1.2.2 Ecosistemas marinos del Perú	10
1.2.3 Procesos productivos	11
1.3. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO	12
1.4 OBJETIVOS	13
1.4.1 Objetivo General	13
1.4.2 Objetivos Específicos	13
1.5. HIPÓTESIS	14
II. METODOLOGÍA	15
2.1. DISEÑO DE ESTUDIO	15
2.1.1 Tipo de estudio	15
2.1.2 Área de estudio	15
2.1.3 Cadenas productivas acuícolas	16
2.1.4 Variables	18
2.1.5 Operacionalización de las variables	18
2.2. PROCEDIMIENTO Y TÉCNICAS	22
2.2.1 Flujograma de trabajo	22
2.2.2 Método de Evaluación de Vulnerabilidad Climática (EVC)	23
2.2.3 Método de Evaluación de Resiliencia Climática (ERC)	26
2.3. RECOLECCIÓN DE DATOS	30
2.3.1 Taller de expertos	30
2.3.2 Puntajes	31
2.4. ANÁLISIS Y PROCESAMIENTO DE DATOS	33

III. RESULTADOS	34
3.1. PUNTAJES DE SENSIBILIDAD, IMPACTO Y VULNERABILIDAD DE LAS CADENAS PRODUCTIVAS MARINAS ACUÍCOLAS	34
3.2. SENSIBILIDAD, IMPACTO Y VULNERABILIDAD CLIMÁTICA ENTRE CADENAS PRODUCTIVAS ACUÍCOLAS MARINAS	51
3.3. PUNTAJES PROMEDIO DE SENSIBILIDAD, IMPACTO Y VULNERABILIDAD ENTRE ATRIBUTOS	55
3.4. COMPARACIÓN DE VULNERABILIDAD ENTRE CADENAS PRODUCTIVAS INTENSIVAS Y EXTENSIVAS	56
3.5. ESTRUCTURA DE LAS CADENAS PRODUCTIVAS DE LANGOSTINO Y CONCHA DE ABANICO	60
3.5. DIAGRAMAS DE CADENAS PRODUCTIVAS	61
3.6. ÍNDICES DE RESILIENCIA DE CADENAS PRODUCTIVAS	64
IV. DISCUSIÓN	74
4.1. COMPARACIÓN DE LA VULNERABILIDAD CLIMÁTICA ENTRE CADENAS PRODUCTIVAS INTENSIVAS Y EXTENSIVAS	74
4.2. COMPARACIÓN DE LA RESILIENCIA CLIMÁTICA DE CADENAS PRODUCTIVAS ENTRE LANGOSTINO Y CONCHA DE ABANICO	76
4.3. MEDIDAS DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO RECOMENDADAS PARA LAS CADENAS PRODUCTIVAS	78
V. CONCLUSIONES	82
5.1. CONCLUSIONES	82
5.2. RECOMENDACIONES	83
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	85
VII. ANEXOS	
ANEXO 1. Perfiles de especies	
ANEXO 2. Tabla resumen de puntajes por cadena productiva	

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Puntuaciones totales de riesgo (columnas negras), sensibilidad (columnas grises) e impacto (columnas blancas) (Fuente: Doubleday. et al. 2013).	3
Figura 2. Valores medios y anomalías de la SST del EPCA (abajo) y ECH (arriba) para el año 2100.	6
Figura. 3. Mapa del potencial acuícola en las regiones del Perú. PRODUCE (2010)	9
Figura 4. Zona de transición de Paita entre 4°S y 6°S (Tomado de Ibanez-Erquiaga 2018).	11
Figura 5. Ubicación de los ecosistemas marinos en el mar peruano: Ecosistema Pacifico Centro-Americano (rojo), Ecosistema de la Corriente de Humboldt (azul) y zona de transición (morado)	16
Figura 6. Flujograma de trabajo.	23
Figura 7. Ejemplo esquemático de cadenas productiva propuesta por Pláganyi (2014)	27
Figura 8. Puntajes de langostino por atributo para cada categoría (sensibilidad, impacto y vulnerabilidad).	35
Figura 9. Puntajes de la concha de abanico – Sechura por atributo para cada categoría (sensibilidad, impacto y vulnerabilidad).	36
Figura 10. Puntajes de la concha de abanico - Paracas por atributo para cada categoría (sensibilidad, impacto y vulnerabilidad).	36

Figura 11. Puntajes de ostra del pacifico - Tumbes por atributo para cada categoría (sensibilidad, impacto y vulnerabilidad).	37
Figura 12. por atributo para cada categoría (sensibilidad, impacto y vulnerabilidad)	38
Figura 13. Puntajes de la ostra del pacifico – Ancash por atributo para cada categoría (sensibilidad, impacto y vulnerabilidad).	38
Figura 14. Puntajes de la ostra roca por atributo para cada categoría (sensibilidad, impacto y vulnerabilidad).	39
Figura 15. Puntajes de la Concha perlífera por atributo para cada categoría (sensibilidad, impacto y vulnerabilidad).	40
Figura 16. Puntajes de la Macha por atributo para cada categoría (sensibilidad, impacto y vulnerabilidad).	41
Figura 17. Puntajes del Lenguado por atributo para cada categoría (sensibilidad, impacto y vulnerabilidad).	42
Figura 18. Puntajes de la chita – Tumbes por atributo para cada categoría (sensibilidad, impacto y vulnerabilidad).	44
Figura 19. Puntajes de la chita - Ancash por atributo para cada categoría (sensibilidad, impacto y vulnerabilidad).	44
Figura 20. Puntajes de la chita – Lima por atributo para cada categoría (sensibilidad, impacto y vulnerabilidad).	45
Figura 21. Puntajes de la Cabrilla - Paracas por atributo para cada categoría (sensibilidad, impacto y vulnerabilidad).	46
Figura 22. Puntajes de la Cabrilla - Sechura por atributo para cada categoría (sensibilidad, impacto y vulnerabilidad).	46

Figura 23. Puntajes de la Corvina por atributo para cada categoría (sensibilidad, impacto y vulnerabilidad).	47
Figura 24. Puntajes de Erizo por atributo para cada categoría (sensibilidad, impacto y vulnerabilidad).	48
Figura 25. Puntajes de Sargazo por atributo para cada categoría (sensibilidad, impacto y vulnerabilidad).	49
Figura 26. Puntajes de yuyo por atributo para cada categoría (sensibilidad, impacto y vulnerabilidad).	50
Figura 27. Clasificación de sensibilidad de las cadenas productivas acuícolas, ordenadas de mayor a menor puntuación de sensibilidad.	52
Figura 28. Clasificación de impacto de las cadenas productivas, ordenadas de mayor a menor puntuación de impacto	53
Figura 29. Sensibilidad, impacto y vulnerabilidad de las especies de cultivo, ordenadas de mayor a menor puntaje de vulnerabilidad.	54
Figura 30. Sensibilidad, impacto y vulnerabilidad de los atributos de las cadenas productivas.	55
Figura 31. Diagrama de cajas de la vulnerabilidad entre cadenas productivas acuícolas (CPA) intensivas y extensivas.	56
Figura 32. Diagrama de dispersión entre la vulnerabilidad (puntos) y el Atributo 2; y la línea de regresión (línea punteada).	58
Figura 33. Diagrama de la cadena productiva de langostino	61
Figura 34. Cadena productiva simplificada de langostino	62
Figura 35. Diagrama de la cadena productiva de concha de abanico.	63
Figura 36. Cadena productiva simplificada de concha de abanico	64

Figura 37. Serie de tiempo de producción (t) del langostino.	71
Figura 38. Serie de tiempo de producción (t) de concha de abanico.	71
Figura 39. Diagrama de cajas del índice de resiliencia (IR).	72
Figura 40. Diagrama de cajas del índice de uniformidad (ED).	73

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Lista de cadenas productivas acuícolas (CPA) actuales y potenciales del Ecosistema Pacífico Centro-Americano (EPCA), zona de transición (ZT) y Ecosistema de Corriente de Humboldt (ECH).	17
Tabla 2. Variables independientes: Atributos utilizados para la Evaluación de Vulnerabilidad Climática (EVC) de las CPA.	19
Tabla 3. Variables dependientes: índices para la Evaluación de la Resiliencia Climática (ERC) de CPA y puntajes de Sensibilidad, Impacto y Vulnerabilidad obtenidos a partir de Evaluación de Vulnerabilidad Climática (EVC) de CPA	21
Tabla 4. Expertos que participaron del taller	30
Tabla 5. Cronograma de reuniones personales con cada experto	31
Tabla 6. EVC de cadenas productivas	31
Tabla 7. Correlaciones entre la sensibilidad de los atributos y la vulnerabilidad climática.	57
Tabla 8. Características de las cadenas productivas (tipo de tecnología, latitud, lugar de cultivo).	59
Tabla 9. Matriz de flujos ($t. \text{año}^{-1}$) de los enlaces de la cadena productiva de langostinos	65
Tabla 10. Índice de cadena de suministro (probabilidad) por nodo (SCI _j) de la cadena de langostino	67

Tabla 11. Matriz de flujos (t.año-1) de los enlaces de la cadena productiva de concha de abanico.	68
Tabla 12. Índice de cadena de suministro (probabilidad) por nodo (SCIj) de la cadena de concha de abanico.	69
Tabla 13. Parámetros e índices de las cadenas productivas de Langostino y Concha de abanico.	70
Tabla 14. OSPAS registradas en el directorio de infraestructuras pesqueras artesanales del ministerio de la producción	75

RESUMEN

El cambio climático está provocando profundas modificaciones en las comunidades marinas y en la estructura y función de los ecosistemas marinos. Los cambios climáticos (calentamiento global, acidificación, desoxigenación, disminución de salinidad, aumento de las precipitaciones, etc.) están ocasionando impactos negativos en las especies marinas, efectos que han sido registrados ampliamente. Estos cambios se suman a eventos extremos (ej., floraciones algales nocivas, hipoxia, y olas de calor marinas) que no sólo afectan a las especies marinas, sino también a las actividades económicas que depende de ellas, un claro ejemplo es la acuicultura. Sin embargo, en el Perú son escasos los estudios que evalúan la vulnerabilidad y resiliencia climáticas de las cadenas productivas acuícolas (CPA). Por lo tanto, en este estudio se realizó una evaluación de vulnerabilidad climática de 13 cadenas productivas actuales y potenciales del Ecosistema Pacifico Centro-Americano (EPCA) y del Ecosistema de la Corriente de Humboldt (ECH); y una evaluación de la resiliencia climática de 2 cadenas productivas. La hipótesis de este estudio es que las CPA intensivas son menos vulnerables al cambio climático que las CPA extensivas; y que la cadena productiva de langostino es más resiliente al cambio climático que la cadena productiva de concha de abanico.

Las CPA de concha de abanico en Sechura y en Paracas, y la de macha, fueron las más vulnerables. Las CPA menos vulnerables fueron las de chita, yuyo y ostra. No hubo diferencias significativas en la vulnerabilidad entre CPA intensivas y extensivas; tampoco se encontró diferencias significativas en los índices de resiliencia entre las CPA de concha de abanico y de langostino. Estos resultados permitirán priorizar las líneas de investigación, el financiamiento, y las CPA que requieren medidas de adaptación al cambio climático.

PALABRAS CLAVES

Vulnerabilidad climática, resiliencia, acuicultura, cambio climático, cadenas productivas.

SUMMARY

Climate change is causing profound modifications in marine communities and in the structure and function of marine ecosystems. Climate changes (global warming, acidification, deoxygenation, decreased salinity, increased precipitation, etc.) are causing negative impacts on marine species, effects that have been widely recorded. These changes are added to extreme events (e.g., harmful algal blooms, hypoxia, and marine heat waves) that not only affect marine species, but also the economic activities that depend on them, a clear example is aquaculture. However, in Peru there are few studies that evaluate the climate vulnerability and resilience of aquaculture production chains (APC). Therefore, in this study, a climate vulnerability assessment was carried out for 13 current and potential production chains of the Central American Pacific Ecosystem (EPCA) and the Humboldt Current Ecosystem (ECH); and an evaluation of the climate resilience of 2 productive chains. The hypothesis of this study is that intensive CPAs are less vulnerable to climate change than extensive CPAs; and that the shrimp production chain is more resilient to climate change than the fan shell production chain.

The fan shell CPAs in Sechura and Paracas, and the macha shell, were the most vulnerable. The least vulnerable CPAs were cheetah, yuyo and oyster. There were no significant differences in vulnerability between intensive and extensive CPA; No significant differences were found in the resilience indices between fan shell and shrimp CPA. These results will allow prioritizing the lines of research, financing, and CPAs that require adaptation measures to climate change.

KEYWORDS

Climate vulnerability, resilience, aquaculture, climate change, production chains

INTRODUCCIÓN

El cambio climático tiene grandes consecuencias a nivel costero y oceánico. En las zonas costeras, los cambios del nivel del mar, temperatura, oxígeno y pH causarán daños en los bancos de semillas y en la obtención de reproductores, afectando a la industria del cultivo marino y las comunidades que dependen de esta actividad (Hobday et al. 2008; Allison et al. 2009; Doubleday et al. 2013). Los efectos del cambio climático pueden causar la reubicación de granjas de cultivos acuícolas y aumentar las inversiones para infraestructura (Handisyde et al. 2006; Brander 2007; De Silva 2012).

A nivel oceánico, el cambio climático tiene efectos sobre la producción pesquera debido a cambios en la temperatura, en las condiciones químicas y en las corrientes oceánicas, que resultan en cambios en las fronteras zoo-geográficas y en la transformación del hábitat (Olmos et al. 2013, Munday et al. 2013, Sweetman 2017). Para enfrentar los efectos del cambio climático, el primer paso es estimar la vulnerabilidad futura de las especies acuícolas con el fin de desarrollar e implementar medidas de adaptación. Se han realizado Evaluaciones de Vulnerabilidad Climática (EVC) en distintas regiones del mundo (NOAA 2015, Pecl et al. 2014, Hare et al. 2016, Ocaña 2018, McHenry et al. 2019, Crozier 2019, Bueno-Pardo et al. 2021, Gianelli et al. 2023). En el Perú se ha realizado una EVC de especies pesqueras (Ramos et al. 2022). Sin embargo, aún no se ha publicado EVC de cadenas productivas acuícolas (CPA) frente al cambio climático en el Perú (Ramos 2017). El método de la EVC para especies pesqueras fue adaptado por Pecl et al. (2014) a partir de otros estudios como el de Hobday et al. (2011) y la

metodología de ERC para cadenas productivas acuícolas por Doubleday et al. (2013).

En la presente EVC se usó el Enfoque Basado en Rasgos (EBR) propuesto por Doubleday et al. (2013). El EBR fue considerado la mejor opción, ya que los métodos correlativos y mecanicistas requieren modelos de nicho y modelos fisiológicos, que aún no se han desarrollado para las especies acuícolas seleccionadas. La EVC de CPA considera la sensibilidad y el impacto. La sensibilidad es el grado en que un sistema es afectado directa o indirectamente por el cambio climático (IPCC, 2007), y el impacto se basa en el nivel de los efectos conocidos o previstos del cambio climático (Doubleday et al. 2013).

Este método fue originalmente implementado en el sureste de Australia (Doubleday et al. 2013), y consiste en dos etapas clave: 1) la recopilación bibliográfica para crear “perfiles” de cada especie cultivada; y 2) la evaluación de puntajes de sensibilidad e impacto con base en atributos, realizada por un panel de expertos con ayuda de los perfiles de las especies cultivadas. Con estos dos puntajes se obtiene el puntaje de vulnerabilidad que puede encontrarse dentro de un rango de valores de 9 a 34, y cuyos resultados se representan en un gráfico del ranking de vulnerabilidad de las cadenas productivas (Fig. 1).

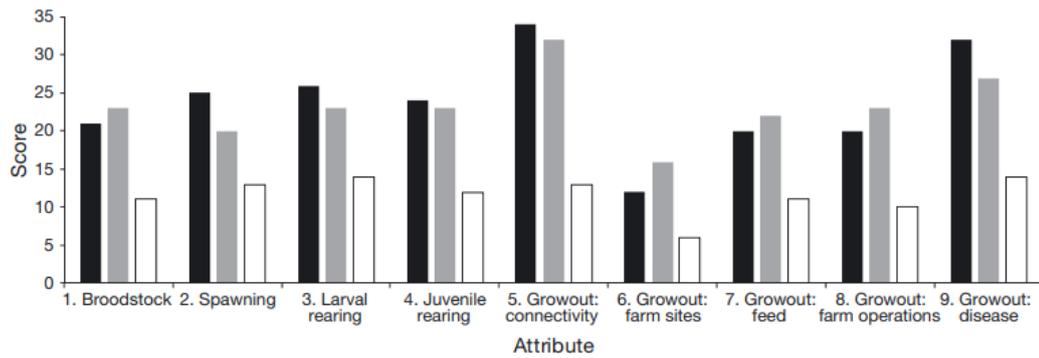


Figura 1. Puntuaciones totales de riesgo (columnas negras), sensibilidad (columnas grises) e impacto (columnas blancas) (Fuente: Doubleday. et al. 2013).

La acuicultura es una industria primaria que depende directamente de recursos naturales tomados del medio ambiente. Por lo cual, el cambio climático no sólo afecta a la especie de cultivo, sino también de forma directa o indirecta a los eslabones en la cadena productiva que están asociados a dicho cultivo. Es por ello que también se han realizado Evaluaciones de Resiliencia Climáticas (ERC) de las CPA. Tal es el caso del estudio realizado por Plagányi et al. (2014), en el cual se desarrolló un índice de resiliencia (IR) para analizar los elementos críticos de la cadena productiva. Posteriormente, Lim-Camacho et al. (2017) implemento este análisis en las cadenas productivas de mariscos producidos por la acuicultura y la pesca, encontrando que el índice puede ser comparable con otras industrias.

I. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 . PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los resultados en los estudios sobre el nivel del mar evidencian que las proyecciones muestran la pérdida acelerada de glaciares debido al calentamiento global; lo que se refleja en la formación y expansión de una gran cantidad de lagos glaciares (Nie et al., 2017; IPCC, 2014; Emmar et al., 2015; Kumar et al., 2020; Shugar et al., 2020; Pandey et al., 2021a, 2021b). El ciclo natural de estos lagos causaría el aumento del nivel del mar y con ello alteraciones en los sistemas de gran productividad biológica, como las lagunas costeras y algunas zonas de pantanos. De acuerdo al Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático - IPCC, el aumento histórico en el nivel del mar a escala mundial es del orden de 1.7 ± 0.3 mm/año (Salas *et al.* 2006). Sin embargo, informes recientes indican que la rapidez de cambio del nivel medio del mar está aumentando exponencialmente (Caetano *et al.* 2011)

La acidificación oceánica consiste en el descenso del pH en el océano. En el 2013, el IPCC concluyó que el pH de la capa superficial del mar había descendido 0.1 unidades desde el comienzo de la era industrial. Teniendo en cuenta que esta variación es logarítmica, esto representa un aumento del 26% en la concentración de hidrogeniones. La acidificación de los océanos implica la alteración de los ciclos biogeoquímicos de elementos y compuestos marinos. Uno de los efectos más estudiados es el descenso del

estado de saturación del carbonato de calcio, que afecta la capacidad de moluscos, equinodermos o corales para formar esqueletos calcáreos, y ocasiona una disminución en la abundancia de fitoplancton (Álvarez 2017). El mayor efecto del calentamiento global (Fig. 2.) es la disminución en la concentración de oxígeno disuelto (OD) en los océanos. La pérdida de OD, o también llamada "desoxigenación", se genera no solo porque el oxígeno es menos soluble en aguas cálidas sino también porque el calentamiento global puede aumentar la estratificación del océano superior, reduciendo así el suministro de O₂ al interior del océano (Matear et al. 2000, Bopp et al. 2002, Keeling y García 2002).

La desoxigenación sistemática del océano tiene consecuencias generalizadas los organismos marinos tienen diferentes rangos de tolerancia a la concentración de oxígeno disuelto, incluso en sistemas costeros poco profundos. Además, la temperatura afecta no solo el suministro de oxígeno (a través de su efecto sobre la solubilidad y la difusión) sino también la demanda respiratoria de los organismos (la limitación de oxígeno para los organismos) (Deutsch *et al.* 2015).

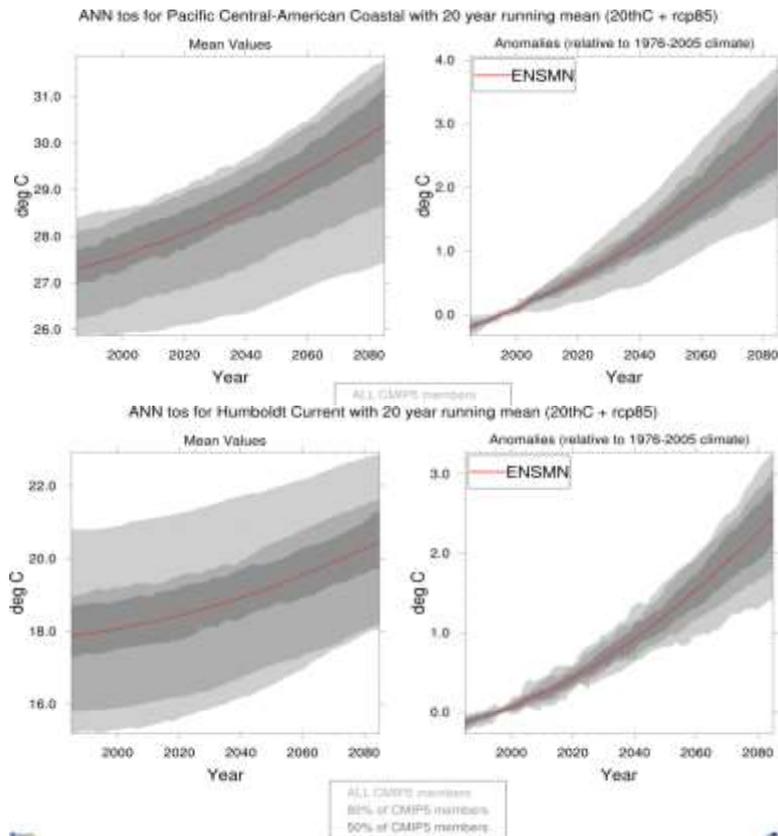


Figura 2. Valores medios y anomalías de la SST del EPCA (abajo) y ECH (arriba) para el año 2100. En color rojo se muestra la media del conjunto ENSMN. En gris claro se muestra la propagación de todos los modelos CMIP5. El panel izquierdo muestra los valores medios y el panel derecho muestra las anomalías relativas con base en la climatología 1976-2005. Fuente: <https://psl.noaa.gov/ipcc/ocn/>

El cambio climático afecta tiene un mayor efecto en las cadenas productivas acuícolas cuyos cultivos están expuestos al medio ambiente debido a que no existe un control sobre los parámetros ambientales. En cambio, en tecnologías menos expuestas a condiciones ambientales adversas, como el

incremento de la temperatura, la acidificación, y la falta de oxígeno, sus efectos pueden ser mermados e incluso controlados.

El cambio climático también tendrá efectos importantes sobre los procesos comerciales (Lim-Camacho et al. 2017). Por ello, no es suficiente con evaluar la vulnerabilidad climática de las cadenas productivas acuícolas, sino que también hay que evaluar su resiliencia (Merino 2012, Bell 2013), que es una característica importante para la sostenibilidad de las industrias acuícolas. La resiliencia es la capacidad que tiene una cadena productiva, flexible y adaptable de regresar a su estado inicial frente a una perturbación causada por el cambio climático.

La complejidad de una cadena productiva se determina mediante el número de nodos y enlaces; por lo que, una cadena con más conexiones o enlaces será una cadena más compleja. Una cadena productiva compleja es más resistente a perturbaciones, como las que surgen del cambio climático. A pesar de perder un nodo, una cadena productiva compleja tendrá un enlace que seguirá funcionando y seguirá activa. Incluso gracias a su resiliencia puede volver a activar el nodo perdido con las condiciones adecuadas. Las CPA mejor documentadas en el Perú son las del langostino *Penaeus vannamei* y de la concha de abanico *Argopecten purpuratus*. De acuerdo al Anuario Pesquero y Acuícola (PRODUCE 2021), el langostino presenta mayor volumen de producción que la concha de abanico; además cuenta con

más empresas exportadoras, por lo que posiblemente tiene una cadena más compleja y resiliente.

Considerando lo descrito anteriormente, el problema que aborda esta tesis es que la incertidumbre sobre el nivel de vulnerabilidad climática y sobre la capacidad de resiliencia de las cadenas productivas acuícolas dificulta identificar y priorizar las cadenas productivas tolerantes que pueden ser promovidas, y las cadenas productivas vulnerables que requieren estrategias de adaptación.

1.2 . MARCO TEÓRICO

1.2.1 Cadenas productivas de especies acuícolas actuales y potenciales

FAO (1978) define a la acuicultura como el cultivo de organismos acuáticos, incluidos peces, moluscos, crustáceos y algas marinas. En la actualidad también se cultivan esponjas, equinodermos, tunicados, tortugas, ranas y caimanes, aunque su producción es insignificante en comparación con los cuatro grupos mencionados anteriormente (Stickney 2000).

En el Perú, las especies acuícolas actuales son principalmente el langostino y la concha de abanico en ambientes marinos, seguidas de especies como trucha (*Oncorhynchus mykiss*), tilapia (*Oreochromis spp.*) y algunos peces amazónicos de agua dulce. Otros recursos hidrobiológicos de procedencia marina y con potencial de cultivo son el atún de aleta amarilla (*Thunnus*

albacares), el barrilete (*Katsuwonus pelamis*), la corvina (*Cilus gilberti*), la cabrilla (*Paralabrax humeralis*), la chita (*Anisotremus scapularis*) y el lenguado (*Paralichtys adspersus*), entre otros. Así como la doncella (*Pseudoplatystoma fasciatum*), el dorado (*Brachyplatystoma spp.*), el paiche (*Arapaima gigas*), entre otros peces amazónicos (PRODUCE 2021) (Fig. 3).

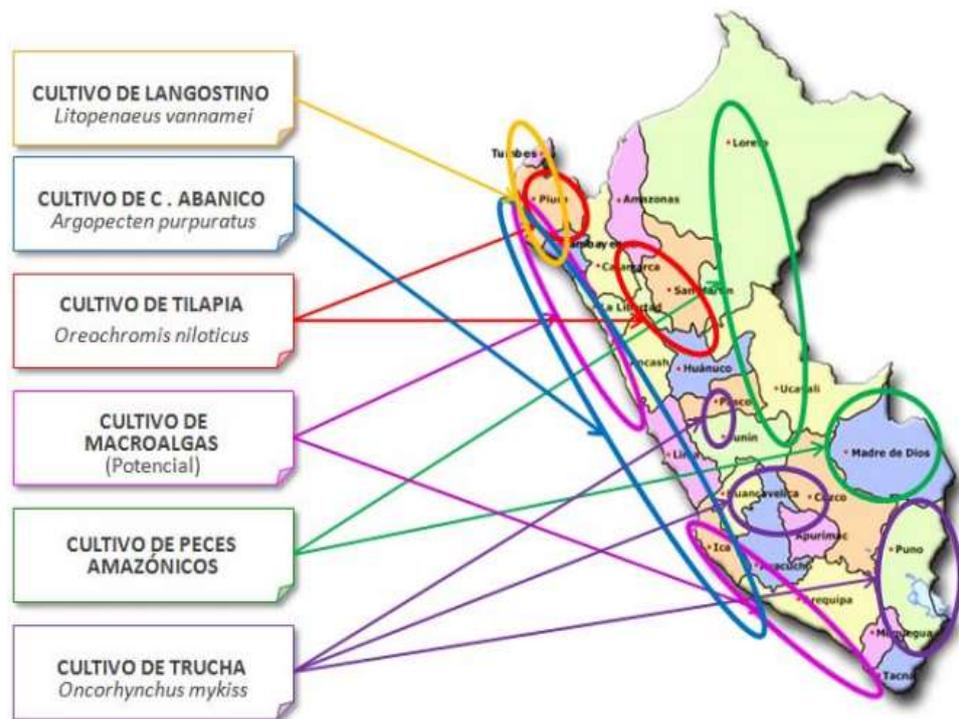


Figura. 3. Mapa del potencial acuícola en las regiones del Perú (PRODUCE 2010).

Las especies con potencial acuícola para el Perú, deben poseer características de crecimiento y reproducción óptimas y un buen nivel de avance tecnológico para el desarrollo de su cultivo acuícola. Para determinar si una especie tiene potencial para la acuicultura, se deben considerar

características como crecimiento rápido, cadena alimentaria corta, conversión eficiente del alimento, aceptación fácil del alimento balanceado, buena calidad gastronómica, resistencia a las enfermedades, facilidad de reproducción en el cautiverio, maduración temprana, alta fecundidad, y tolerancia a una amplia gama de parámetros ambientales (salinidad, temperatura, tensión del oxígeno, etc.) (FAO 1978).

1.2.2. Ecosistemas marinos del Perú

La costa del Perú comprende dos grandes ecosistemas marinos, según la clasificación de Sherman y Duda (1999): el Ecosistema de la Corriente de Humboldt - ECH (6 – 18°S) y el Ecosistema Pacífico Centro - americano - EPCA (3 – 4°S). Entre estos dos ecosistemas se encuentra una zona de transición - ZT (4 – 6°S) (Olssen 1961) caracterizada por el Frente Ecuatorial permanente (Fig. 4). La ZT alcanza una profundidad de 50 m y está definida por el encuentro de las masas de agua provenientes de la Corriente de Humboldt con bajas temperaturas (15 a 19 °C) y salinidades cercanas a 35°S, y las masas de aguas tropicales cálidas (> 25 °C) y de baja salinidad (< 33.5).

Las diferencias ambientales entre estos dos ecosistemas pueden tener efectos considerables en el desempeño productivo de las especies acuícolas y en su vulnerabilidad al cambio climático futuro.

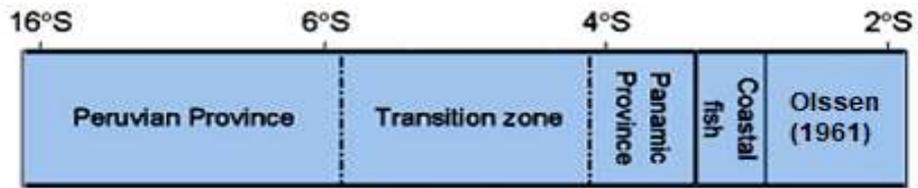


Figura 4. Zona de transición de Paita entre 4°S y 6°S (Tomado de Ibanez-Erquiaga, 2018).

1.2.3. Procesos productivos

Para desarrollar una cadena productiva es necesario conocer los procesos y actividades clave del sector estudiado, desde la obtención de los bienes (materias primas), pasando por la producción, hasta el consumo del producto, permitiendo un análisis estructurado. El nivel de detalle capturado por un modelo de cadena de suministro será impulsado por una combinación de comprensión e información disponible sobre los sistemas considerados, así como las principales preguntas que impulsan el análisis. El análisis también puede diferir según la resolución (número de elementos o nodos) elegida para describir los diferentes componentes de una cadena productiva (Plagányi *et al.*, 2014).

Una cadena productiva está compuesta por nodos y enlaces, ordenados mediante un nivel de agregación. Los nodos representan un área en donde se produce la transformación tecnológica del producto a un nuevo producto. Los enlaces representan conexiones entre nodos donde se produce la

transferencia del producto: transacciones físicas. Un nodo puede tener un enlace único a otro nodo, o enlaces múltiples a medida que el producto se distribuye a diferentes tipos de clientes que se dispersan geográficamente o utilizan el producto de manera diferente (Lim-Camacho 2017).

1.3. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

El Perú busca proteger continuamente a las especies marinas y generar nuevas investigaciones en torno al sector acuícola, las cuales son planteadas en el Plan Operativo Institucional del Instituto del Mar del Perú (IMARPE, 2018). Por lo cual, es necesario generar información pertinente para una proyección de la gestión de los recursos acuícolas frente al cambio climático. Conocer qué CPA actuales y/o potenciales pueden ser o no ser cultivadas en el futuro podrá generar una línea de base para continuar las investigaciones.

Los resultados de la EVC y ERC permitirán a investigadores y acuicultores distribuir recursos humanos y financieros con mayor eficiencia, con el fin de priorizar actividades de investigación y adaptación. Con todo ello, será posible definir si el estado actual de la tecnología de las CPA de cada especie es adecuado o si es vulnerable, además de establecer cuales CPA dan mejores resultados y si son más flexibles frente al cambio climático.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo General

- Realizar una Evaluación de Vulnerabilidad Climática (EVC) y una Evaluación de Resiliencia Climática (ERC) de las cadenas productivas acuícolas (CPA) en el Ecosistema de la Corriente de Humboldt y en el Ecosistema Pacífico Centro-Americano del Perú.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Calcular la vulnerabilidad climática de las CPA actualmente cultivadas y con potencial acuícola con base en atributos de sensibilidad (desove, larvas, juveniles y engorde), para priorizar actividades de investigación y adaptación.
- Comparar la vulnerabilidad climática de las CPA según su tecnología intensiva o extensiva, para diseñar mejoras en las etapas de los cultivos.
- Estimar la proporción del producto que fluye desde un nodo (emisor) a otro nodo (receptor), con respecto a los otros nodos receptores, para determinar la estructura de las CPA de las especies
- Comparar índices de resiliencia de las CPA de la concha de abanico y langostino frente al cambio climático, para recomendar medidas de adaptación.

1.5 HIPÓTESIS

- Considerando la menor dependencia ambiental de las tecnologías intensivas, se hipotetiza que las CPA intensivas presentan una menor vulnerabilidad climática que las CPA extensivas.
- Considerando que el langostino presenta más destinos de exportación, se hipotetiza que la cadena productiva del langostino es más resiliente al cambio climático que la de la concha de abanico.

II. METODOLOGÍA

2.1 DISEÑO DE ESTUDIO

2.1.1 Tipo de estudio

El presente estudio es una investigación de tipo estratégica (Tam et al. 2008), cuyos resultados aportarán soluciones de aplicación inmediata.

El método de estudio es experimental debido a que se controlaron las variables independientes (Tam et al. 2008). Por ejemplo, se seleccionó el tipo de tecnología (extensiva, intensiva) y la especie (langostino, concha de abanico).

2.1.2 Área de estudio

El estudio abarcó la costa del Perú (Fig. 5), incluyendo dos ecosistemas: el Ecosistema de la Corriente de Humboldt- ECH (6-18°S, Sherman y Duda 1999) y el Ecosistema Pacífico Centro-Americano - EPCA (3 – 4°S), con una zona de transición entre ellos (4 – 6°S). El EPCA se encuentra en una zona de masas de agua tropical cálida (> 25 ° C) y de baja salinidad (< 33.5). El ECH, tal como su nombre lo indica, se define por las masas de agua

provenientes de la Corriente de Humboldt con bajas temperaturas (15 a 19 °C) y salinidades cercanas a 35 (Olssen 1961).



Figura. 5. Ubicación de los ecosistemas marinos en el mar peruano: Ecosistema Pacífico Centro-Americano (rojo), Ecosistema de la Corriente de Humboldt (azul) y zona de transición (morado).

2.1.3 Cadenas productivas acuícolas

Se realizó una revisión de todas las especies marinas cultivadas (PRODUCE 2000, FAO 2005, SANIPES 2016) y de todas las especies con potencial de cultivo del el Perú (PRODUCE 2009, IMARPE 2018) teniendo en cuenta la delimitación del área de estudio. Con esta información se elaboró una lista previa de especies, la cual fue revisada

y validada por expertos del Instituto del Mar del Perú (IMARPE), resultando en una lista final de 13 especies (Tabla 1).

Tabla 1. Lista de cadenas productivas acuícolas (CPA) actuales y potenciales del Ecosistema Pacífico Centro-Americano (EPCA), zona de transición (ZT) y Ecosistema de Corriente de Humboldt (ECH).

	Nombre común	Nombre científico	Estado de la CP	Distribución
1	Langostino	<i>Penaeus vannamei</i>	Actual	EPCA
2	Concha de abanico	<i>Argopecten purpuratus</i>	Actual	ZT, ECH
3	Ostra del pacífico	<i>Crassostrea gigas</i>	Actual	EPCA, ECH, ZT
4	Ostra roca	<i>Striostrea prismatica</i>	Actual	EPCA
5	Ostra o concha perlifera	<i>Pteria sterna</i>	Actual	EPCA, ZT
6	Macha	<i>Mesodesma donacium</i>	Potencial	ECH
7	Lenguado	<i>Paralichthys adspersus</i>	Potencial	ECH
8	Chita	<i>Anisotremus scapularis</i>	Potencial	EPCA, ECH
9	Cabrilla	<i>Paralabrax humeralis</i>	Potencial	ZT, ECH
10	Corvina	<i>Cilus gilberti</i>	Potencial	ECH
11	Erizo rojo	<i>Loxechinus albus</i>	Potencial	ECH
12	Sargazo	<i>Macrocystis pyrifera</i>	Potencial	ECH
13	Yuyo	<i>Chondracanthus chamissoi</i>	Actual	ECH

2.1.4 Variables

Se usarán 9 atributos para la Evaluación de vulnerabilidad Climática (EVC): 1) Disponibilidad y acondicionamiento de reproductores, 2) Fertilización y desove, 3) Cultivo de larvas, 4) Cultivo de juveniles, 5) Adultos: conectividad en el ambiente natural, 6) Adultos: disponibilidad de sistemas y sitios de cultivo alternativo, 7) Adultos: alimentación, 8) Adultos: operaciones en granjas de cultivos, 9) Adultos: enfermedades y plagas (Doubleday *et al.* 2013), los cuales fueron considerados variables independientes mientras que la sensibilidad, impacto y vulnerabilidad así como los 2 índices para la Evaluación de Resiliencia Climática (ERC) (Tabla 2) (Plagányi *et al.* 2014), fueron considerados variables dependientes.

2.1.5 Operacionalización de las variables

La tabla 2 presenta atributos utilizados para la EVC de las CPA, considerando que los puntajes serán 1, 2 y 3 para baja, media y alta sensibilidad, respectivamente.

La tabla 3 presenta los índices para la ERC, considerando los puntajes 0 si el índice es bajo y máximo 1 si el índice es alto.

Tabla 2. Variables independientes: Atributos utilizados para la Evaluación de Vulnerabilidad Climática (EVC) de las CPA.

	Definición	Sensibilidad baja (ambiente controlado)	Sensibilidad media	Sensibilidad alta (medio natural)
1. Disponibilidad y acondicionamiento de reproductores	Este atributo evalúa el grado de control ambiental en el que se obtienen y manejan los reproductores.	Cultivados en condiciones controladas, mantenidos en el mar o estanques.	Colectados del medio natural pero mantenidos en condiciones controladas.	Criados (mantenidos) en el medio natural.
2. Fertilización y desove	Se evalúa el grado de dificultad y control ambiental en el que ocurre el desove.	Se conocen sus características reproductivas. Gran cantidad de huevos y facilidad de diferenciar el sexo de reproductores.	Poco conocimiento sobre sus características reproductivas. Dificultad para mantener varios reproductores y/o diferenciar su sexo.	Ocurre en el medio natural.
3. Cultivo de larvas	Se evalúa la complejidad y el control ambiental de las larvas, y el proceso que maneja los estados larvarios.	En ambiente completamente controlado; pocos estadios larvales; no se requiere alimento vivo	En un ambiente completamente controlado; mayor número de estadios larvales; se requiere alimento vivo	Ocurre en el medio natural.
4. Cultivo de juveniles	Grado de complejidad y control ambiental en cuanto a alimento y cultivo de juveniles.	En ambiente completamente controlado; se requiere alimento manufacturado (e.g., pienso o pellet)	En ambiente parcialmente controlado; algunos alimentos naturales son requeridos.	Ocurre en el medio natural.

5. Adultos: conectividad con el ambiente natural	Grado de control ambiental en el tipo de sistema que tiene la fase de cultivo de engorde.	Sistemas casi completamente cerrados (e.g., sistema de recirculación intensivo).	Sistema ambiental controlado y parcialmente cerrado (e.g., estanques, tanques, raceways).	Sistema abierto en el ambiente natural (e.g., jaulas de cultivo, líneas de cultivo).
6. Adultos: disponibilidad de sistemas y sitios de cultivo alternativo	Se evalúa la capacidad de reubicación del sitio de la granja, o uso de alternativas de sistema de cultivo.	Áreas alternativas de cultivo identificadas.	Potencial de sitios alternativos, pero requiere procesos de gestión para su asignación.	No se ha identificado potencial para sitios o sistemas de cultivo alternativos.
7. Adultos: alimentación	Se evalúa el tipo y frecuencia de alimentación (silvestre o de fuentes manufacturadas).	Alimento manufacturado.	Alimento vivo del medio natural, capacidad de variar especies o alimento manufacturado.	Alimentación a partir de la productividad natural.
8. Adultos: operaciones en granjas de cultivo	Se evalúa qué tan expuestos están al medio ambiente o a eventos extremos, y la infraestructura del cultivo.	La infraestructura y ciclo de cultivo completo están en sitios costeros, accesibles y no expuestos a cambios ambientales extremos.	El cultivo es en sitios susceptibles a daños por inundaciones, mareas altas, pero de fácil acceso y con buenas condiciones ambientales.	El ciclo de cultivo completo ocurre en el mar, visitas frecuentes al ambiente natural de difícil operatividad.
9. Adultos: enfermedades y plagas	Se evalúa el manejo y la susceptibilidad frente a diferentes enf. o plagas.	Resistencia natural documentada a enfermedades o plagas.	Hay algún tipo de resistencia natural documentada a enfermedades o plagas.	Muchos problemas de enfermedades/plagas no documentados

Tabla 3. Variables dependientes: índices para la Evaluación de la Resiliencia Climática (ERC) de CPA y puntajes de Sensibilidad, Impacto y Vulnerabilidad obtenidos a partir de Evaluación de Vulnerabilidad Climática (EVC) de las CPA.

	Definición	Baja	Alta
1. Resiliencia de cadena productiva	Describe la capacidad de recuperación, es decir la habilidad para continuar como antes de que ocurriera un impacto.	La resiliencia baja (0) indica poca capacidad de recuperación de la cadena productiva, se podrá romper fácilmente.	La resiliencia alta (1) indica alta capacidad de recuperación de la cadena productiva.
2. Índice de uniformidad	Indica cuán bien se distribuye el riesgo en toda la cadena productiva, en lugar de tener solo algunos elementos críticos.	La uniformidad baja (0 =uniformidad mínima), indica posiblemente elementos críticos que pueden romper la cadena.	La uniformidad alta (1= uniformidad máxima), indica que el riesgo se distribuye en toda la cadena productiva.
3. Sensibilidad	Indica el grado con que un sistema es afectado directa o indirectamente por el cambio climático (IPCC 2007)	Sensibilidad baja, indica un bajo grado de afectación del sistema (CPA)	Sensibilidad alta, indica un alto grado de afectación del sistema
4. Impacto	Indica el nivel de los efectos conocidos o previstos del cambio climático (Doubleday et al. 2013).	Indica poco o ningún efecto del cambio climático sobre el sistema	Indica fuertes efectos negativos del cambio climático sobre el sistema
5. Vulnerabilidad	Es el grado por el cual un sistema es susceptible o incapaz de afrontar los efectos adversos del cambio climático; también la propensión o predisposición a ser adversamente afectado (IPCC, 2007),	Indica un sistema poco o nada susceptible frente al cambio climático	Indica un sistema incapaz de afrontar los efectos del cambio climático

2.2 PROCEDIMIENTO Y TÉCNICAS

2.2.1 Flujograma de trabajo

Para la Evaluación de Vulnerabilidad Climática (EVC) futura se usó el método de Doubleday *et al.* (2013). Se evaluó 19 cadenas productivas acuícolas (CPA) de las especies que se cultivan actualmente y especies potenciales. El primer paso de la EVC es elaborar un perfil de cada una de las especies (Fig. 6). Posteriormente, se seleccionó un panel de expertos que usó los perfiles, para asignar puntajes a los atributos de cada una de las especies. Esta metodología comprende 9 atributos clave, seleccionados para evaluar la vulnerabilidad de las especies acuícolas (Tabla 2), estos atributos abarcan el ciclo de vida completo de las especies. Se asignaron 2 tipos de puntajes para cada uno de los 9 atributos: sensibilidad e impacto.

Para la Evaluación de Resiliencia Climática (ERC) se usó el método de Plagányi *et al.* (2014) (Fig. 6). Se evaluó las CPA actuales mejor documentadas en tema de volumen y flujos de cadenas productivas alimentarias, determinando que el langostino y la concha de abanico fueron las únicas especies con información suficiente. El primer paso para desarrollar el modelo de la estructura de flujos de la cadena productiva para cada una de las especies evaluadas, y hallar cada una de las cantidades que fluyen entre los nodos. Posteriormente se calcularon los índices de resiliencia y uniformidad para las CPA.

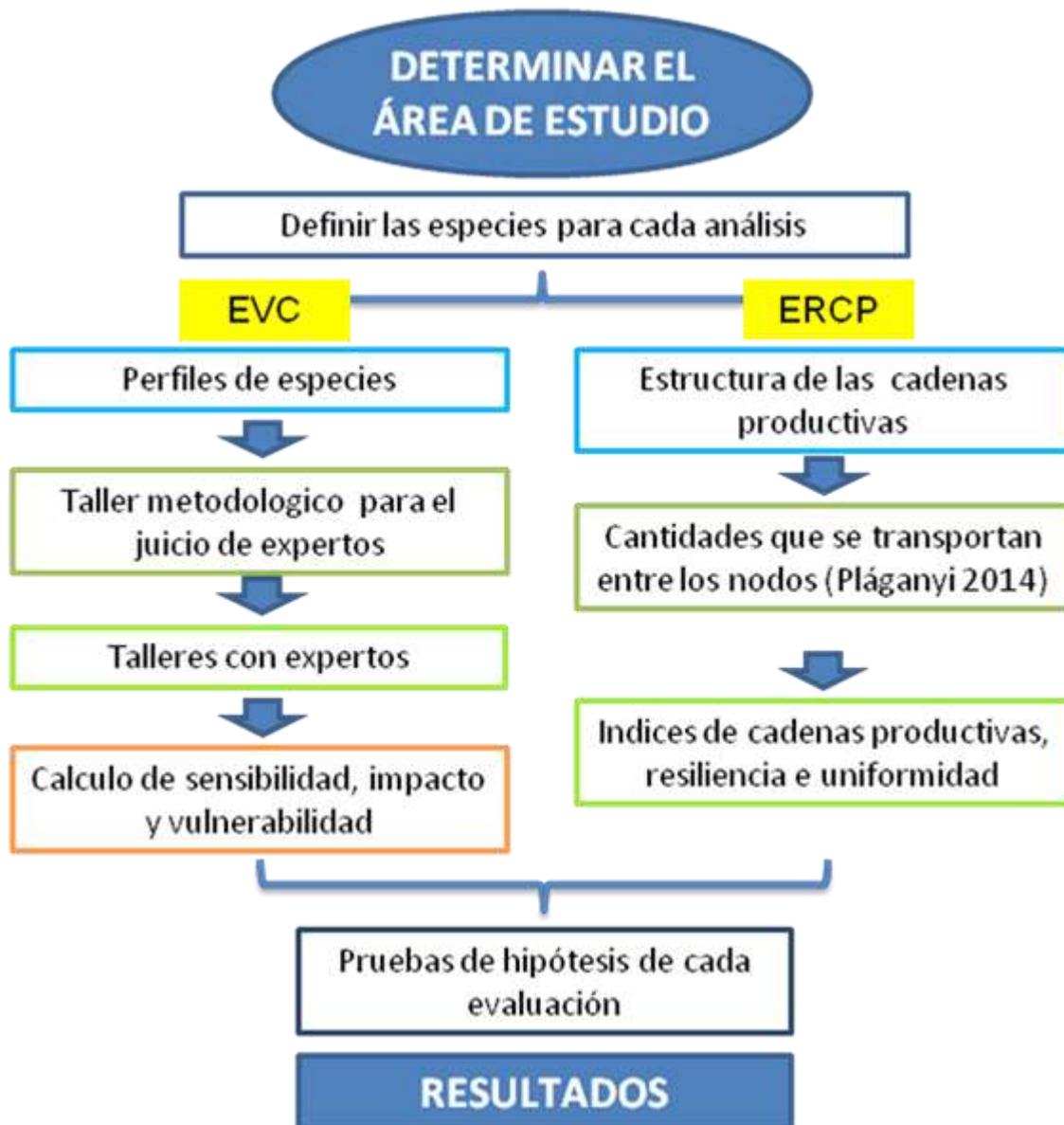


Figura 6. Flujoograma de trabajo.

2.2.2 Método de Evaluación de Vulnerabilidad Climática (EVC)

a. Perfiles de especies

Para comparar diferencias en la vulnerabilidad, se compararán las siguientes especies que habitan en diferentes latitudes:

- Ostra (Tumbes en EPCA, Ancash y Lima en ECH).
- Chita (Tumbes en EPCA, Ancash y Lima en ECH).
- Concha de abanico (Sechura en ZT y Paracas en ECH).
- Cabrilla (Sechura en ZT y Paracas en ECH).

Los perfiles de las especies se elaborarán siguiendo el protocolo de Pecl *et al.* (2011), que comprenden los siguientes aspectos:

1. Historia de vida.
2. Distribución, uso del hábitat y presas.
3. Producción acuícola y pesquera.
4. Respuesta a la variabilidad ambiental.
5. Brechas de los datos.

Los perfiles de las especies se elaborarán usando como fuentes de información:

1) artículos publicados o informes técnicos sobre las especies de interés y dentro del área de estudio, 2) artículos publicados o informes técnicos sobre especies de interés fuera del área de estudio, o sobre especies relacionadas (por ejemplo, del mismo género), y 3) juicio de expertos cuando no hay información publicada disponible. Los perfiles de las especies se utilizarán para que los expertos asignen puntajes a los atributos de sensibilidad de cada especie.

b. Juicio de expertos

Se seleccionó un equipo de 4 expertos para revisar los perfiles de cada especie, que luego evaluarán la sensibilidad y el impacto al cambio climático. Los expertos fueron capacitados en un taller durante una semana para que realizaran correctamente la evaluación. Además, los expertos también evaluaron la calidad de los datos de cada uno de los 9 atributos, la cual será: 0) no hay datos, 1) opinión de expertos, 2) datos limitados, y 3) datos adecuados y publicados.

c. Cálculos de sensibilidad, impacto y vulnerabilidad

El cálculo de sensibilidad e impacto se realizará siguiendo la metodología de Doubleday *et al.* (2013). Los puntajes de sensibilidad fueron clasificados en 3 categorías: 1) baja, 2) media, y 3) alta. El puntaje de impacto es definido de la siguiente manera: 0) impacto negativo leve, impacto positivo, o no se anticipa impacto, 1) impacto negativo moderado nivel de impacto desconocido, y 2) impacto negativo fuerte.

Para cada evaluación se elaboró una tabla de los puntajes promediados de los 4 expertos de sensibilidad e impacto para cada uno de los atributos. El puntaje de vulnerabilidad se obtuvo para cada uno de los 9 atributos, multiplicando el puntaje de sensibilidad por el puntaje de impacto, y posteriormente se sumarán los puntajes de cada atributo obteniendo el puntaje total de vulnerabilidad de las especies. Los puntajes de vulnerabilidad cuentan con un rango potencial de 0 a 54.

$$V = S \times I$$

Donde V = puntaje de vulnerabilidad, S = puntaje de sensibilidad, y I = puntaje de impacto

Se elaboró una figura de ranking de los puntajes de sensibilidad, impacto y vulnerabilidad de todas las especies acuícolas actuales y potenciales. En el eje X se tomarán las especies y en el eje Y los puntajes de vulnerabilidad, sensibilidad e impacto. Los niveles para la clasificación de vulnerabilidad final serán tomados en tercios (Doubleday *et al.* 2013) de acuerdo con el rango de puntajes que se obtenga.

2.2.3 Método de Evaluación de Resiliencia Climática (ERC)

La resiliencia de las CPA se mide con 2 índices: a) Resiliencia y b) Uniformidad. Para comparar diferencias en la resiliencia climática de cadenas productivas se usarán las especies acuícolas actuales mejor documentadas, como langostino y concha de abanico, las cuales a su vez pueden presentar diferentes procesos de comercialización (congelado, tallo, colas, etc).

La Evaluación de Resiliencia Climática (ERC) seguirá la metodología de Plagányi *et al.* (2014), el primer paso es desarrollar el modelo de cadena productiva para cada especie (sólo se considerarán las especies langostino y concha de abanico), donde se muestran los procesos y actividades clave desde el punto en donde se encuentra el recurso hasta que llega al consumidor, de manera simplificada y

estructurada. Este modelo de cadena de productiva (Fig. 7) según Plágányi *et al.* (2014) se basó en la estructura de redes tróficas.

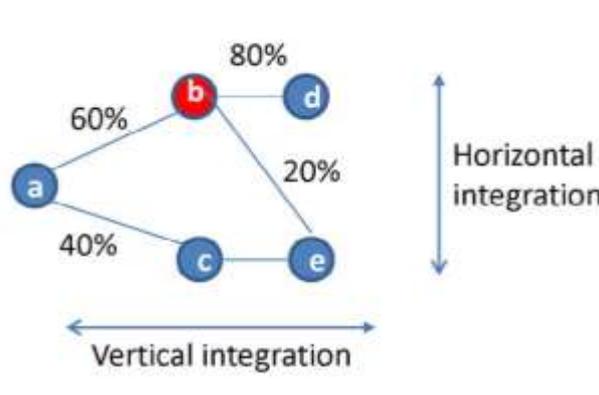


Figura 7 Ejemplo esquemático de cadenas productivas propuesta por Plágányi (2014). Los enlaces indican la proporción del producto (toneladas) que fluye de un nodo a otro. Nodos: a,b,c,d,e.

Los enlaces representan conexiones entre nodos donde se produce la transferencia del producto (transacciones físicas). Un nodo puede tener un enlace único a otro nodo, o enlaces múltiples a medida que el producto se distribuye a diferentes tipos de niveles. Para cada cadena productiva, a partir del número de nodos n , y el número de enlaces L , se puede calcular:

$$\text{Enlaces por nodo} = L / n$$

$$\text{Conectividad} = L / n^2$$

Luego se estimó el flujo del producto (la cantidad de volumen distribuida en la cadena o el aumento del costo por unidad de masa en la cadena productiva) a través de cada etapa y enlace, utilizando porcentajes de transacciones estimadas con base en los estándares de la industria.

a. **Índice de Resiliencia (IR)**

Se procede a hallar el índice de cadena productiva para cada nodo (SCI_j), el cual mide la proporción del producto total en la cadena productiva a partir de un nodo que fluye hacia un receptor, y se formula:

$$SCI_j = \sum_{i=1}^n s_{ji} P_j^2$$

Donde :

s_{ji} = proporción del producto total que el receptor j recibe del emisor i con respecto a todo el producto que fluye en la cadena.

P_j = Proporción del producto total que fluye a j

Posteriormente se calculó la sumatoria de los SCI_j individuales dividiendo el índice de cadena productiva total entre la cantidad de conexiones (L)

$$SCI = \frac{\sum_{i=1}^n SCI_j}{L}$$

El SCI_j va de cero a uno, donde 0 indica que el elemento no recibe ningún producto. El valor teórico máximo del SCIT es L , por lo que al dividir el SCI entre L , el SCI tendrá valores en un rango de 0 a 1. Las cadenas pueden ser complejas (SCI tiende a 0 por que SCIT disminuye y L aumenta) o simples (SCI tiende a 1 por que SCIT tiende a L).

Los puntajes SCI bajos (que representan el promedio de los puntajes SCI_j individuales) sugieren una mayor resiliencia ya que la cadena de suministro depende menos de unos pocos nodos clave. De igual manera, los valores más altos

de SCI, indican que la cadena depende de varios nodos claves, y reflejan una menor resiliencia.

De este modo, el Índice de Resiliencia se calcula de la siguiente manera:

$$\mathbf{IR} = 1 - \text{SCI}$$

Los valores más altos de IR reflejan una mejor capacidad de recuperación, es decir en cadenas con $\text{IR} = 0$ indicará que es una cadena lineal y si algo afecta el único nodo, la cadena se romperá. De esta manera, la resiliencia de una cadena productiva se puede definir como la capacidad de recuperar o mantener su estado después de una perturbación, por lo que deben ser flexibles y adaptables (Lim-Camacho 2017).

b. **Índice de uniformidad**

El Índice de uniformidad cuantifica la distribución uniforme de los nodos individuales, por lo tanto, indica cuán bien se distribuye el riesgo en toda la cadena productiva, en lugar de tener sólo algunos elementos clave. Para medir la uniformidad en términos de los puntajes de los SCI_j , usamos el índice de diversidad (E_D) de Simpson (1949):

$$E_D = \frac{1}{\sum_j \left(\frac{\text{SCI}_j}{\text{SCI}} \right)^2} \cdot \frac{1}{n}$$

Los valores más altos de E_D reflejan una uniformidad máxima, lo que indica que el riesgo se distribuye en toda la cadena productiva.

2.3 RECOLECCIÓN DE DATOS

2.3.1. Taller de expertos

La recolección de datos fue desarrollada por un panel de 19 expertos (Tabla 4). Se realizó un primer taller de capacitación y luego talleres de asignación de puntajes (Tabla 5), en base a los perfiles de especies.

Tabla 4. Expertos que participaron del taller.

N°	EXPERTOS	INSTITUCIÓN
1	Alfredo Flores	IMARPE
2	Arturo Aguirre	IMARPE
3	Braulio Diaz	Lab. Cost. Tumbes IMARPE
4	Giovanna Vera	URP
5	Jhon Dionicio	IMARPE
6	Jorge Tam	IMARPE
7	Lucero Achaya	UPCH
8	Mario Polar	IMARPE
9	Maryandrea Rosado	IMARPE
10	Melissa Montes	IMARPE
11	Mervin Guevara	Lab. Cost. Tumbes IMARPE
12	Noemi Cota	IMARPE
13	Patricia Carbajal	IMARPE
14	Paul Baltazar	UCSUR
15	Ricardo Bandin	UNALM
16	Rita Orozco	IMARPE
17	Sheyla Zevallos	Lab. Cost. Ilo IMARPE
18	Samuel Arbaiza	UCSUR
19	Jhony Robles	Lab. Cost. Tumbes IMARPE

--

El primer taller de capacitación tuvo 2 fases: Fase 1: se explicó la metodología y se mostraron ejemplos prácticos. Fase 2: se formaron grupos de expertos para asignar los puntajes.

Tabla 5. Cronograma de reuniones personales con cada experto.

Reuniones personales
19 de marzo de 2021
7 de abril de 2021
14 de abril de 2021
23 de abril de 2021
10 de mayo de 2021
13 de mayo de 2021
28 de mayo de 2021

2.3.2. Puntajes

Se realizó la EVC 19 de CPA, correspondientes a 13 especies, algunas de las cuales son cultivadas en distintos lugares (Tabla 6), cada evaluación fue realizada por 4 expertos.

Tabla 6. CPA para la EVC

N°	Evaluaciones
1	Langostino
2	Concha de abanico - Sechura
3	Concha de abanico - Paracas
4	Ostra del pacifico - Tumbes
5	Ostra del pacifico - Lima
6	Ostra del pacifico - Áncash
7	Ostra roca

8	Concha perlifera
9	Macha
10	Lenguado
11	Chita - Tumbes
12	Chita - Ancash
13	Chita - Lima
14	Cabrilla - Paracas
15	Cabrilla - Sechura
16	Corvina
17	Erizo
18	Sargazo
19	Yuyo

Todos los datos de puntajes individuales fueron recolectados en hojas de Excel. Posteriormente se trataron los datos teniendo en cuenta lo siguiente: que la puntuación más alta corresponde a la cadena productiva más vulnerable ante los efectos del cambio climático. Se definieron tres niveles de vulnerabilidad para cada cadena productiva dividiendo el rango de puntuación hallado entre tres:

- Para sensibilidad:

[14-16] “bajo”, <17 – 20> “medio”, < 21-24] “alto”

- Para impacto:

[8 – 9] “bajo”, <10 – 12> “medio”, <13 – 15] “alto”

- Para vulnerabilidad:

[15-23] “bajo”, < 24- 30> “medio”, <31 – 38] “alto”

2.4 ANÁLISIS Y PROCESAMIENTO DE DATOS

2.4.1 Pruebas de hipótesis

Para probar la primera hipótesis de que la vulnerabilidad climática de las CPA intensivas es menor que las extensivas, se elaboró un diagrama de cajas de la vulnerabilidad y se realizó una prueba de diferencia de medias de Wilcoxon-Mann-Whitney de la vulnerabilidad entre los dos tipos de tecnología. También se realizó un análisis de regresión lineal simple de la vulnerabilidad sobre el Atributo 1 (Disponibilidad y acondicionamiento de reproductores).

Para probar la segunda hipótesis de que la cadena productiva del langostino es más resiliente al cambio climático que la de la concha de abanico, se elaboró un diagrama de cajas de los 2 índices (IR y E_D), y se realizó una prueba de diferencia de medias de Wilcoxon-Mann-Whitney de estos índices entre las dos especies, aplicando el método Montecarlo (Robert, 2010), generando una variabilidad similar al coeficiente de variabilidad de la producción.

2.4.2. Otros análisis

Se realizó una prueba de análisis de varianza y una prueba de Tukey, mostrando diferencias significativas para los atributos en todas las categorías.

III. RESULTADOS

3.1. PUNTAJES DE SENSIBILIDAD, IMPACTO Y VULNERABILIDAD DE LAS CADENAS PRODUCTIVAS MARINAS ACUÍCOLAS

A continuación, se presentan los puntajes de sensibilidad, impacto y vulnerabilidad para cada cadena productiva. Se usaron los 9 atributos mencionados: 1) Disponibilidad y acondicionamiento de reproductores, 2) Fertilización y desove, 3) Cultivo de larvas, 4) Cultivo de juveniles, 5) Adultos: conectividad en el ambiente natural, 6) Adultos: disponibilidad de sistemas y sitios de cultivo alternativo, 7) Adultos: alimentación, 8) Adultos: operaciones en granjas de cultivos, 9) Adultos: enfermedades y plagas.

3.1.1. Langostino

El langostino *Litopennaeus vannamei*, tuvo mayor sensibilidad en los atributos 4) Cultivo de juveniles, 5) Adultos: Conectividad con el medio ambiente, 6) Adultos: Alimentación y 8) Adultos: Operaciones en granjas de cultivo. Los atributos con mayor impacto fueron 4) Cultivo de juveniles, 6) Adultos: Disponibilidad de sistemas y sitios de cultivo alternativos, 8) Adultos: Operaciones en granjas de cultivo, y 9) Adultos: Enfermedades plagas (Fig. 8, Tabla A1).

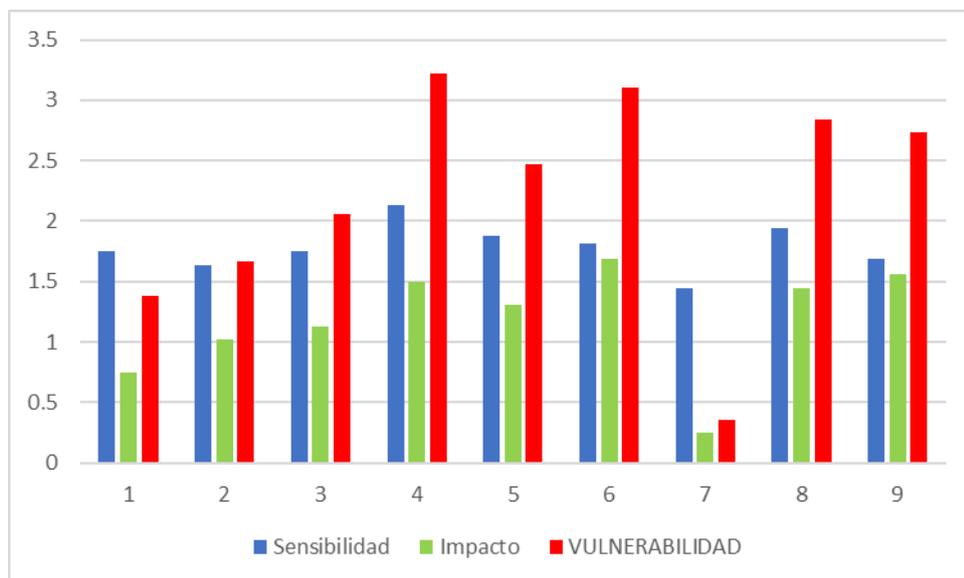


Figura 8. Puntajes del langostino por atributo para cada categoría (sensibilidad, impacto y vulnerabilidad).

3.1.2. Concha de abanico

En el puntaje de sensibilidad de concha de abanico *Argopecten purpuratus* se observa que los atributos con mayor sensibilidad son 3) Adultos: operaciones en granjas de cultivos, 4) Cultivo de juveniles, 5) Adultos: conectividad en el ambiente natural, 7) Adultos: alimentación y 8) Adultos: operaciones en granjas de cultivos (Figs. 9 y 10, Tabla A2 y A3).

En el caso de impacto los atributos 5) Adultos: conectividad en el ambiente natural, 6) Adultos: disponibilidad de sistemas y sitios de cultivo alternativo, 8) Adultos: operaciones en granjas de cultivos son los que presentan mayor impacto en cuanto a la variabilidad climática para Sechura. Por otro lado, en Paracas son los atributos 3) Cultivo de larvas,

7) Adultos: alimentación y 9) Adultos: enfermedades y plagas los que presentan mayor impacto. Los atributos 3) Cultivo de larvas, 7) Adultos: alimentación y 9) Adultos: enfermedades y plagas solo son de alto impacto en paracas, mientras que los atributos 6) Adultos: disponibilidad de sistemas y sitios de cultivo alternativo y 8) Adultos: operaciones en granjas de cultivos son de alto impacto en ambos lugares (Figs. 9 y 10, Tabla A2 y A3).

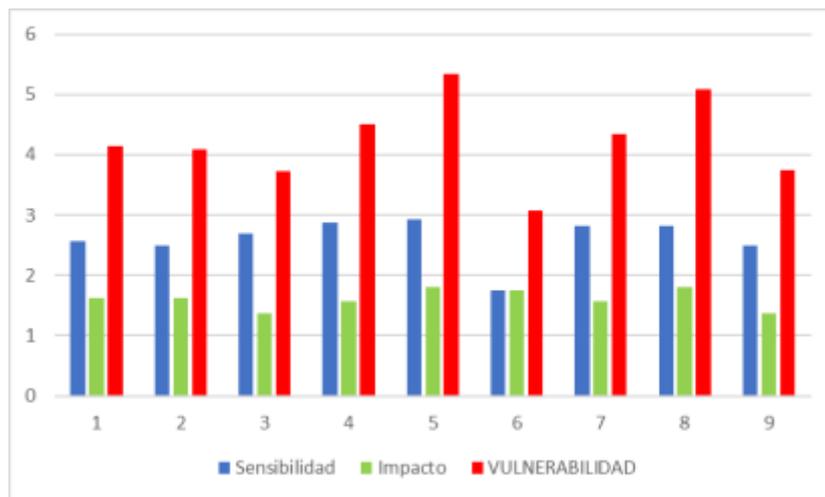


Figura 9. Puntajes de la concha de abanico Sechura por atributo para cada categoría (sensibilidad, impacto y vulnerabilidad).

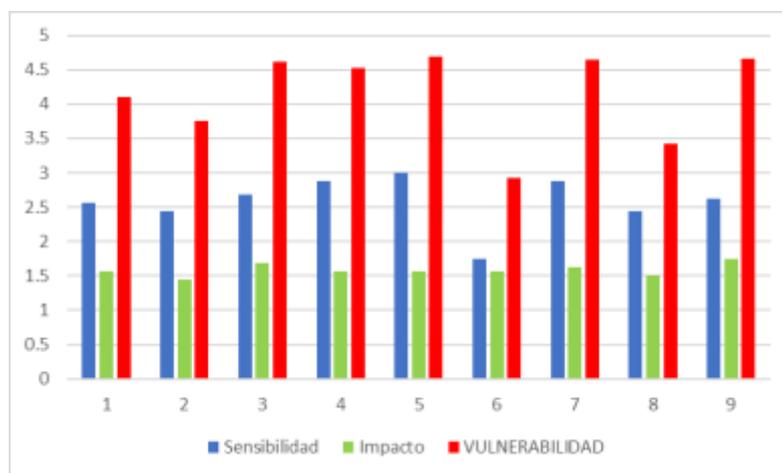


Figura 10. Puntajes de la concha de abanico Paracas por atributo para cada categoría (sensibilidad, impacto y vulnerabilidad).

3.1.3. Ostra del pacífico

En el puntaje de sensibilidad de ostra del pacifico *Crassostrea gigas* para todos los puntos observados, los atributos con mayor sensibilidad son: 5) Adultos: conectividad en el ambiente natural, 6) Adultos: disponibilidad de sistemas y sitios de cultivo alternativo, 7) Adultos: alimentación (Figs. 11, 12 y 13, Tabla A4, A5 y A6).

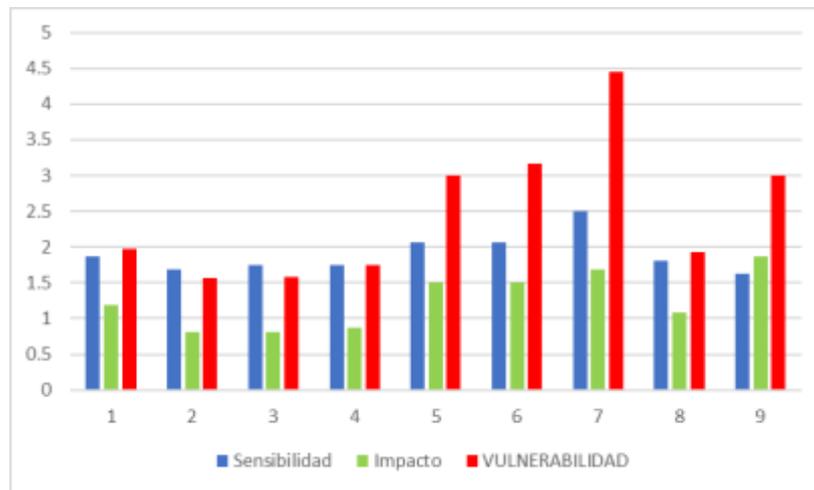


Figura 11. Puntajes de la ostra del pacifico Tumbes por atributo para cada categoría (sensibilidad, impacto y vulnerabilidad)

En el puntaje de impacto de ostra del pacifico *C. gigas* se observa que los atributos 5) Adultos: conectividad en el ambiente natural, 6) Adultos: disponibilidad de sistemas y sitios de cultivo alternativo, 7) Adultos: alimentación y 9) Adultos: enfermedades y plagas, presentan mayor impacto para todos los sitios evaluados, aunque Tumbes presenta mayor puntaje con respecto a Lima y Ancash. Los atributos son: 5) Adultos:

Conectividad con el medio ambiental, 7) Adultos: Alimentación y 9) Adultos: Enfermedades y plagas (Figs. 11, 12 y 13, Tabla A4, A5 y A6).

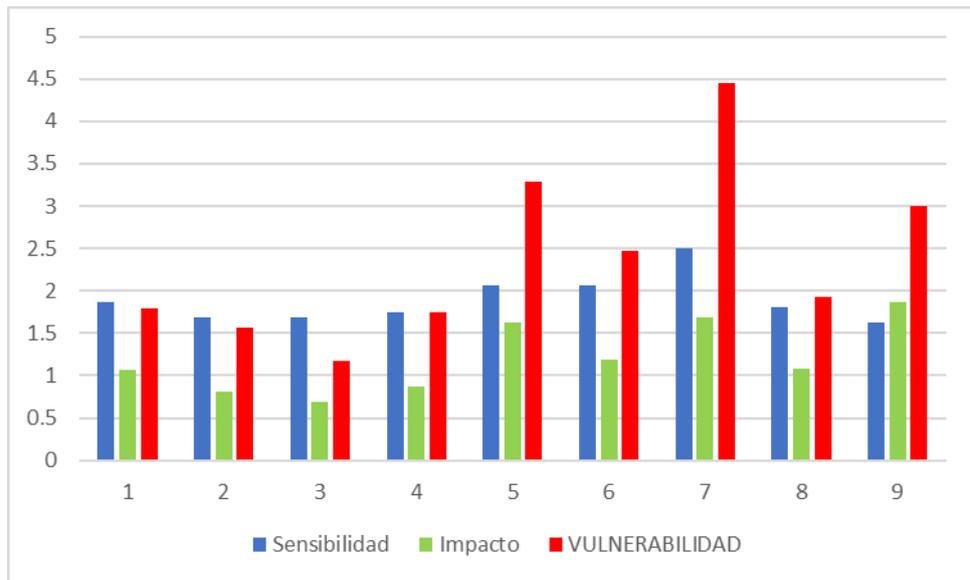


Figura 12. Puntajes del ostra del pacifico Lima por atributo para cada categoría (sensibilidad, impacto y vulnerabilidad)

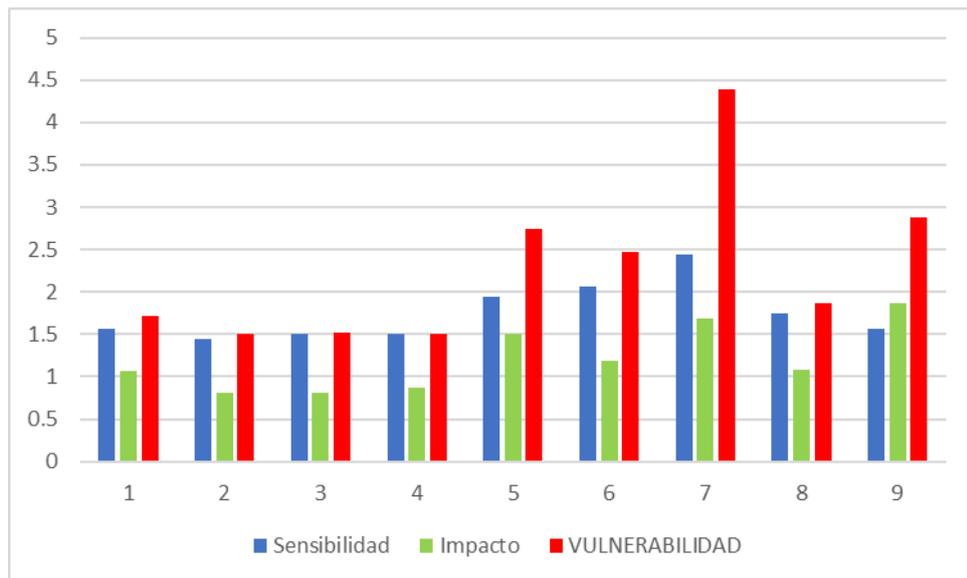


Figura 13 Puntajes de la ostra del pacifico Ancash por atributo para cada categoría (sensibilidad, impacto y vulnerabilidad)

3.1.4. Ostra roca

En el puntaje de sensibilidad de la ostra roca *Striostrea prismatica* se observa que los atributos con mayor sensibilidad son 4) Adultos: Cultivo de juveniles, 5) Conectividad con el medio ambiental y 7) Adultos: Alimentación (Fig. 14, Tabla A7).

En el caso de impacto los atributos 6) Adultos: Disponibilidad de sistemas y sitios de cultivo alternativos, 7) Adultos: Alimentación y 9) Adultos: Enfermedades y plagas son los que presentan mayor impacto en cuanto a la variabilidad climática para la especie (Fig. 14, Tabla A7).

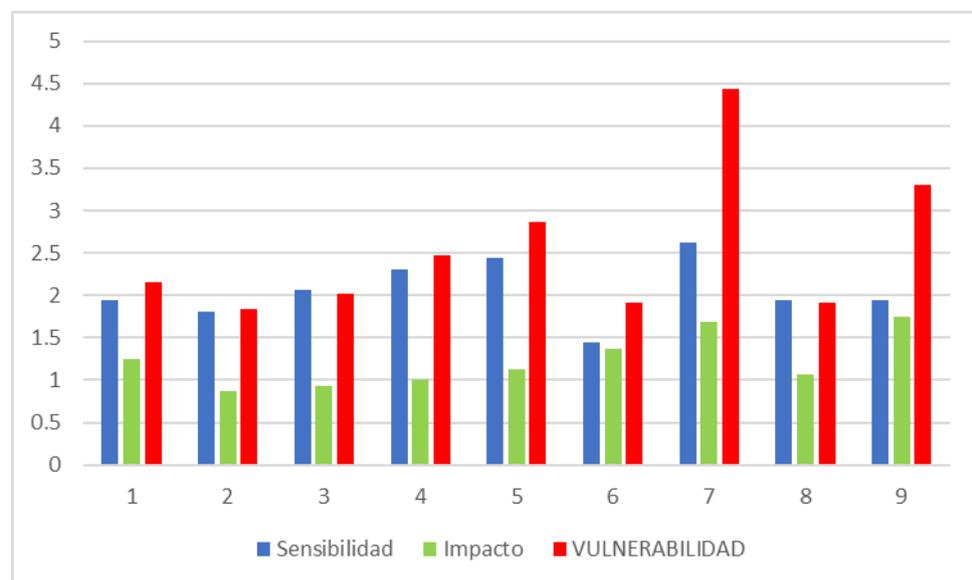


Figura 14. Puntajes de la ostra roca por atributo para cada categoría (sensibilidad, impacto y vulnerabilidad)

3.1.5. Concha perlífera

En el puntaje de sensibilidad de concha perlífera *Pteria sterna* se observa que los atributos con mayor sensibilidad son 5) Adultos: Conectividad con el medio ambiental, 7) Adultos: Alimentación y 9) Adultos: Enfermedades y plagas (Fig. 15, Tabla A8).

En el caso de impacto los atributos 5) Adultos: Conectividad con el medio ambiental, 6) Adultos: Disponibilidad de sistemas y sitios de cultivo alternativos, 7) Adultos: Alimentación y 9) Adultos: Enfermedades y plagas son los que presentan mayor impacto en cuanto a la variabilidad climática para la especie (Fig. 15, Tabla A8).

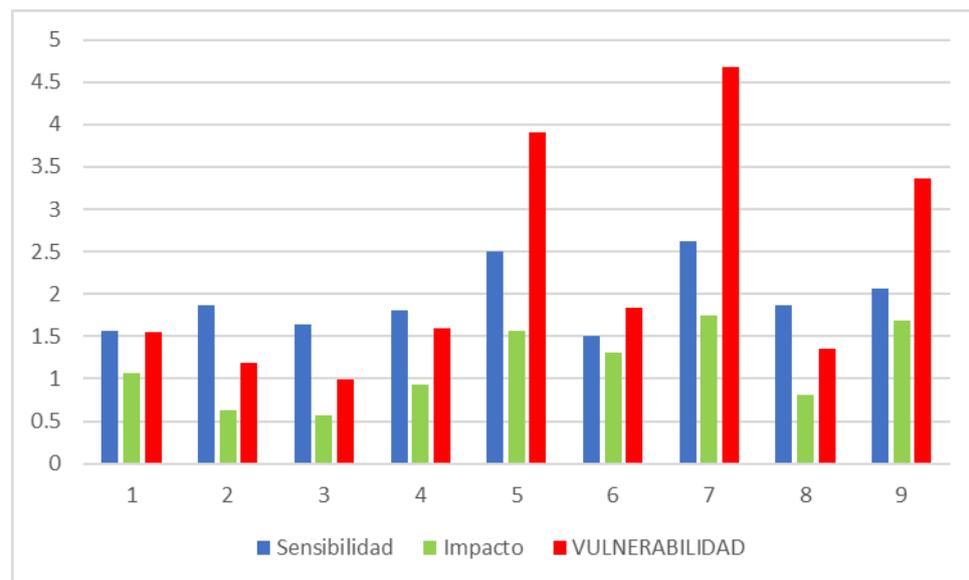


Figura 15. Puntajes de la concha perlífera por atributo para cada categoría (sensibilidad, impacto y vulnerabilidad)

3.1.6. Macha

En el puntaje de sensibilidad de macha *Mesodesma donacium* se observa que los atributos con mayor sensibilidad son 3) Cultivo de larvas, 5) Adultos: Conectividad con el medio ambiental, 8) Adultos: Operaciones en granjas de cultivo y 9) Adultos: Enfermedades y plagas (Fig. 16, Tabla A9).

En el puntaje de impacto se observa que los atributos 1) Disponibilidad y acondicionamiento de reproductores, 5) Adultos: Conectividad con el medio ambiental y 9) Adultos: Enfermedades y plagas fueron los obtuvieron mayor puntaje de impacto (Fig. 16, Tabla A9).

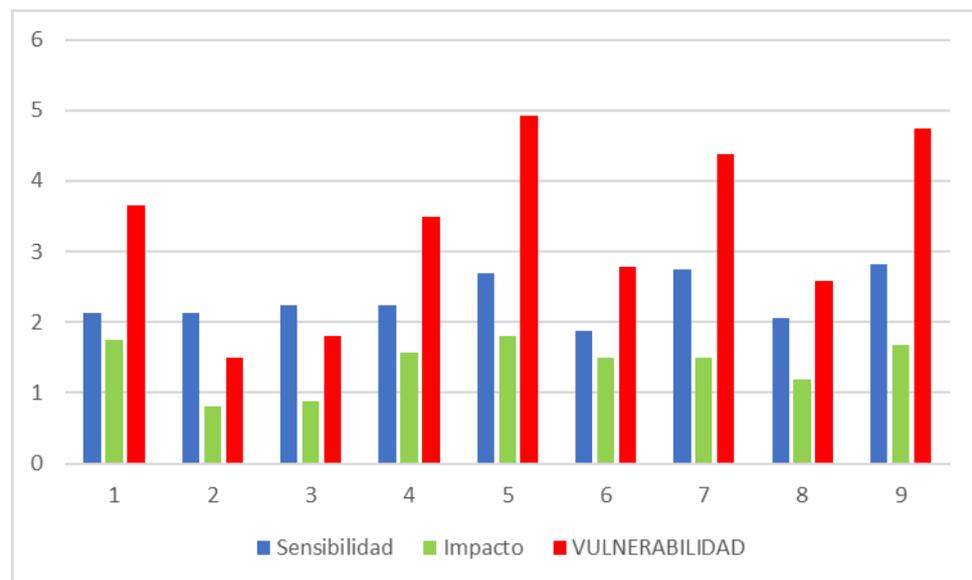


Figura 16. Puntajes de la macha por atributo para cada categoría (sensibilidad, impacto y vulnerabilidad).

3.1.7. Lenguado

En el puntaje de sensibilidad de lenguado *Paralichthys adspersus* se observa que los atributos con mayor sensibilidad son 3) Cultivo de larvas, 5) Adultos: Conectividad con el medio ambiental, 6) Adultos: Disponibilidad de sistemas y sitios de cultivo alternativos y 9) Adultos: Enfermedades y plagas (Fig. 17, Tabla A10).

En el puntaje de impacto se observa que los atributos 1) Disponibilidad y acondicionamiento de reproductores, 3) Cultivo de larvas, 5) Adultos: Conectividad con el medio ambiental y 9) Adultos: Enfermedades y plagas son los que presentan mayor impacto (Fig. 17, Tabla A10).

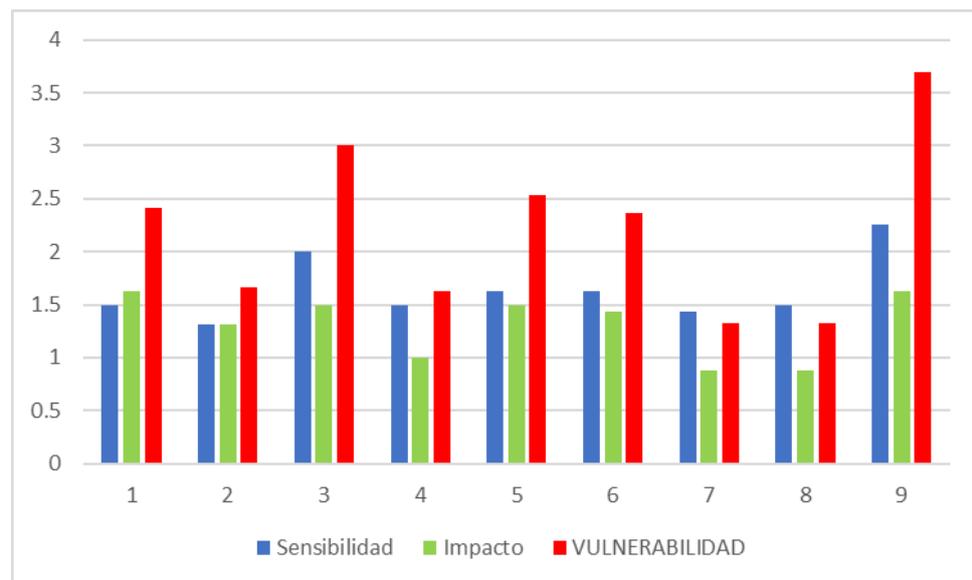


Figura 17. Puntajes del lenguado por atributo para cada categoría (sensibilidad, impacto y vulnerabilidad).

3.1.8. Chita

En el puntaje de sensibilidad de chita *Anisotremus scapularis* para Tumbes se observa que los atributos con mayor sensibilidad son 2) Fertilización y desove, 3) Cultivo de larvas y 9) Adultos: Enfermedades y plagas. Para Ancash se observa que los atributos con mayor sensibilidad son 1) Disponibilidad y acondicionamiento de reproductores, 3) Cultivo de larvas, 5) Adultos: Conectividad con el medio ambiental y 9) Adultos: Enfermedades y plagas. Para Lima se observa que los atributos con mayor sensibilidad son 6) Adultos: Disponibilidad de sistemas y sitios de cultivo alternativos y 9) Adultos: Enfermedades y plagas (Figs. 18 a 20, Tabla A11, A12, A13).

En el puntaje de impacto es mayor en los atributos 1) Disponibilidad y acondicionamiento de reproductores, 3) Cultivo de larvas y 9) Adultos: Enfermedades y plagas para todos los sitios evaluados, pero teniendo diferente intensidad de impacto (Figs. 18 a 20 y Tabla A11, A12, A13).

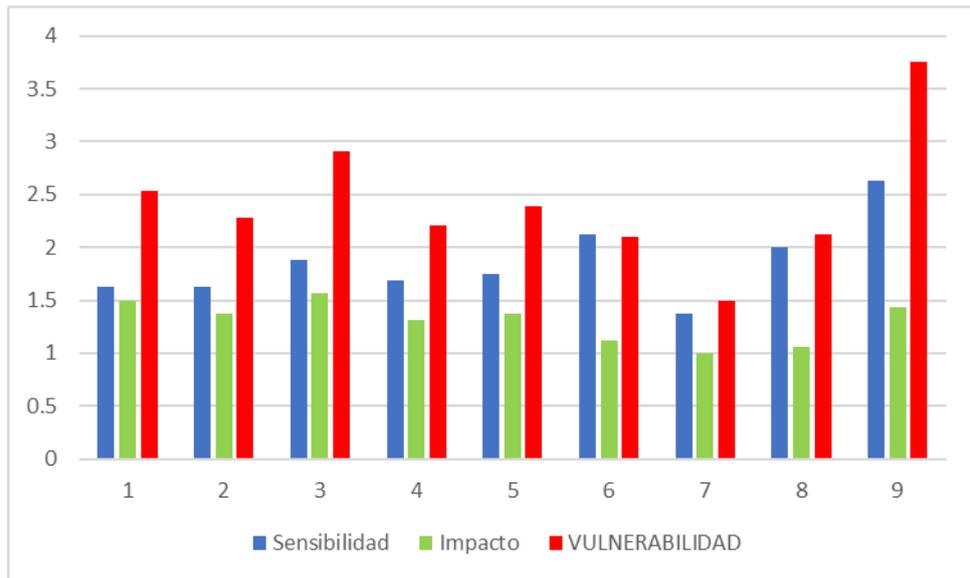


Figura 18. Puntajes de la Chita Tumbes por atributo para cada categoría (sensibilidad, impacto y vulnerabilidad).

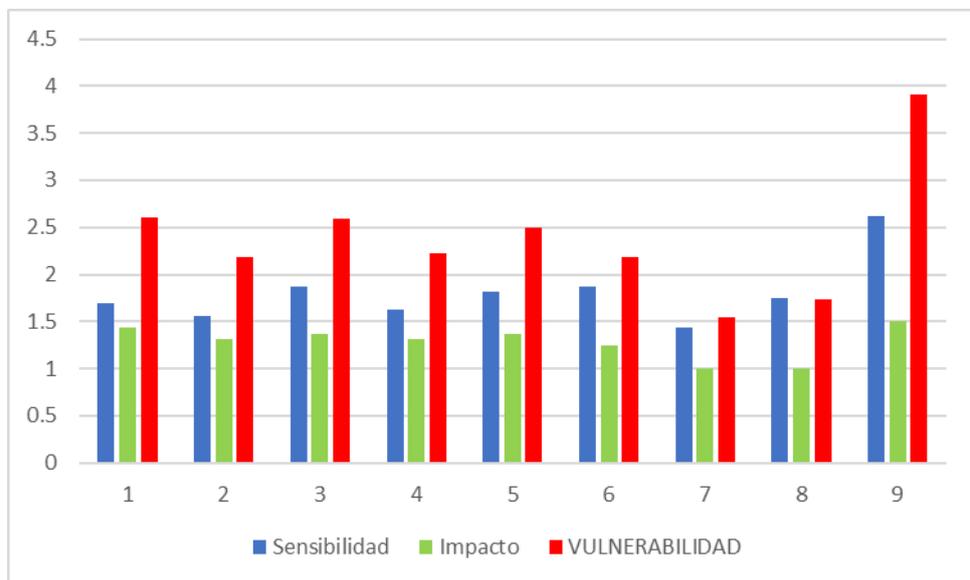


Figura 19. Puntajes de la Chita Ancash por atributo para cada categoría (sensibilidad, impacto y vulnerabilidad).

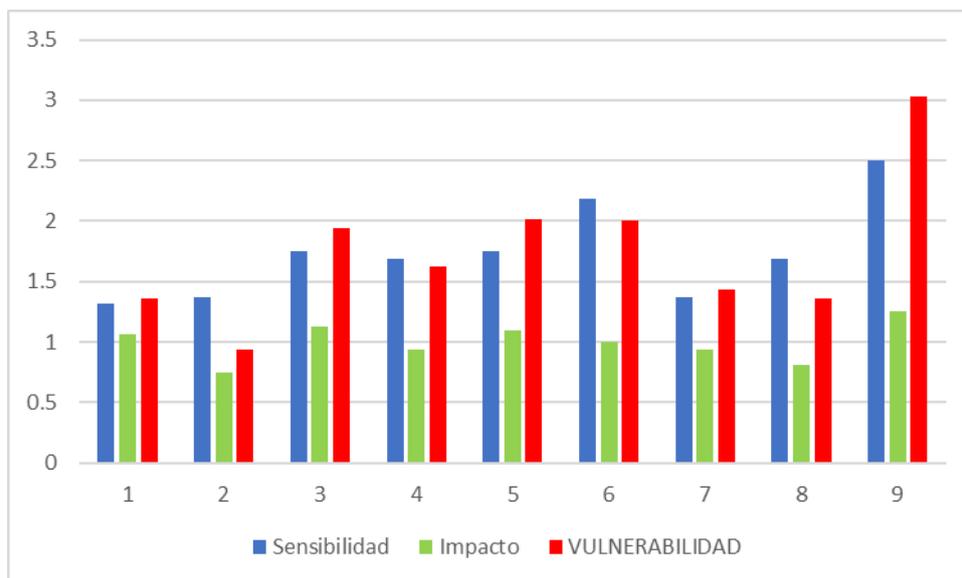


Figura 20. Puntajes de la Chita Lima por atributo para cada categoría (sensibilidad, impacto y vulnerabilidad).

3.1.9. Cabrilla

En el puntaje de sensibilidad de cabrilla *Paralabrax humeralis* se observa que los atributos con mayor sensibilidad son 1) Disponibilidad y acondicionamiento de reproductores, 4) Cultivo de juveniles, 5) Adultos: Conectividad con el medio ambiental y 9) Adultos: Enfermedades y plagas (Fig. 21 y 22 y Tabla A14, A15).

En el puntaje de impacto se observa que los atributos 2) Fertilización y desove, 5) Adultos: Conectividad con el medio ambiental, 8) Adultos: Operaciones en granjas de cultivo y 9) Adultos: Enfermedades y plagas son los que presentan mayor impacto en ambos lugares (Fig. 21 y 22 y Tabla A14, A15).

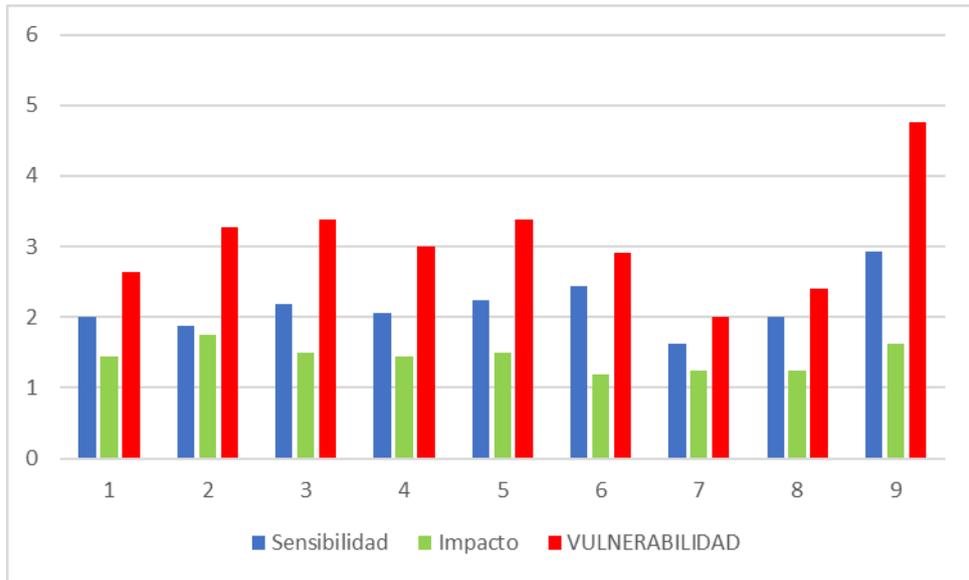


Figura 21. Puntajes de la Cabrilla - Paracas por atributo para cada categoría (sensibilidad, impacto y vulnerabilidad).

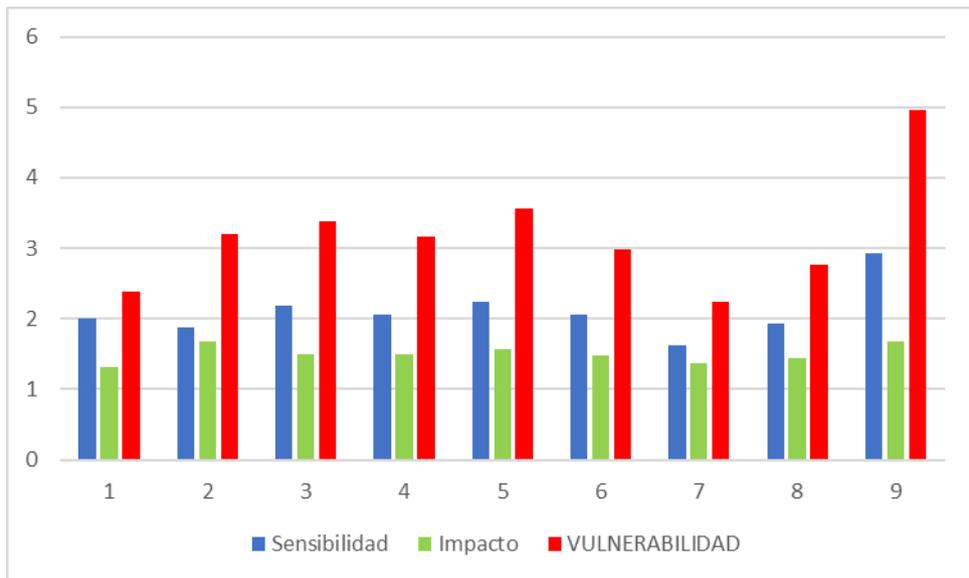


Figura 22. Puntajes de la Cabrilla - Sechura por atributo para cada categoría (sensibilidad, impacto y vulnerabilidad).

3.1.10. Corvina

En el puntaje de sensibilidad de corvina *Scieaena gilberti* se observa que los atributos con mayor sensibilidad son 1) Disponibilidad y acondicionamiento de reproductores, 5) Adultos: Conectividad con el medio ambiental, 8) Adultos: Operaciones en granjas de cultivo y 9) Adultos: Enfermedades y plagas (Fig. 23 y Tabla A16).

En el puntaje de impacto se observa que el atributo 2) Fertilización y desove y el 9) Adultos: Enfermedades y plagas son los que presentan mayor impacto (Fig. 23 y Tabla A16).

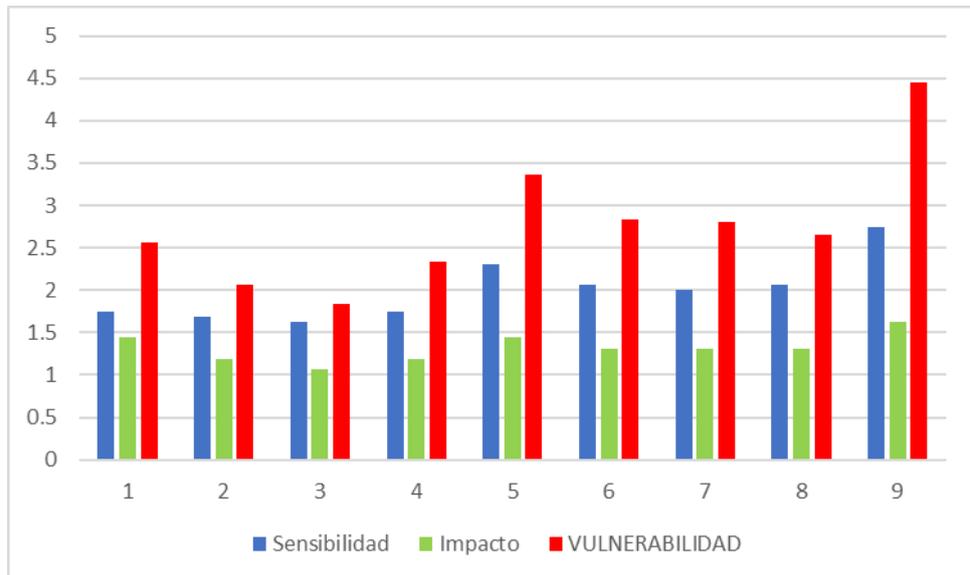


Figura 23. Puntajes de la corvina por atributo para cada categoría (sensibilidad, impacto y vulnerabilidad).

3.1.11. Erizo Rojo

En el puntaje de sensibilidad de Erizo rojo *Loxechinus albus* se observa que los atributos con mayor sensibilidad son 7) Adultos: Alimentación, 8) Adultos: Operaciones en granjas de cultivo y 9) Adultos: Enfermedades y plagas (Fig. 24 y Tabla A17).

En el puntaje de impacto de Erizo se observa que los atributos, 4) Cultivo de juveniles, 5) Adultos: Conectividad con el medio ambiental, 8) Adultos: Operaciones en granjas de cultivo y 9) Adultos: Enfermedades y plagas presentan el mayor impacto (Fig. 24 y Tabla A17).

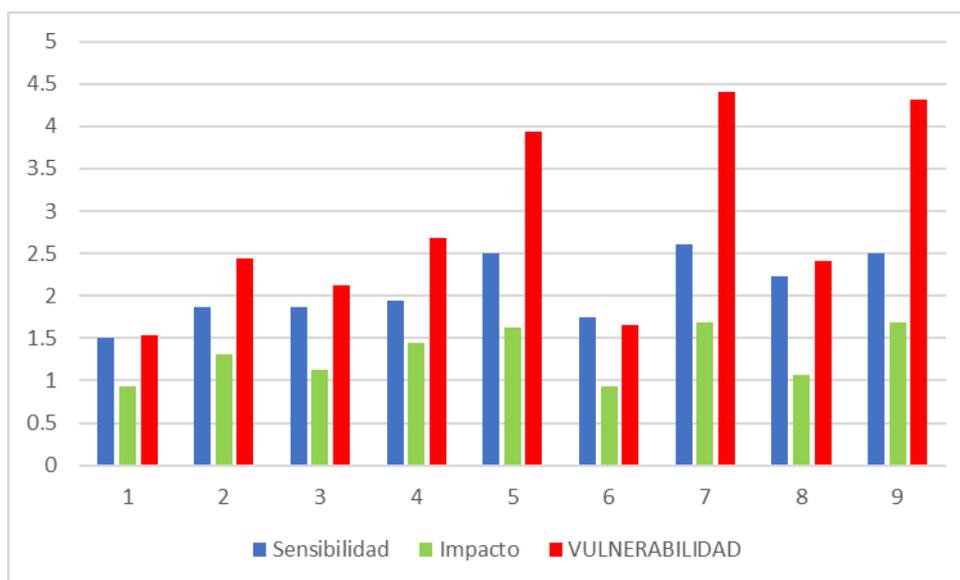


Figura 24. Puntajes del erizo por atributo para cada categoría (sensibilidad, impacto y vulnerabilidad).

3.1.12. Sargazo

En el puntaje de sensibilidad de *Macrocystis pyrifera* se observa que los atributos con mayor sensibilidad son 7) Adultos: Alimentación, 8) Adultos: Operaciones en granjas de cultivo y 9) Adultos: Enfermedades y plagas (Fig. 25 y Tabla A18).

En el puntaje de impacto se observa que los atributos con mayor impacto son 5) Adultos: Conectividad con el medio ambiental y 7) Adultos: Alimentación (Fig. 25 y Tabla A18).

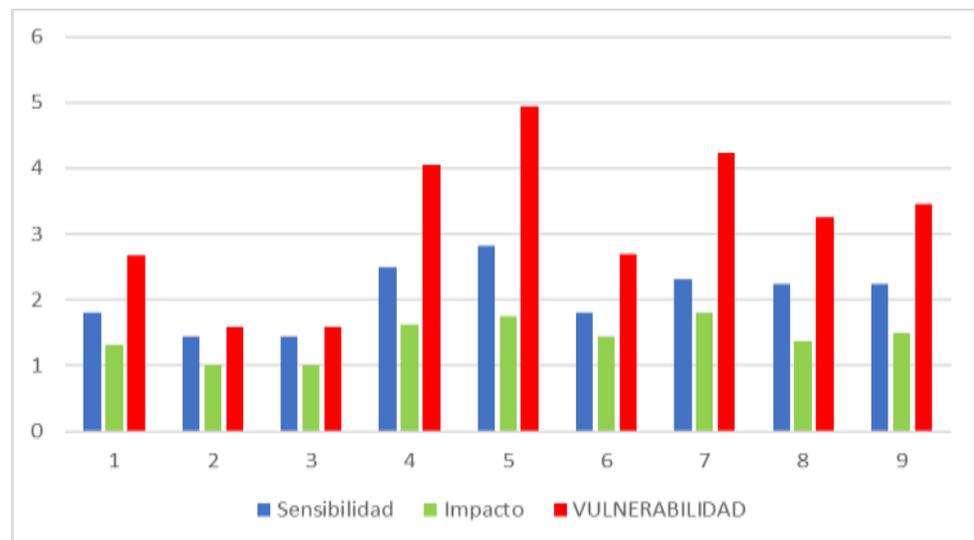


Figura 25. Puntajes del Sargazo por atributo para cada categoría (sensibilidad, impacto y vulnerabilidad).

3.1.13. Yuyo

En el puntaje de sensibilidad de Yuyo *Chondrocantus chamissoi* se observa que los atributos con mayor sensibilidad son 4) Cultivo de juveniles, 5) Adultos: Conectividad con el medio ambiental y 9) Adultos: Enfermedades y plagas (Fig. 26 y Tabla A19).

En el puntaje de impacto se observa que el atributo 9 es el que presenta el mayor impacto, el cual es Adultos: Enfermedades y plagas (Fig. 26 y Tabla A19).

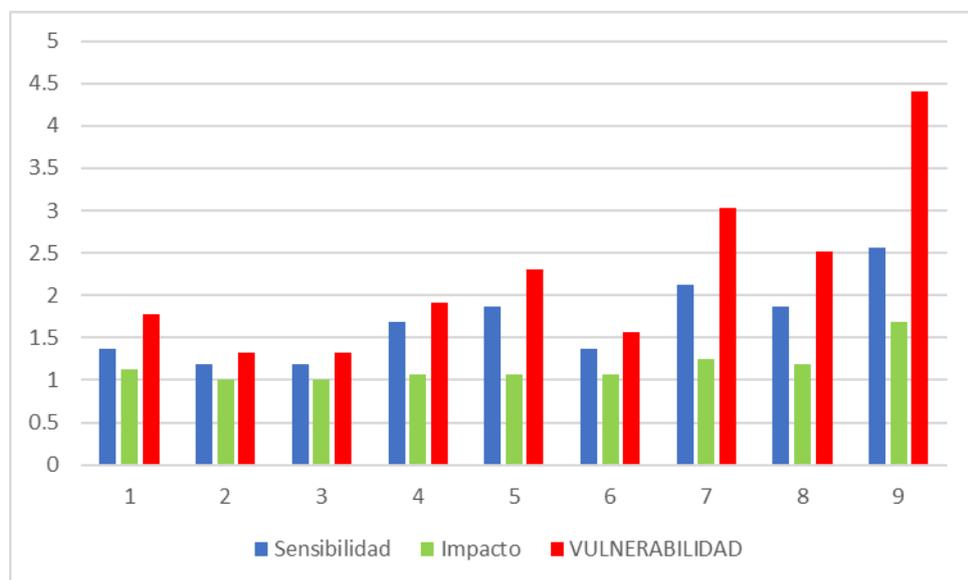


Figura 26. Puntajes del yuyo por atributo para cada categoría (sensibilidad, impacto y vulnerabilidad).

3.2. SENSIBILIDAD, IMPACTO Y VULNERABILIDAD CLIMÁTICA ENTRE CADENAS PRODUCTIVAS ACUÍCOLAS MARINAS

3.2.1. SENSIBILIDAD

Con excepción del langostino, la concha de abanico y la ostra del pacifico, la mayoría de las especies han tenido una sensibilidad alta (> 1.5) en el atributo 9 “Adultos: Enfermedades y plagas”. La cadena productiva con mayor sensibilidad fue la de concha de abanico, seguida por la macha, la corvina y la cabrilla. Es probable que estas dos últimas tengan una alta sensibilidad debido a la falta de condiciones controladas dentro del cultivo; es decir, al tener un cultivo muy extensivo será más sensible al cambio climático (Fig. 28 y Tabla A20).

La cadena productiva con menor sensibilidad fue la de ostra del pacifico cultivada en Ancash, seguida de la chita cultivada en Tumbes. La chita mostró baja sensibilidad y tiene potencial de cultivo, pero sólo se ha probado en plantas piloto.

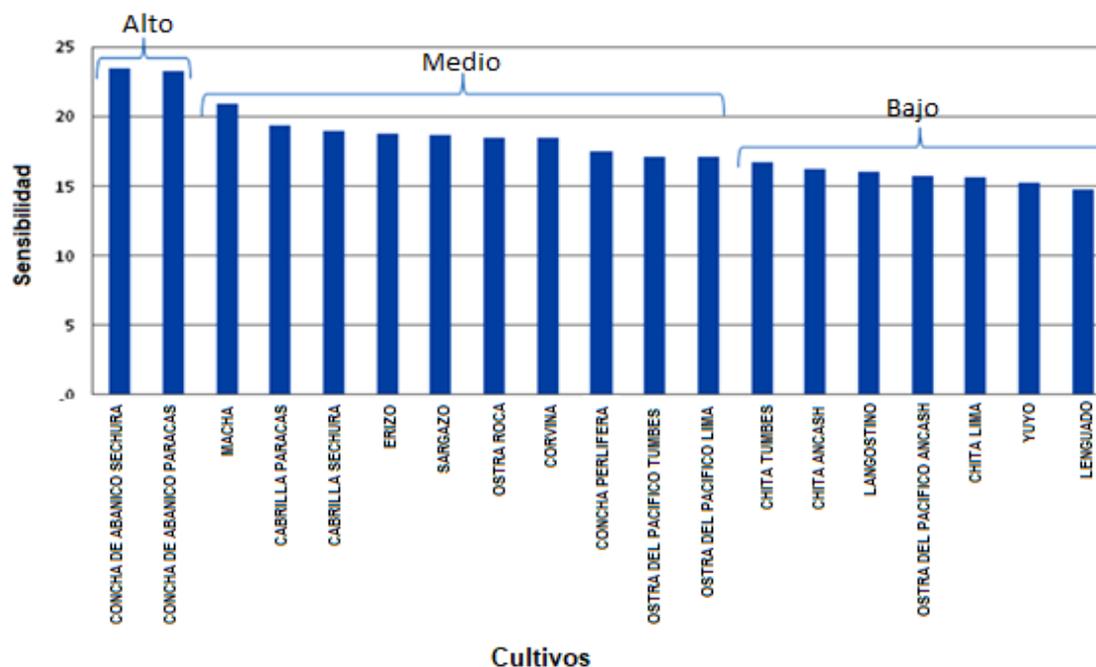


Figura 27. Clasificación de sensibilidad de las CPA, ordenadas de mayor a menor puntuación de sensibilidad. Se indican las cadenas productivas con puntaje de sensibilidad alto, medio y bajo.

3.2.2. IMPACTO

Las CPA con mayor impacto a la variabilidad climática son las de concha de abanico, la corvina y la cabrilla; la concha de abanico cultivada en Paracas resultó con el mayor impacto. Las CPA que resultaron con el menor impacto fueron las de yuyo, ostra del pacifico y chita (Fig. 29 y Tabla A20).

El atributo 9) Adultos: Enfermedades y plagas resultó con una puntuación de alto impacto en la mayoría de las especies. También fue muy recurrente tener el puntaje del atributo 5 (Adultos: Conectividad con el medio ambiental) como una gran contribución al puntaje final de impacto.

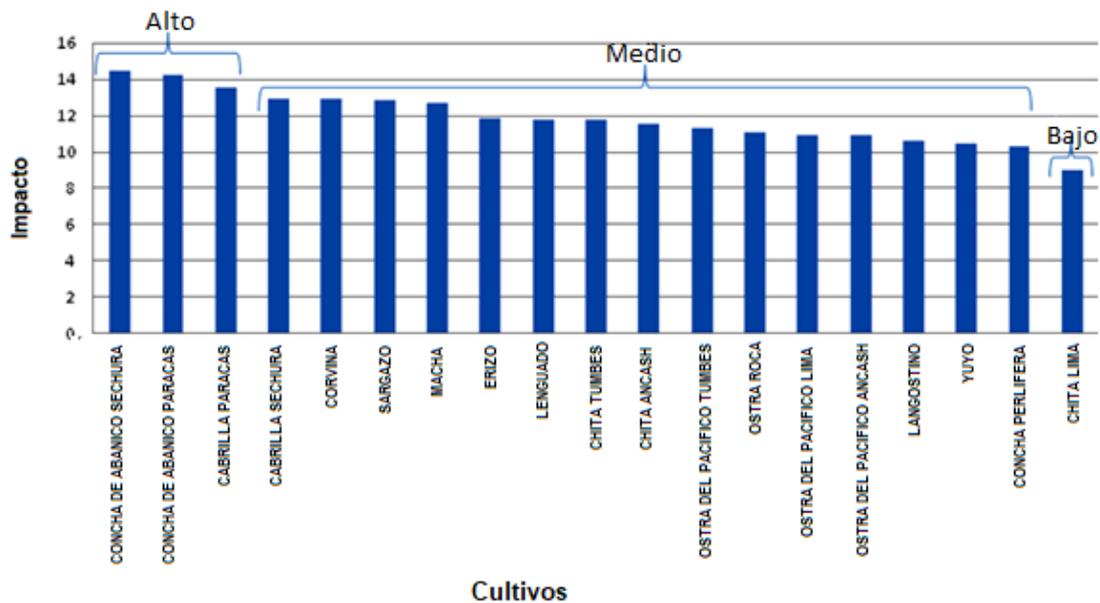


Figura 28. Clasificación de impacto de las cadenas productivas, ordenadas de mayor a menor puntuación de impacto. Se indican las CPA con impacto alto, medio y bajo.

3.2.3. VULNERABILIDAD

En el Anexo 5 se presentan los puntajes detallados de cada experto sobre cada evaluación. Los puntajes mostrados en la Fig. 30 y Tabla A20 son los promedios de sensibilidad, impacto y vulnerabilidad de los 4 expertos. Las cadenas productivas de concha de abanico en Sechura y en Paracas, y la macha obtuvieron valores altos de vulnerabilidad. La cadena productiva que presentó menor vulnerabilidad fue la chita, seguida del yuyo, la ostra.

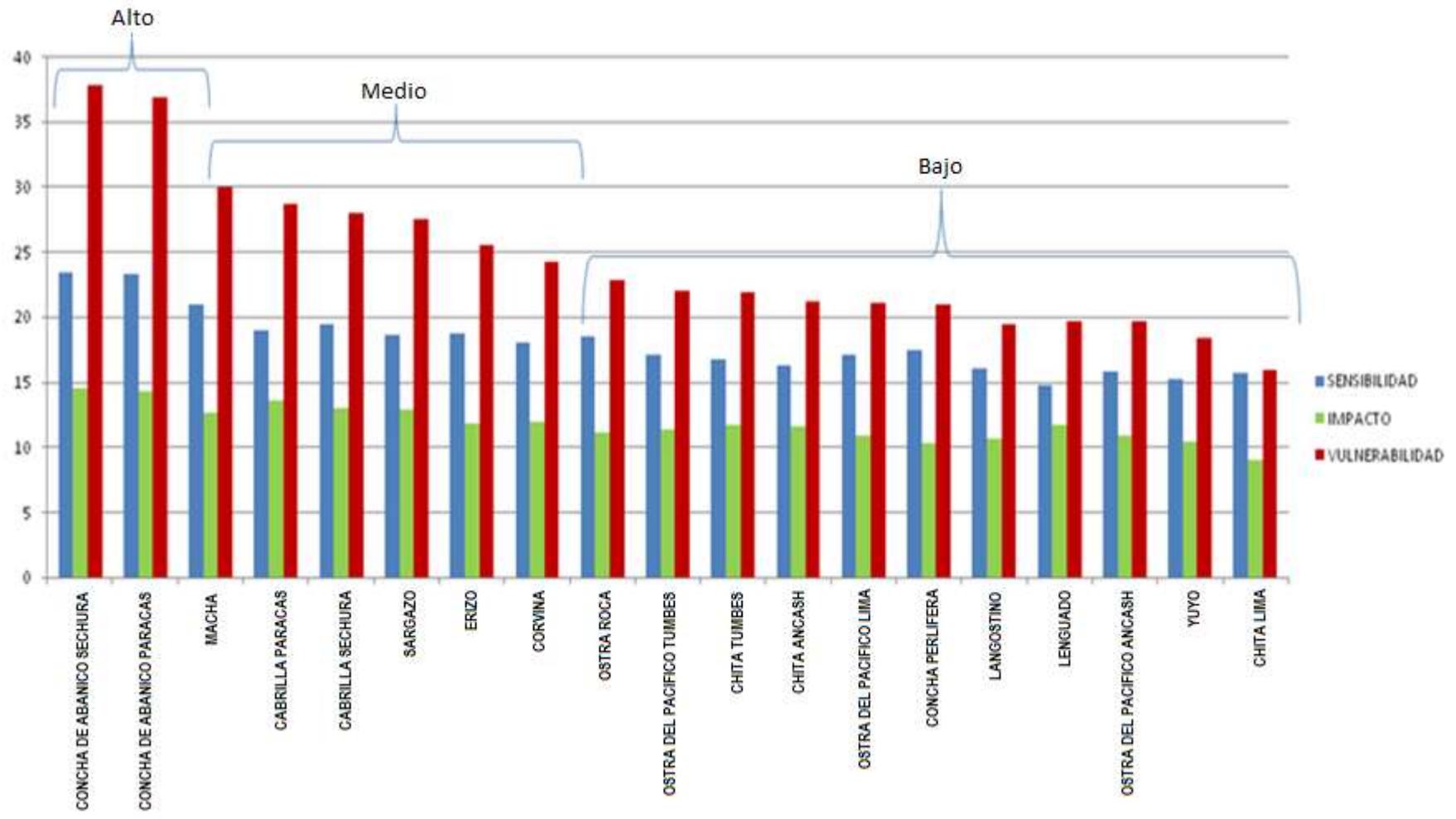


Figura 29. Sensibilidad, impacto y vulnerabilidad de las cadenas productivas, ordenadas de mayor a menor puntaje de vulnerabilidad

3.3. PUNTAJES PROMEDIO DE SENSIBILIDAD, IMPACTO Y VULNERABILIDAD ENTRE ATRIBUTOS

Se realizaron análisis de varianza y pruebas de Tukey de la sensibilidad, impacto y vulnerabilidad entre atributos, encontrándose diferencias significativas para los atributos en todas las categorías, para sensibilidad ($p < 0.001$), impacto ($p < 0.001$) y vulnerabilidad ($p < 0.001$). El atributo que presenta la mayor sensibilidad y el mayor impacto fue el atributo 9, esto fue en su mayor parte porque se asignó el mayor puntaje, ya que esta información fue incipiente en algunas cadenas productivas (Fig. 27).

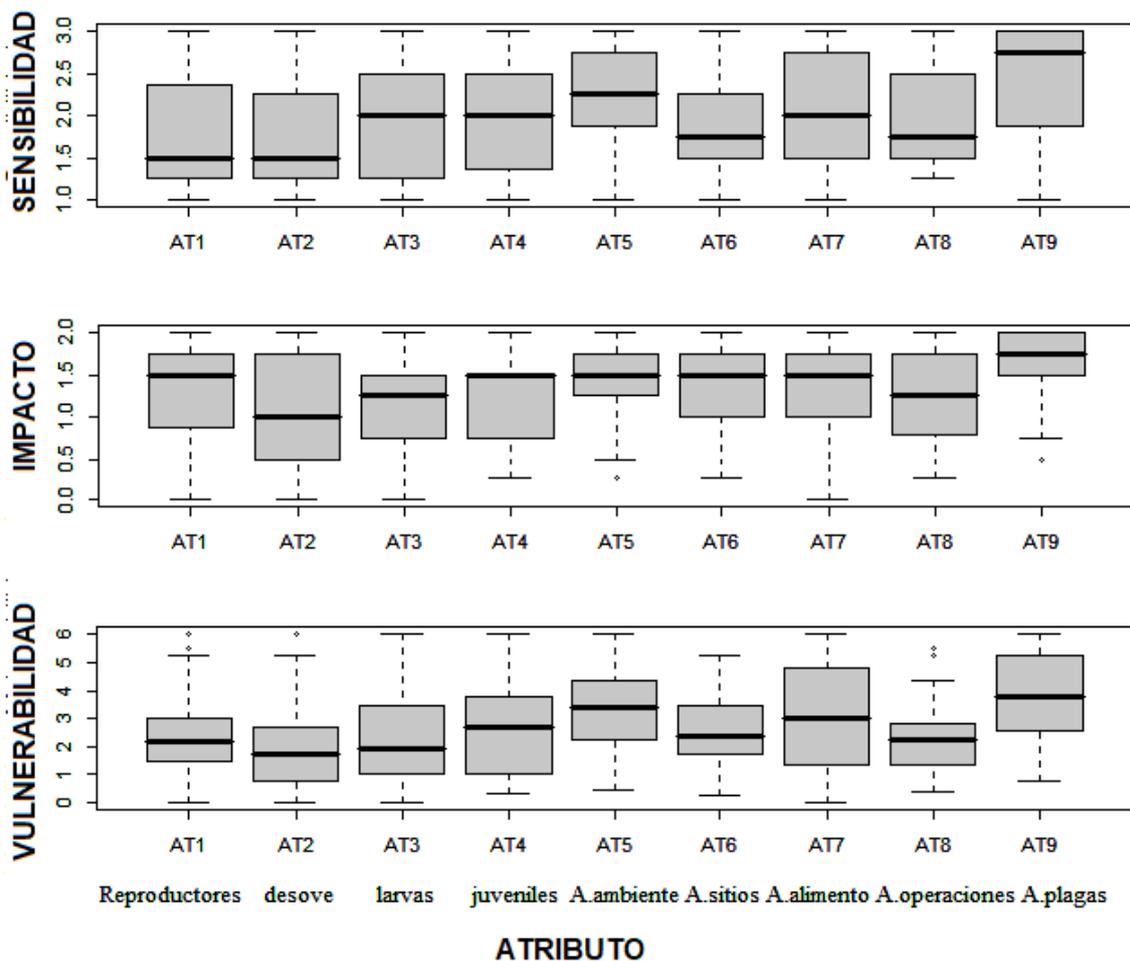


Figura 30. Sensibilidad, impacto y vulnerabilidad de los atributos de las cadenas productivas. La línea horizontal sólida indica la media, la línea punteada indica el rango inter cuartil y los puntos que se encuentran fuera de los bigotes son los datos atípicos. 1) Disponibilidad y acondicionamiento de reproductores, 2) Fertilización y desove, 3) Cultivo de larvas, 4) Cultivo de juveniles, 5) Adultos: conectividad en el ambiente natural, 6) Adultos: disponibilidad de sistemas y sitios de cultivo alternativo, 7) Adultos: alimentación, 8) Adultos: operaciones en granjas de cultivos, 9) Adultos: enfermedades y plagas.

3.4. COMPARACIÓN DE VULNERABILIDAD ENTRE CADENAS PRODUCTIVAS INTENSIVAS Y EXTENSIVAS

La prueba de Wilcoxon-Mann-Whitney no encontró diferencias significativas en la vulnerabilidad climática (Fig. 32) entre CPA intensivas y extensivas ($p > 0.05$).

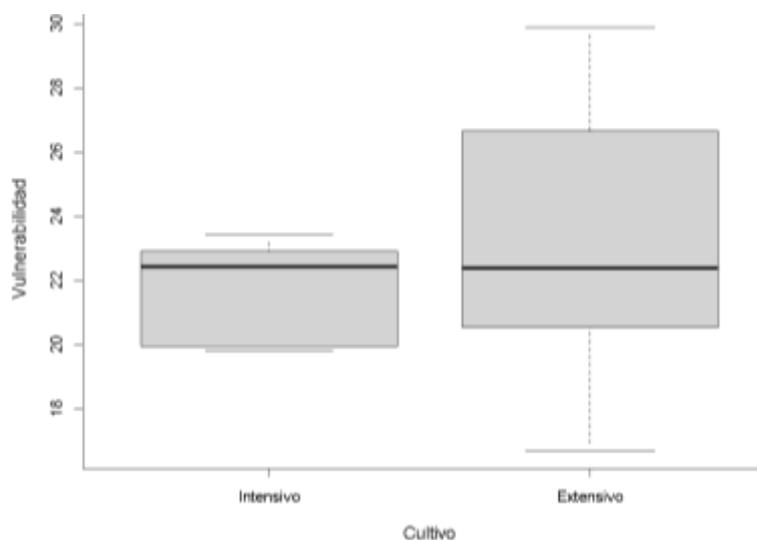


Figura 31. Diagrama de cajas de la vulnerabilidad entre CPA intensivas y extensivas.

Adicionalmente, se evaluaron las correlaciones entre la vulnerabilidad climática de cada especie y la sensibilidad de cada uno de los 9 atributos, y se encontró que las mayores correlaciones fueron con la sensibilidad de los atributos 2, 4, 5 y 8 (Tabla 32), encontrándose la mayor correlación con el Atributo 1 (Disponibilidad y acondicionamiento de reproductores). Por tal motivo, se realizó una regresión lineal simple entre la vulnerabilidad climática y los puntajes de sensibilidad del Atributo 1, que representaría un proxy del concepto de “extensividad”, resultando una pendiente significativa ($b = 5.487$, $p < 0.05$) (Fig. 32), lo cual apoya parcialmente la primera hipótesis. En la Tabla 8 se presentan algunas características de las CPA.

Tabla 7. Correlaciones entre la sensibilidad de los atributos y la vulnerabilidad climática.

	Atributo 1	Atributo 2	Atributo 4	Atributo 5	Atributo 8
R²	0.820	0.702	0.741	0.718	0.743
p	10 ⁻⁸	9*10 ⁻⁷	22*10 ⁻⁷	47*10 ⁻⁷	21*10 ⁻⁷

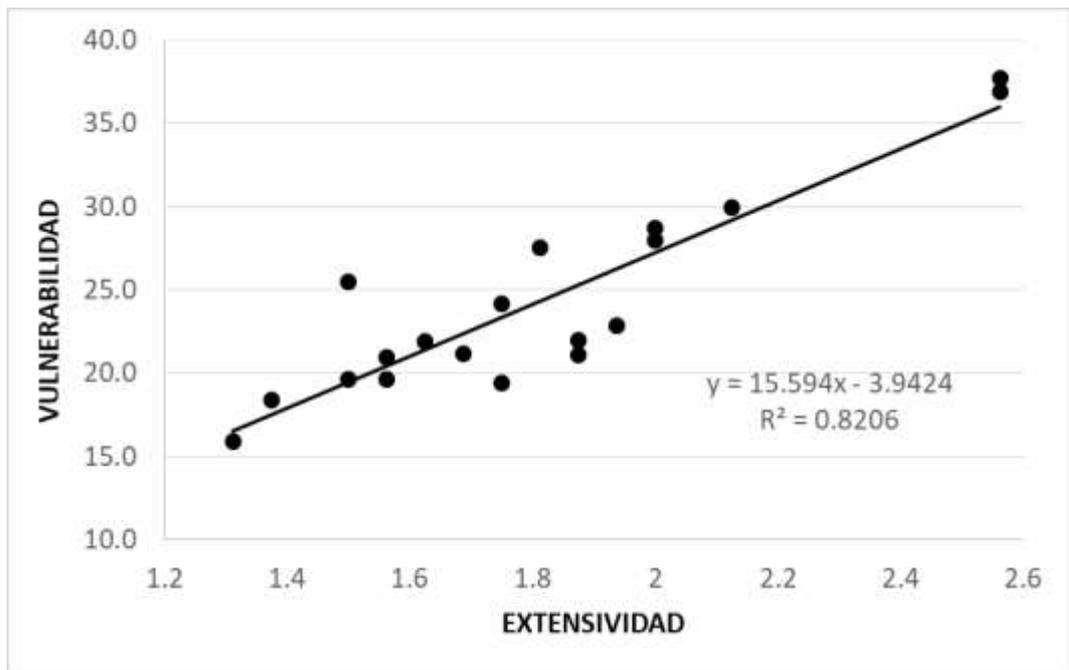


Figura 32. Diagrama de dispersión entre la vulnerabilidad (puntos) y el Atributo 1 (Disponibilidad y acondicionamiento de reproductores). La línea punteada indica la regresión.

Tabla 8. Características de las CPA (tipo de tecnología, latitud, lugar de cultivo).

	TIPO DE TECNOLOGÍA	LATITUD	PROVINCIA	LUGAR (CULTIVO ADULTOS)
Ostra del pacifico – tumbes	Intensivo	3.60	Tumbes	Mar
Langostino	Intensivo	3.60	Tumbes	Tierra
Chita - tumbes	extensivo	3.60	Tumbes	Mar
Concha perlifera	Extensivo	4.25	Piura	Mar
Ostra roca	Intensivo	5.40	Piura	Mar
Concha de abanico - Sechura	Intensivo	5.60	Sechura	Mar
Cabrilla -Sechura	Extensivo	5.60	Sechura	Mar
Chita - Ancash	Extensivo	9.30	Ancash	Mar
Ostra del pacifico - Ancash	Extensivo	9.30	Ancash	Mar
Lenguado	Intensivo	10	Ancash	Tierra-Mar
Ostra del pacifico - Lima	Extensivo	12.04	Lima	Mar
Chita – Lima	Extensivo	12.04	Lima	Mar
Yuyo	Extensivo	13.5	Ica	Mar
Cabrilla -Paracas	Extensivo	13.80	Ica	Mar
Concha de abanico - Paracas	Semintensivo	13.80	Ica	
Macha	Extensivo	15	Ica	Mar
Erizo	Extensivo	15	Ica	Mar
Sargazo	Extensivo	15	Ica	Mar
Corvina	Extensivo	18	Moquegua	Mar

3.5. ESTRUCTURA DE LAS CADENAS PRODUCTIVAS DE LANGOSTINO Y CONCHA DE ABANICO

Las cadenas productivas de langostino y concha de abanico se presentan en las Figs. 36 y 38, indicando las diferentes etapas en la parte superior de las columnas: productores, almacenamiento provisional, receptores, transporte interno, almacenamiento provisional, venta primaria al por mayor, venta secundaria al por mayor, destinado al consumidor, consumidores. Las cajas representan los procesos (nodos) con flujos disponibles. Los procesos con información escasa no fueron tomados en cuenta.

A partir de la cadena productiva detallada, se elaboraron esquemas simplificados de la distribución de nodos (Figs. 37 y 39), que muestran los flujos promedio de la información recopilada a través de diversas fuentes, en especial los anuarios estadísticos pesqueros.

3.6. DIAGRAMAS DE CADENAS PRODUCTIVAS

3.6.1. LANGOSTINO

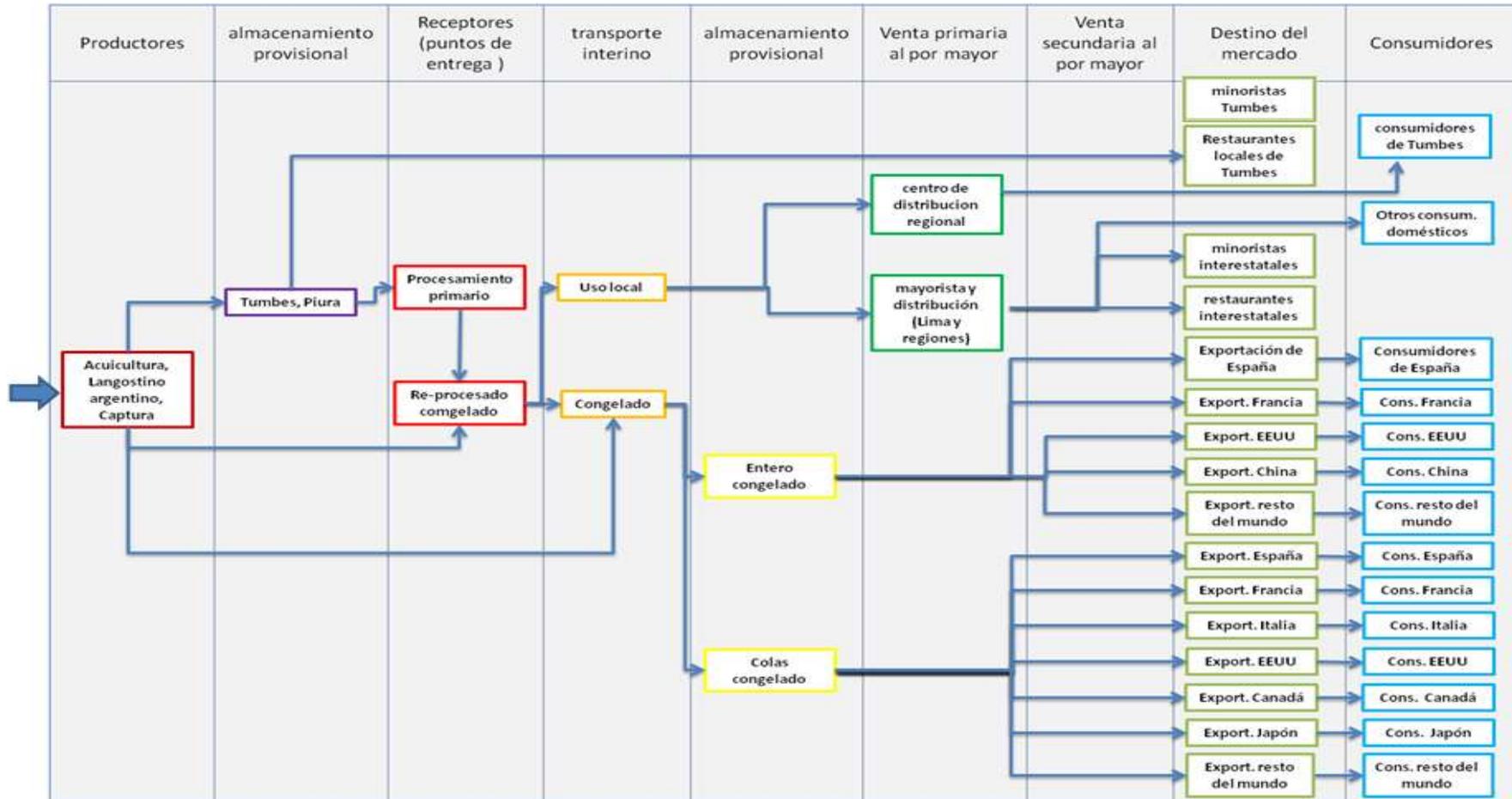


Figura 33. Diagrama de la cadena productiva de langostino. Los colores indican cada etapa de la cadena productiva.

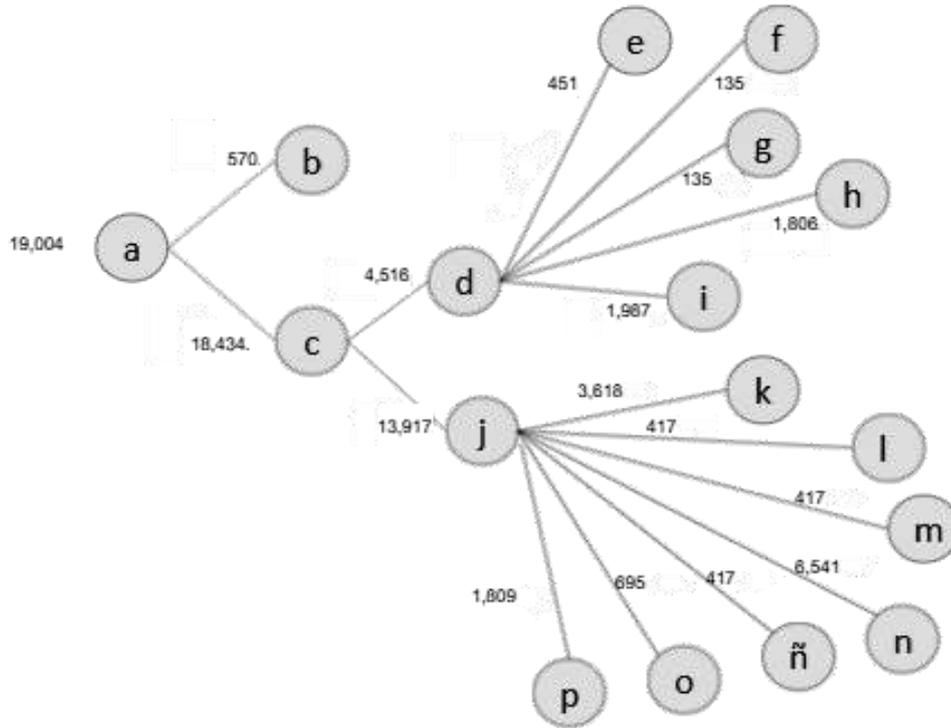


Figura 34. Cadena productiva simplificada de langostino. a) Procesamiento Secundario, b) Uso Local, c) Congelado, d) Entero, e) Exportación a España, f) Exportación a Francia, g) Exportación a EEUU, h) Exportación a China, i) Exportación a Resto del mundo, j) Cola, k) Exportación a España, l) Exportación a Francia, m) Exportación a Italia, n) Exportación a EEUU, ñ) Exportación a Canadá, o) Exportación a Japon y p) Exportación a Resto del mundo.

3.6.2. CONCHA DE ABANICO

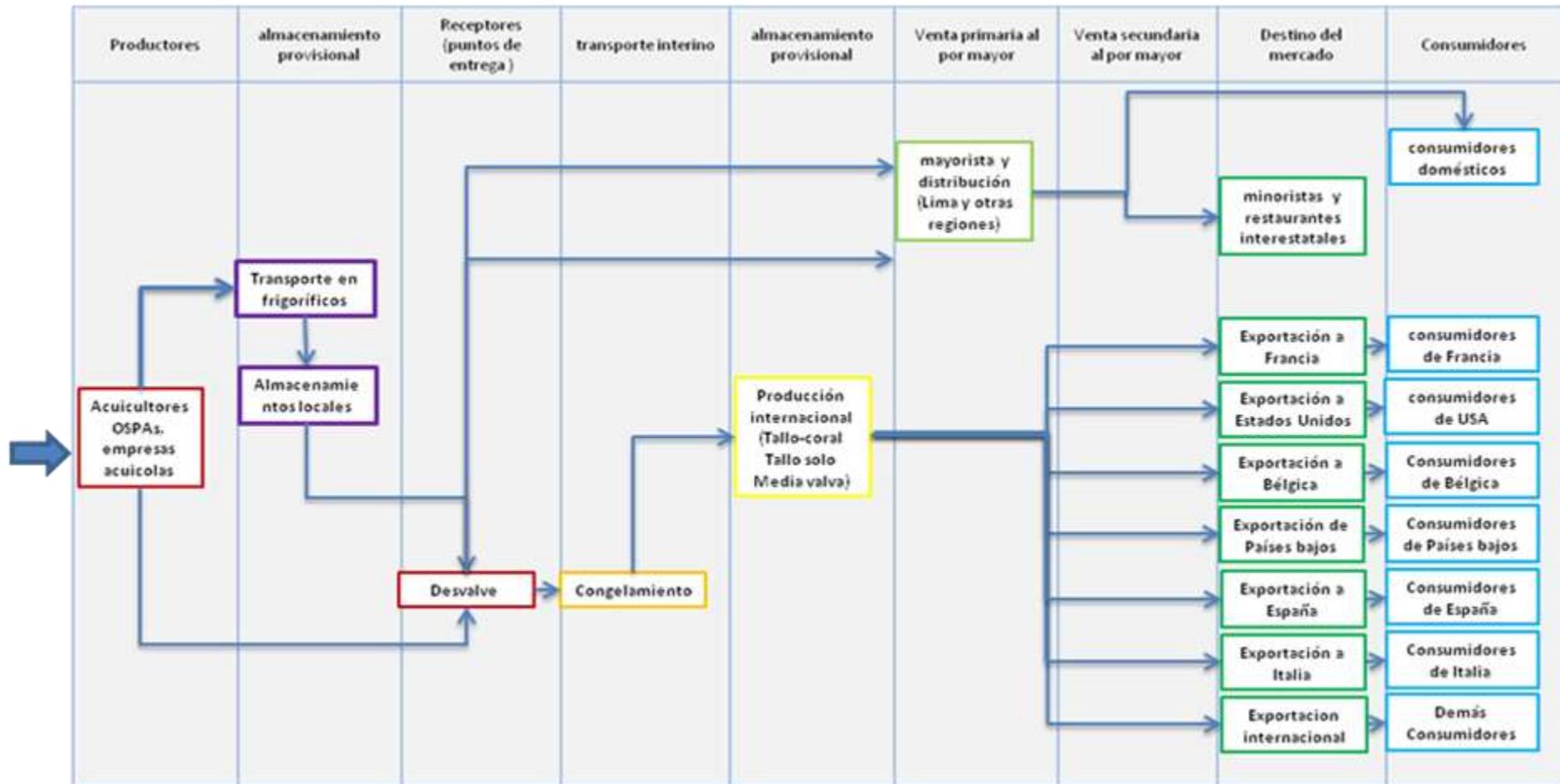


Figura 35. Diagrama de la cadena productiva de concha de abanico. Los colores indican cada etapa de la cadena productiva.

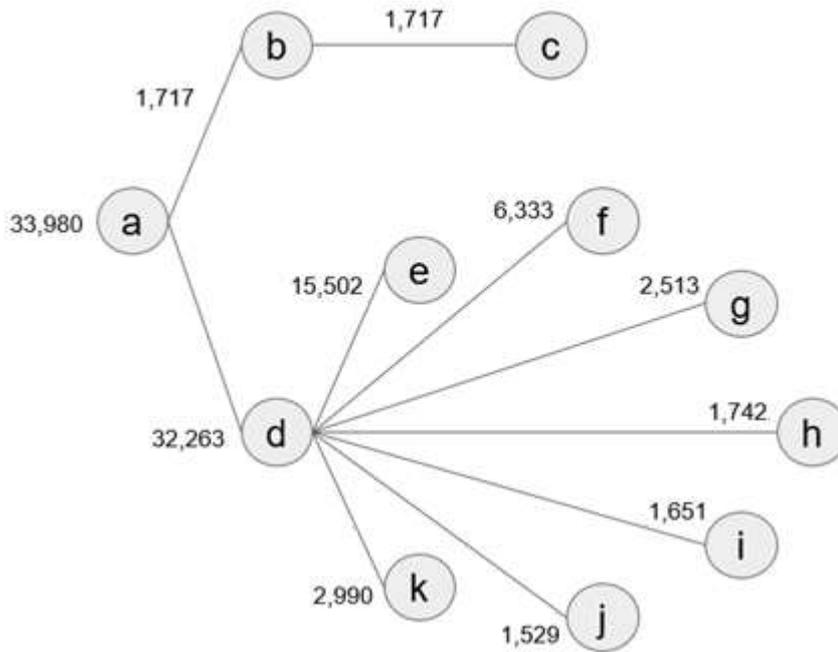


Figura 36. Cadena productiva simplificada de concha de abanico. a) Desvalve, b) Fresco, c) Uso Local, d) Congelado, e) Exportación a Francia, f) Exportación a Estados Unidos, g) Exportación a Bélgica, h) Exportación a Países Bajos, i) Exportación a España, j) Exportación a Italia y k) Exportación al Resto del mundo.

3.7. ÍNDICES DE RESILIENCIA DE CADENAS PRODUCTIVAS

A continuación, se presentan las matrices de los flujos de las CPA de langostino y concha de abanico (Tablas 29 a 32).

En la Tabla 11, se presentan los índices de las cadenas productivas de langostino y de concha de abanico.

Tabla 9. Matriz de flujos (t.año⁻¹) de los enlaces de la cadena productiva de langostinos

R	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	ñ	o	p
a																	
Procesamiento Secundario	570.13	18,434.19															
b																	
Uso Local																	
c																	
Congelado			4,516.38							13,917.81							
d																	
Entero				451.64	135.49	135.49	1,806.55	1,987.21									
e																	
Exportación a España																	
f																	
Exportación a Francia																	
g																	
Exportación a EEUU																	
h																	
Exportación a China																	
i																	

Exportación a								
Resto del mundo								
j								
Cola	3,618.63	417.53	417.53	6,541.37	417.53	695.89	1,809.32	
k								
Exportación a								
España								
l								
Exportación a								
Francia								
m								
Exportación a								
Italia								
n								
Exportación a								
EEUU								
o								
Exportación a								
Cánada								
p								
Exportación a								
Japon								
q								
Exportación a								
Resto del mundo								

Tabla 10. Índice de cadena de suministro (probabilidad) por nodo (SCIj) de la cadena de langostino

MATRIZ SCIj																	
R	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	ñ	o	p
a	0	0.0009	0.94093	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
b		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
c			0	0.05648	0	0	0	0	0	0.53635	0	0	0	0	0	0	0
d				0	0.00056	0.00005	0.00005	0.00904	0.01093	0	0	0	0	0	0	0	0
e					0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
f						0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
g							0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
h								0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
i									0	0	0	0	0	0	0	0	0
j										0	0.03626	0.000483	0.000483	0.11848	0.000483	0.00134	0.00906
k											0	0	0	0	0	0	0
l												0	0	0	0	0	0
m													0	0	0	0	0
n														0	0	0	0
ñ															0	0	0
o																0	0
p																	0
SUM	0	0.0009	0.94093	0.05648	0.00056	0.00005	0.00005	0.00904	0.01093	0.53635	0.03626	0.00048	0.00048	0.11848	0.00048	0.00134	0.00906
A																	

Tabla 11. Matriz de flujos (t.año⁻¹) de los enlaces de la cadena productiva de concha de abanico.

R	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k
a Desvalve		1,717		32,263							
b fresco			1,717								
c Uso local											
d congelado					15,502.372	6,333.227	2,513.288	1,742.202	1,651.9	1,529.27	2,990.780
e A Francia											
f A EEUU											
g A belgica											
h A p. bajos											
i A España											
j A italia											
k Al resto del mundo											

Tabla 12. Índice de cadena de suministro (probabilidad) por nodo (SCIj) de la cadena de concha de abanico

MATRIZ SCIj											
R	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k
a	0	0.0026	0	0.9015	0	0	0	0	0	0	0
b		0	0.0026	0	0	0	0	0	0	0	0
c			0	0	0	0	0	0	0	0	0
d				0	0.20814	0.03474	0.00547	0.00263	0.00236	0.00203	0.00775
e					0	0	0	0	0	0	0
f						0	0	0	0	0	0
g							0	0	0	0	0
h								0	0	0	0
i									0	0	0
j										0	0
k											0
SUMA	0	0.0026	0.0026	0.9015	0.20814	0.03474	0.00547	0.00263	0.00236	0.00203	0.00775

Tabla 13. Parámetros e índices de las cadenas productivas de Langostino y Concha de abanico.

	LANGOSTINO	CONCHA DE ABANICO
Nodos (n)	17	11
Enlaces (L)	16	10
Enlaces por nodo	0.941	0.909
Conectancia	0.055	0.083
Volumen de entrada	19004	33980
SCIT	1.7218	1.1697
SCI	0.1012	0.1063
RESILIENCIA	0.8987	0.8937
UNIFORMIDAD	0.0005	0.0011

Los índices de resiliencia de concha de abanico y langostino fueron altos, indicando una alta complejidad de las cadenas productivas, en cambio los índices de uniformidad fueron muy bajos para ambas especies, debido al gran flujo de exportaciones comparado con el mercado nacional en ambas cadenas productivas. El coeficiente de variabilidad de la producción de concha de abanico fue de 77.4 %, mientras que el coeficiente de variabilidad de la producción de langostino fue 70.5 % (fig. 40 y 41), esta variabilidad se usó para aplicar el método Montecarlo en la prueba de Wilcoxon-Mann-Whitney.

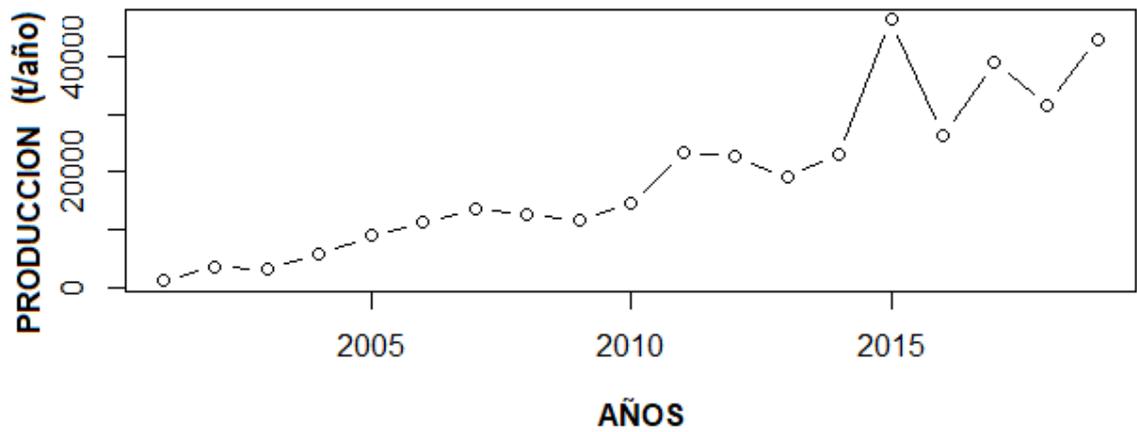


Figura 37. Serie de tiempo de producción (t) del langostino.

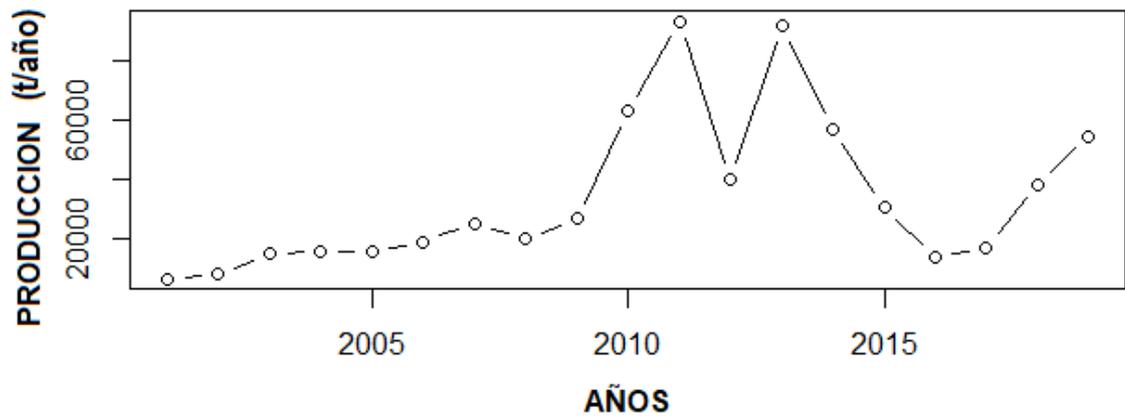


Figura 38. Serie de tiempo de producción (t) de concha de abanico.

La prueba de Wilcoxon-Mann-Whitney no encontró diferencias significativas en el índice de resiliencia (IR) ($p > 0.05$), ni en el índice de uniformidad (E_D) ($p > 0.05$) (Figs. 42 y 43) entre el langostino y la concha de abanico.

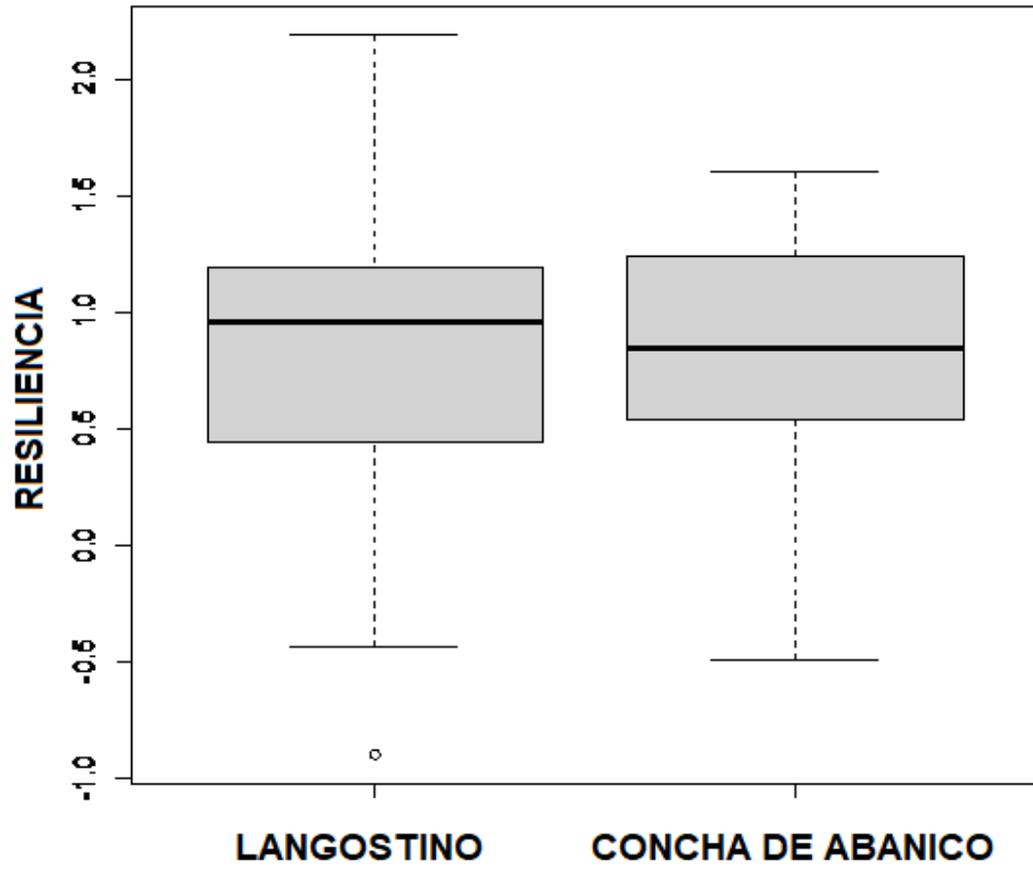


Figura 39. Diagrama de cajas del índice de resiliencia (IR).

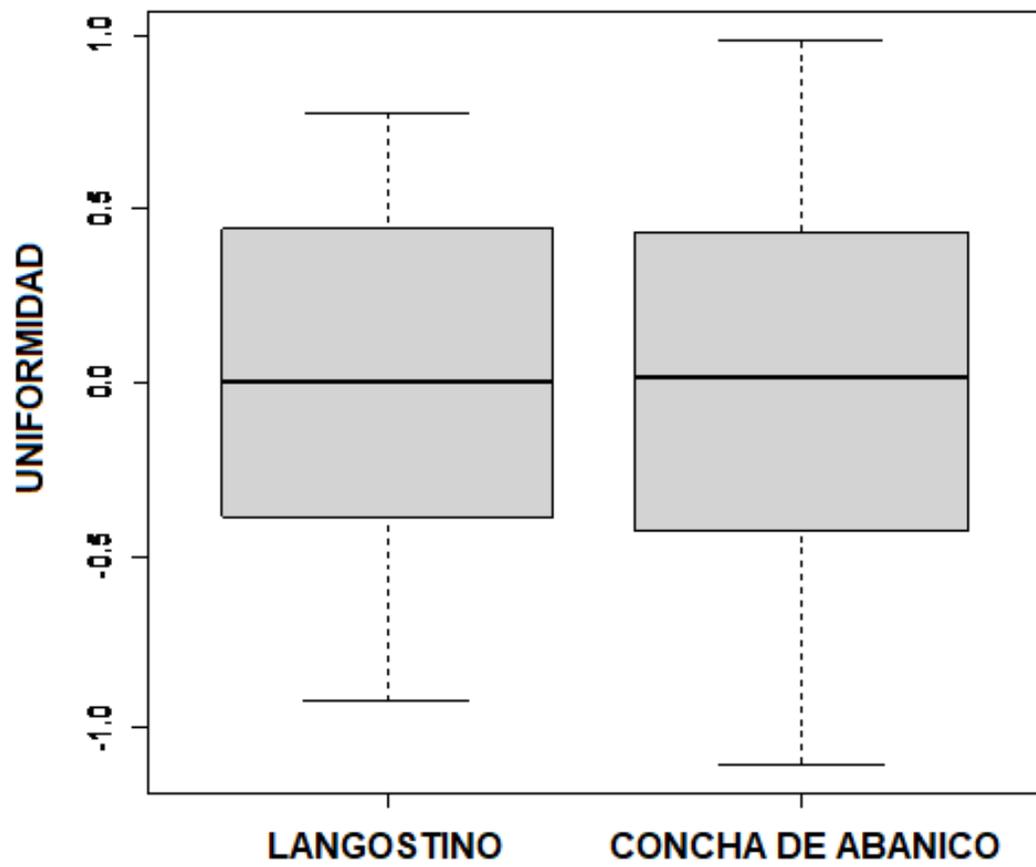


Figura 40. Diagrama de cajas del índice de uniformidad (E_D).

IV. DISCUSIÓN

4.1. COMPARACIÓN DE LA VULNERABILIDAD CLIMÁTICA ENTRE CADENAS PRODUCTIVAS INTENSIVAS Y EXTENSIVAS

En este estudio no se encontraron diferencias significativas en la vulnerabilidad climática entre cadenas productivas intensivas y extensivas, en parte debido al bajo tamaño de muestra que representan las cadenas productivas actuales. Sin embargo, se encontró una relación significativa entre la sensibilidad del Atributo 1 (Disponibilidad y acondicionamiento de reproductores), considerado un proxy de la “extensividad” y la vulnerabilidad climática, lo cual apoya parcialmente la primera hipótesis.

Por otro lado, hay que mencionar que en este estudio se han utilizado datos secundarios a nivel de lugares de cultivo; por lo que datos más específicos sobre indicadores como el gasto y la pobreza recopilados directamente de las personas que dependen de la acuicultura, darían un resultado más preciso. Islam *et al.* (2019) consideran que los indicadores usados para estimar la vulnerabilidad de la acuicultura pueden variar entre diferentes hábitats de cultivo y especies, lo que podría hacer que un lugar sea más o menos vulnerable a determinados impactos del cambio climático. También sugiere que la vulnerabilidad de la acuicultura varía de una región a otra en función de las diferentes exposiciones climáticas, la sensibilidad del sistema y la capacidad de adaptación.

Cabe señalar que aunque el cultivo de la concha de abanico se realiza en el mar y el langostino se realiza en tierra, generando diferencias en la dependencia ambiental

con un mayor control de parámetros en tierra, estas diferencias estarían incluidas en los puntajes de sensibilidad asignados por los expertos.

Se requieren investigaciones futuras para incluir otros atributos en la EVC, como parámetros fisiológicos de las especies acuícolas, o indicadores de capacidad adaptativa basados en plasticidad o variabilidad genética.

Estos resultados, también tienen implicancias en las diferencias latitudinales de la vulnerabilidad climática de las CPA. Los organismos de aguas cálidas que viven en el norte, generalmente tienen un metabolismo más acelerado, de tal manera que muestran un crecimiento rápido y alcanzan la madurez sexual prematuramente, resultando en un aumento rápido de la población, por lo que son más aptos para el desarrollo de tecnologías de cultivo de las especies (Obregón *et al.* 2006).

Tabla N° 14. OSPAS registradas en el directorio de infraestructuras pesqueras artesanales del ministerio de la producción

DEPARTAMENTO	N° OSPAS
TUMBES	3
PIURA	9
LA LIBERTAD	3
ANCASH	4
LIMA	5
CALLAO	2
ICA	6
AREQUIPA	6
MOQUEGUA	1
TACNA	2
LORETO	1

Por otro lado, la acuicultura no sólo depende de la especie, sino también de la población, la organización y la facilidad de la adquisición de tecnología. Las organizaciones autorizadas para el cultivo y repoblamiento de especies marinas en su mayoría son manejadas por las Organizaciones de pescadores artesanales – OSPAS (Guerrero 2014). Como en el norte del Perú existe una mayor cantidad de OSPAS (Tabla 13), es de suponer que existe una mayor organización, lo cual contribuye a una reducción de la vulnerabilidad climática.

4.2. COMPARACIÓN DE LA RESILIENCIA CLIMÁTICA DE CADENAS PRODUCTIVAS ENTRE LANGOSTINO Y CONCHA DE ABANICO

No se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p > 0.05$) en los índices de resiliencia y uniformidad entre las cadenas productivas de langostino y concha de abanico. Cabe señalar, que el valor del Índice de Resiliencia (IR) de la cadena productiva de langostino fue ligeramente mayor que la de concha de abanico (IR langostino = 0.8987, IR concha de abanico = 0.8937), ya que el langostino presentó un mayor número de nodos; sin embargo la concha de abanico presentó una distribución de flujos que salen del primer nodo más equitativa (1.0:18.7) comparado al langostino (1.0:32.3), lo cual concuerda con un valor del Índice de Uniformidad (E_D) ligeramente mayor en la concha de abanico (E_D langostino = 0.0005, E_D concha de abanico = 0.0012).

Por otro lado, la comparación de la distribución del SCIj en las diferentes etapas de la cadena sugiere diferencias entre las cadenas de productivas. Por ejemplo, los

elementos clave para la cadena de suministro de langostino están fuertemente sesgados hacia el uso local y el resto del mundo, mientras que los de la concha de abanico están sesgados hacia el congelado y la exportación principalmente a Francia.

Las cadenas productivas de otras industrias, como pesquería (IR = 0.952), agricultura (IR = 0.855) y minería (IR = 0.79) (Lim-Camacho *et al.*, 2017), presentan Índices de Resiliencia comparables a las CPA de langostino (IR = 0.899) y concha de abanico (IR = 0.894) del presente trabajo.

Este tipo de análisis nos da información clave sobre la estructura de las cadenas y sus elementos clave (Plaganyi *et al.* 2014), por lo que para aumentar la resiliencia de las cadenas productivas es necesario fortalecer y aumentar elementos (nodos) y nuevas vías (enlaces).

Finalmente, en vista de que para la concha de abanico y el langostino se tuvo la oportunidad de realizar la EVC y la ERC, se logró un análisis holístico de estas CPA evaluando no sólo los atributos del cultivo de las especies, sino también la estructura de las cadenas productivas.

La EVC mostró que la concha de abanico en Sechura y Paracas presenta un puntaje alto de vulnerabilidad climática mientras el langostino presentó un puntaje bajo de vulnerabilidad; por otro lado, la ERC no mostró diferencias significativas en los índices de resiliencia, por lo tanto, la alta vulnerabilidad de la concha de abanico es compensada por su alto índice de resiliencia.

4.3. MEDIDAS DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO RECOMENDADAS PARA LAS CADENAS PRODUCTIVAS

Con el fin de reducir la vulnerabilidad y aumentar la resiliencia al cambio climático de las CPA, a continuación, presentamos algunas medidas de adaptación, las cuales deben implementarse lo más pronto posible para reducir el riesgo futuro de las cadenas productivas, en vista del acelerado calentamiento global evidenciado en los últimos años.

- Implementar conocimientos tecnológicos transferidos en la cadena productiva de especies acuícolas ante los peligros asociados al cambio climático. Esta medida se encuentra en el Plan Nacional de Adaptación del Perú (MINAM 2021), para el Sector Pesquero y Acuícola (PAC 18) y permitirá transferir tecnología a aquellos lugares donde el desarrollo tecnológico es menor, como el sur del Perú. En el sector empresarial acuícola de la concha de abanico y langostino, no se ha invertido en desarrollo tecnológico a pesar de su expansión histórica, por lo que se recomienda que las empresas inviertan un porcentaje de sus ganancias en investigación tecnológica.
- Diversificar las CPA ivas con productos de valor agregado, así como con variedad de clientes y mercados, con el fin de aumentar la resiliencia de las cadenas productivas.

- Fortalecer de capacidades en buenas prácticas ambientales ante los peligros asociados al cambio climático. Esta medida se encuentra en el Plan Nacional de Adaptación del Perú (MINAM 2021), para el Sector Pesquero y Acuícola (PAC 15), y contribuirá a reducir la sensibilidad del “Atributo 9. Engorde: enfermedades y plagas”, ya que mejorará las capacidades de los acuicultores en el uso de buenas prácticas ambientales que permitan reducir la presión antrópica e incrementar la capacidad adaptativa de los sistemas acuícolas para hacer frente a los impactos exacerbados por el cambio climático.
- Fortalecer capacidades en el diseño e implementación de planes de contingencia para la prevención y respuesta ante eventos climáticos extremos asociados al cambio climático en la acuicultura. Esta medida se encuentra en el Plan Nacional de Adaptación del Perú (MINAM 2021), para el Sector Pesquero y Acuícola (PAC 17), y contribuirá a reducir la sensibilidad del “Atributo 8. Engorde: operaciones en granjas de cultivo”, ya que fortalece las capacidades de los acuicultores para que implementen acciones de preparación y respuesta ante la ocurrencia de eventos climáticos extremos que podrían afectar a la infraestructura acuícola.
- Gestionar del riesgo actual y futuro asociado al cambio climático en la evaluación de áreas para acuicultura. Esta medida se encuentra en el Plan Nacional de Adaptación del Perú (MINAM 2021), para el Sector Pesquero y Acuícola (PAC 16), y contribuirá a reducir la sensibilidad del “Atributo 6. Engorde: disponibilidad de sistemas y

sitios de cultivo alternativo”, ya que se orienta a implementar acciones que permitan la evaluación de los riesgos asociados al cambio climático en los recursos hídricos y en los ambientes acuáticos en los procesos de evaluación, determinación y selección de las áreas viables de la actividad acuícola. De esta forma, la ubicación de la infraestructura acuícola no se encontrará expuesta, ni vulnerable ante la ocurrencia de peligros asociados al cambio climático.

- Respetar la capacidad de carga de la especie cultivada en el cuerpo de agua cultivado y una normativa que reglamenta la capacidad, considerando la carga y los nutrientes dado el aumento de la eutrofización y estratificación y la mortalidad de las poblaciones cultivadas a consecuencia de los fenómenos de afloramiento agotaría el oxígeno (Silva y Soto, 2009), por lo tanto, esta medida contribuirá a reducir la sensibilidad del “Atributo 5. Adultos: conectividad con el ambiente natural”.
- Cultivar especies de bajo nivel trófico, ante la escasez futura de alimentos, no sólo para consumo humano, sino también para producción de alimentos balanceados para el cultivo de peces, en especial la producción de harina y aceite de pescado que es un insumo importante para la producción de este alimento, por lo que sugiere mejorar la tecnología de producción de piensos y adoptar cultivos no carnívoros o de bajo nivel trófico (Silva y Soto, 2009),

por lo tanto esta medida contribuirá a reducir la sensibilidad del “Atributo 7. Adultos: alimentación”.

- Se recomienda como medida de adaptación cultivos multitrofos, para reducir el impacto ambiental y aumentar las ganancias al diversificar las especies, lo que aumentaría la complejidad y la resiliencia al cambio climático de la cadena productiva, por ejemplo como los cultivos multitróficos de concha de abanico y macroalgas (Isla et al., 2020; Naspirán-Joja et al., 2022).

V. CONCLUSIONES

5.1. CONCLUSIONES

- No se encontró diferencia significativa en la vulnerabilidad climática entre CPA intensivas y extensivas ($p > 0.05$), sin embargo, se encontró una pendiente positiva significativa ($p < 0.00$, $R^2 = 0.820$) entre la vulnerabilidad climática y la sensibilidad del Atributo 1 (Disponibilidad y acondicionamiento de reproductores), considerado un proxy del concepto de “extensividad”, lo que apoya parcialmente la primera hipótesis.
- No se encontraron diferencias significativas en los índices de resiliencia ($p > 0.05$) y uniformidad ($p > 0.05$) entre las cadenas productivas de concha de abanico y langostino, lo cual no apoya la segunda hipótesis.
- El ranking de vulnerabilidad de las especies mostró que la especie acuícola más vulnerable fue la concha de abanico y la menos vulnerable fue la chita en Lima. Las especies macha, cabrilla, sargazo y erizo presentaron una vulnerabilidad media y el langostino una vulnerabilidad baja.
- La mayoría de las especies (excepto el langostino, la concha de abanico y la ostra del Pacífico) tuvieron una alta sensibilidad en el atributo 9 (Adultos: Enfermedades y plagas), debido a que las especies presentan problemas de enfermedades y plagas que podrían acentuarse con el cambio climático, como es el caso del yuyo. Además, en algunos casos (cabrilla, corvina y

erizo) se asignó el mayor puntaje de sensibilidad a especies no documentadas.

- En la mayoría de especies, el atributo 9 (Adultos: Enfermedades y plagas) en promedio obtuvo una puntuación de alto impacto, debido a la influencia de la variación de la temperatura sobre las enfermedades y plagas en todas las especies. También hubo un alto puntaje de impacto en los atributos 5 (Adultos: Conectividad con el medio ambiental) y 8 (Adultos: Operaciones en granjas de cultivo con alto impacto), probablemente debido a que muchos de los cultivos marinos presentan una gran dependencia con el ambiente natural, siendo más costoso desarrollar un cultivo cerrado, lo que a su vez generará que las operaciones en el cultivo sean más difíciles.

5.2. RECOMENDACIONES

Para futuras investigaciones y aplicaciones de las evaluaciones de vulnerabilidad de CPA se recomienda:

- Promocionar las CPA de especies menos vulnerables, e implementar medidas de adaptación de CPA de las especies más vulnerables al cambio climático.
- Evaluar la calidad de datos para un mejor entendimiento del puntaje.
- Aumentar la cantidad de expertos (acuicultores, productores, etc.) para la asignación de puntajes en la EVC y calcular el coeficiente de variabilidad entre expertos.

- Investigar las brechas de conocimiento, principalmente en los atributos de “Enfermedades y plagas en el cultivo y “Alimentación de adultos”.
- Explorar la inclusión de variables fisiológicas en la metodología de EVC (*e.g.* tolerancia a la hipoxia, en el caso de la concha de abanico).
- Incluir ponderaciones diferenciales en los atributos.
- Incluir información de proyecciones de escenarios de cambio climático futuro, en el puntaje de impacto en la metodología de EVC, esto permitiría evaluar mejor las diferencias entre ecosistemas tropicales y templados
- Calcular índices dinámicos (*e.g.* continuidad de la oferta y resiliencia climática) para la ERC de las cadenas productivas.
- Realizar análisis de incertidumbre en las EVC y ERC.
- Desarrollar índices que tomen en cuenta la topología de la cadena, permitiendo varios flujos de entrada en el nodo inicial, en la metodología de ERC. Por ejemplo, la concha de abanico muestra un flujo de ingreso que es representado por un solo nodo, pero en realidad es la producción de dos lugares de cultivo (Sechura y Paracas), mientras el langostino sólo presenta un lugar de cultivo (Tumbes), por lo que la cadena productiva de concha de abanico debería ser más resiliente al aumentar la cantidad de nodos de ingreso en la cadena productiva, es decir con la diversificación de la producción.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Allison, E. H., Perry, A. L., Badjeck, M. C., Neil Adger, W., Brown, K., Conway, D. & Dulvy, N. K. (2009). Vulnerability of national economies to the impacts of climate change on fisheries. *Fish and fisheries*, 10(2), 173-196.
- Bautista, F., & Gómez, E. (2007). Una exploración de robustez de tres pruebas: dos de permutación y la de Mann-Whitney. *Revista Colombiana de Estadística*, 30(2), 177-185.
- Bell, J. D., Ganachaud, A., Gehrke, P. C., Griffiths, S. P., Hobday, A. J., Hoegh-Guldberg, O. (2013). Mixed responses of tropical Pacific fisheries and aquaculture to climate change. *Nature Climate Change*, 3(6), 591-599.
- Brander, K. M. (2007). Global fish production and climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(50), 19709-19714.
- Bueno-Pardo, J., Nobre, D., Monteiro, J.N., Sousa, P.M., Costa, E.F.S, Baptista, V., Ovelheiro, A., et al. 2021. Climate change vulnerability assessment of the main marine commercial fish and invertebrates of Portugal. *Scientific Reports*, 11: 2958. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-82595-5>
- Caetano, E., Innocentini, V., Maga, V., Martins, S., Méndez, B., Botello, A. V., ... & Rojas-Galaviz, J. L. (2011). Cambio climático y el aumento del nivel del mar. Vulnerabilidad de las zonas costeras mexicanas ante el cambio climático (segunda edición): México, Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, UNAM-ICMyL, Universidad Autónoma de Campeche, 283-304.
- Casini, M., Hjelm, J., Molinero, J. C., Lövgren, J., Cardinale, M., Bartolino, V., ... & Kornilovs, G. (2009). Trophic cascades promote threshold-like shifts in

- pelagic marine ecosystems. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(1), 197-202.
- Cochrane, K., De Young, C., Soto, D., & Bahri, T. (2009). Climate change implications for fisheries and aquaculture. *FAO Fisheries and aquaculture technical paper*, 530, 212.
- Crozier, L. G., McClure, M. M., Beechie, T., Bograd, S. J., Boughton, D. A., Carr, M., ... & Willis-Norton, E. (2019). Climate vulnerability assessment for Pacific salmon and steelhead in the California Current Large Marine Ecosystem. *PloS one*, 14(7), e0217711.
- De Silva SS (2012) Climate change impacts: challenges for aquaculture. In: Subasinghe RP, Arthur JR, Bartley DM, De Silva SS and others (eds) *Farming the waters for people and food. Proceedings of the Global Conference on Aquaculture 2010*. FAO, Rome and NACA, Bangkok, p 75–110.
- Doubleday, Z. A., Clarke, S. M., Li, X., Pecl, G. T., Ward, T. M., Battaglione, S., ... & Jennings, S. M. (2013). Assessing the risk of climate change to aquaculture: a case study from south-east Australia. *Aquaculture Environment Interactions*, 3(2), 163-175.
- FAO 1978. ADCP/REP/78/6 - Programa para la Formación de Acuicultores en el Centro Regional Latinoamericano de Acuicultura. Pirassununga. Estado de São Paulo, Brasil.
- FAO. Departamento de Pesca y Acuicultura (2005). *National Aquaculture Sector Overview. Visión general del sector acuícola nacional – Perú*.
- Gay, C., Estrada, F., Conde, C., & Bravo, J. L. (2006). Uso de Métodos de Monte Carlo para la Evaluación de la vulnerabilidad y riesgo en condiciones actuales

y bajo cambio climático. In Submitted to V Congreso de la Asociación Española de la Climatología.

Gianelli, I., Orlando, L., Cardoso, L.G., Carranza, A., Celentano, E., Correa, P., de la Rosa, A., et al. 2023. Sensitivity of fishery resources to climate change in the warm-temperate Southwest Atlantic Ocean. *Regional Environmental Change*, 23: 49. <https://doi.org/10.1007/s10113-023-02049-8> cadenas

Guerrero, P. M. B., León, J. P., & Valdivia, L. M. (2014). Producción, comercialización y perspectivas de desarrollo de la acuicultura peruana. *Científica*, 11(2).

Handisyde, N. T., Ross, L. G., Badjeck, M. C., & Allison, E. H. (2006). The effects of climate change on world aquaculture: a global perspective. Aquaculture and Fish Genetics Research Programme, Stirling Institute of Aquaculture. Final Technical Report, DFID - Department for International Development, Stirling Institute of Aquaculture, Stirling. 151pp.

Hare, J. A., Morrison, W. E., Nelson, M. W., Stachura, M. M., Teeters, E. J., Griffis, R. B., ... & Griswold, C. A. (2016). A vulnerability assessment of fish and invertebrates to climate change on the Northeast US Continental Shelf. *PLoS one*, 11(2).

Hobday AJ, Smith ADM, Stobutzki I, Bulman C, Daley R, Dambacher J, Deng R, Dowdney J, Fuller M, Furlani D, Griffiths SP, Johnson D, Kenyon R, Knuckey IA, Ling SD, Pitcher R, Sainsbury KJ, Sporcic M, Smith T, Walker T, Wayte S, Webb H, Williams A, Wise BS, Zhou S (2011) Ecological risk assessment for the effects of fishing. *Fish Res* 108:372–384. doi:10.1016/j.fishres.2011.01.013

- Hobday, A. J., Poloczanska, E. S., & Matear, R. J. (2008). Implications of climate change for Australian fisheries and aquaculture: a preliminary assessment. Department of Climate Change, Commonwealth of Australia.
- Ibanez-Erquiaga, B., Pacheco, A. S., Rivadeneira, M. M., & Tejada, C. L. (2018). Biogeographical zonation of rocky intertidal communities along the coast of Peru (3.5–13.5 S Southeast Pacific). *PLoS One*, 13(11), e0208244.
- IMARPE (2018). Plan Operativo institucional (POI) 2018.
- Islam, M. M., Barman, A., Kundu, G. K., Kabir, M. A., & Paul, B. (2019). Vulnerability of inland and coastal aquaculture to climate change: Evidence from a developing country. *Aquaculture and Fisheries*, 4(5), 183-189.
- Joffre, O. M., Poortvliet, P. M., & Klerkx, L. (2019). To cluster or not to cluster farmers? Influences on network interactions, risk perceptions, and adoption of aquaculture practices. *Agricultural systems*, 173, 151-160.
- Lim-Camacho, L., Plagányi, É. E., Crimp, S., Hodgkinson, J. H., Hobday, A. J., Howden, S. M., & Loechel, B. (2017). Complex resource supply chains display higher resilience to simulated climate shocks. *Global Environmental Change*, 46, 126-138.
- McHenry, J., Welch, H., Lester, S. E., & Saba, V. (2019). Projecting marine species range shifts from only temperature can mask climate vulnerability. *Global Change Biology*, 25(12), 4208-4221.
- Merino, G., Barange, M., Blanchard, J. L., Harle, J., Holmes, R., Allen, I. (2012). Can marine fisheries and aquaculture meet fish demand from a growing human population in a changing climate?. *Global Environmental Change*, 22(4), 795-806.

- Mimura, N. (2013). Sea-level rise caused by climate change and its implications for society. *Proceedings of the Japan Academy, Series B*, 89(7), 281-301.
- Ministerio del Ambiente (2021). Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático del Perú: un insumo para la actualización de la Estrategia Nacional ante el Cambio Climático. Junio de 2021. Gobierno del Perú
- NOAA. Link, J. S., Griffis, R. B., & Busch, D. S. (2015). NOAA fisheries climate science strategy.
- Obregón, D. A. A. (2006). Limnología aplicada a la acuicultura. *REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria*, 7(11), 1-24.
- Ocaña, F. A., & Pech, D. (2018). Marco metodológico para evaluar la vulnerabilidad del bentos ante múltiples presiones en la región del Gran Caribe. *Adaptación basada en Ecosistemas: alternativa para la gestión sostenible de los recursos marinos y costeros del Caribe*, 122.
- Olmos, E., Ávila, M. E. G., & Loera, M. R. C. (2013). Percepción de la población frente al cambio climático en áreas naturales protegidas de Baja California Sur, México. *POLIS, Revista Latinoamericana*, 12(35), 1-17.
- Pacifici, M., Foden, W. B., Visconti, P., Watson, J. E., Butchart, S. H., Kovacs, K. M., ... & Corlett, R. T. (2015). Assessing species vulnerability to climate change. *Nature climate change*, 5(3), 215-224.
- Pecl, G. T., Ward, T. M., Doubleday, Z. A., Clarke, S., Day, J., Dixon, C., ... & Jennings, S. (2014). Rapid assessment of fisheries species sensitivity to climate change. *Climatic Change*, 127(3-4), 505-520.

- Pecl, G., Ward, T., Doubleday, Z., Clarke, S., Day, J., Dixon, C., ... & Jennings, S. (2011). Risk Assessment of Impacts of Climate Change for Key Marine Species in South Eastern Australia. Part 2: Species profiles.
- Plagányi, É., Van Putten, I., Thebaud, O., Hobday, A. J., Innes, J., Lim-Camacho, L. & Frusher, S. (2014). A quantitative metric to identify critical elements within seafood supply networks. *PloS one*, 9(3).
- PRODUCE (2009). Plan Nacional de Desarrollo Acuícola 2010-2021. Lima.
- PRODUCE-IMARPE-MINAM (2019) Resultados y lecciones aprendidas. Proyecto de adaptación al cambio climático del sector pesquero y el ecosistema marino costero del Perú. Recuperado el 20 de enero del 2020. Disponible en:<http://adaptccmar.gob.pe/transversalizacion/>
- Quinlan, R., Douglas, M. S., & Smol, J. P. (2005). Food web changes in arctic ecosystems related to climate warming. *Global Change Biology*, 11(8), 1381-1386.
- Ramos, J. (2017). S4 Supporting information. Climate exposure 19 pp.
- Ramos, J., Tam, J., Aramayo, V., Briceño, F. A., Bandin, R., Buitron, B., ... & Pecl, G. T. (2022). Climate vulnerability assessment of key fishery resources in the Northern Humboldt Current System. *Scientific reports*, 12(1), 1-16.
- Ramos, R., Gama, L. M., Núñez, J. C., Sánchez Hernández, Rufo, Hernández Trejo, Humberto, & Ruíz Álvarez, Osías. (2016). Adaptación del modelo de vulnerabilidad costera en el litoral tabasqueño ante el cambio climático. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 7(spe13), 2551-256.
- Robert . 2010 . Introducing Monte Carlo Methods with R

Salas-de-León D. A., A. Monreal-Gomez, D. Salas-Monreal, M. L. Riveron-Enzastiga, y N. L. Sanchez-Santillan, 2006. Inter-annual sea level variability in the southern Gulf of Mexico (1966-1976). *Geophysical Research Letters*, 33, n.8, L08610.1-L08610.4.

SANIPES (2016). Plan estratégico institucional

Sherman, K., & Duda, A. M. (1999). An ecosystem approach to global assessment and management of coastal waters. *Marine Ecology Progress Series*, 190, 271-287.

Spalding, M. D., Fox, H. E., Allen, G. R., Davidson, N., Ferdaña, Z. A., Finlayson, M. A. X., ... & Martin, K. D. (2007). Marine ecoregions of the world: a bioregionalization of coastal and shelf areas. *BioScience*, 57(7), 573-583.

Sweetman, A. K., Thurber, A. R., Smith, C. R., Levin, L. A., Mora, C., Wei, C. L., ... & Roberts, J. M. (2017). Major impacts of climate change on deep-sea benthic ecosystems. *Elementa: Science of the Anthropocene*, 5.

VII. ANEXOS

A1. Perfiles de especies acuícolas marinas

1. PERFILES DE CRUSTÁCEOS Y MOLUSCOS

1.1. LANGOSTINO (*Penaeus vannamei*)

1.1.1. Características generales

El langostino se encuentra distribuida desde el norte de México (28°N, 112°W) hasta el norte del Perú (5°S, 83°W) (Briggs, 2006) *P. vannamei* vive en hábitats marinos tropicales, en áreas donde las temperaturas son mayor a 20 ° C durante todo el año, viven tanto en la costa como en mar abierto. Las larvas y juveniles habitan estuarios como zonas costeras, mientras que los adultos se van al mar abierto a madurar y desovar (Wyban y Sweeney, 1991; Brock, 1992; Van Thuong, 2016).

El cultivo de camarón comenzó a fines de la década de 1970 en Perú (Mailhe *et al.* 2013) y se ubica principalmente en las regiones de Tumbes y Piura. La estructura organizativa de la industria comprende granjas corporativas grandes, pequeñas empresas y empresas familiares (Nolte, 2015). La acuicultura de camarón se ha desarrollado principalmente en manglares y cerca de la costa utilizando agua de mar. Usa como unidad de cultivo el estanque, preparándolo con revestimientos de plástico, techos y sistemas que mejoran la saturación de oxígeno (Evans y Tveteras,

2011). En Perú se ha registrado tres sistemas de producción: extensivo (tradicional), semi-intensivo e intensivo (Ruiz, 2012; Nolte, 2015).

1.1.2. Reproductores, fertilización y desove

El tiempo de vida de *P. vanamei* es entre 1.5 a 2 años (Brook y Mass, 1992). Cuando los adultos alcanzan un peso entre 30 y 45 g liberan los gametos (FAO 2015). Las hembras liberan entre 100 000–250 000 huevos de aproximadamente 0.22 mm de diámetro, los cuales son fertilizados en el agua por el esperma liberado por los machos (Brook y Mass, 1992). La eclosión ocurre aproximadamente 16 horas después del desove y la fertilización (Briggs, 2006).

Muchas especies del género *Penaeus* maduran y se reproducen en agua de mar abierta. Para incubar las larvas, migran a los sistemas de lagunas costeras y de estuarios para su metamorfosis en postlarvas y crecimiento rápido. Durante su ciclo de vida, los camarones suelen estar expuestos a diferentes combinaciones de temperatura y salinidad (Díaz F, 2001)

1.1.3. Cultivo de larvas y juveniles

Durante el estadio de nauplio (5 etapas) las larvas se alimentan de sus reservas de yema, el estadio de zoea (3 etapas) se alimentan de fitoplacton, el estadio mysis (3 etapas) se alimentan de zooplacton y las postlarvas (morfológicamente parecido a un adulto) es omnívoro. Las postlarvas migran hacia la costa, se vuelven bentónicas

(Briggs, 2006) y desarrollan en juveniles, luego regresan al mar para madurar y reproducirse (Bray, 1992; Sánchez, 1997).

En el año 1988 se registró que hasta esa época la recolección de semilla eran traídos de esteros y playas extraídas mediante pequeñas redes de arrastre de malla fina, durante periodos de abundancia de la especie, estas fechas de abundancia condicionaban la fecha de siembra en los estanques de cultivo, aunque se registra que hubo caídas en la producción de semilla causada por su venta ilegal a Ecuador.

Entre 1990 y 1998, se desarrolló el sistema semi-intensivo y se utilizaron mayores áreas de langostineras, por lo que se desarrollaron laboratorios de producción de semilla de *P. vannamei* en Tumbes, sin embargo, el evento climático El Niño 1997-98 por sus intensas lluvias destruyó la infraestructura de las langostineras y fue la causa del cierre de los laboratorios de semilla de langostino. Para el año 1999 apareció la mancha blanca en el Perú, es cuando los nuevos cultivos y programas piloto se mantuvieron con la importación de semilla de Colombia y manejo de la semilla libre del virus de la mancha blanca (WSSV). En el 2004 se prohibió la extracción de post larvas y de langostinos en playas y canales de marea de las Regiones de Tumbes y Piura, por lo que se tuvo que importar semilla de Ecuador. Lo que actualmente permanece en la mayoría de los centros acuícolas.

1.1.4. Cultivo de adultos

El cultivo de adultos se puede realizar por varios sistemas, el sistema extensivo es un método de producción tradicional en el que se utilizan estanques de grandes

dimensiones (entre 15 a 20 ha) sin sistema de oxigenación; estos estanques tienen una densidad de inicial de camarones de 2 a 6 post larvas m⁻². La inversión es baja (~ USD \$ 15.000 ha⁻¹) para el rendimiento promedio por cada cosecha (~ 1,5 toneladas ha⁻¹). En el caso de querer manejar mayores densidades de cultivo (15-20 post larvas m⁻²), el sistema usado es el semi-intensivo en donde se pueden usar tanques de volúmenes pequeños (1-5 ha) para tal densidad aumentando mejoras en el sistema de oxigenación, calidad del alimento y reposición diaria de agua (30-40% de cambio al día). Hay que tener en cuenta que este sistema requiere una mayor inversión (~ USD \$ 80.000 ha⁻¹) obteniendo rendimientos promedio de alrededor de 7 toneladas ha⁻¹ cosecha⁻¹. Por último, el sistema intensivo mayor tecnología, como revestimientos para el fondo del estanque, sistemas de oxigenación intensiva, recambio diario de agua del 40%, el tamaño del estanque es pequeño (<1 hectárea) y la densidad de población es de hasta 250 post larvas por m⁻². La inversión para este sistema es alta (USD \$ 160.000 ha⁻¹) y los rendimientos promedio son de 30 toneladas por ha⁻¹ cosecha⁻¹. (Ruiz, 2012; Nolte, 2015).

Actualmente el cultivo de esta especie se realiza mayormente en sistemas intensivos, luego de que la enfermedad de la mancha blanca impactara fuertemente la industria durante 1999. Es por ello que ahora se implementan medidas de bioseguridad. Se utilizan larvas certificadas libres de virus, sistemas de oxigenación y reposición lenta de agua para evitar otro brote de enfermedades. El área total de cultivo de camarón en Perú es de alrededor de 6.000 ha (Nolte, 2015). La cosecha de camarón acuícola aumentó de 8,300 toneladas en 2005 a 22,200 toneladas en 2015, con una cosecha anual promedio de 15,000 toneladas Estados Unidos de

América es el principal mercado del camarón peruano, seguido de España, Francia y otros países europeos (Ruiz, 2012).

El principal problema como se ha mencionado es la enfermedad de la mancha blanca, principalmente en cultivos intensivos y la carencia de semillas para la producción las cuales en su mayor parte son abastecidas por pescadores o son importadas. Los eventos que causan variabilidad climática como fue el caso del niño 1997 - 1998 que destruyó los laboratorios, además de enfermedades como la mancha blanca, que afectaron la obtención de semilla la cual es importada en su mayoría en la actualidad.

En cuanto al uso de agua para el cultivo en tumbes el principal factor que favorece la actividad langostinera son la cercanía del ecosistema del manglar mediante (1) La captación del agua de los esteros: Las empresas langostineras aprovechan el agua salobre del manglar para el cultivo del langostino; aunque, en la actualidad algunas empresas utilizan de forma adicional aireadores para oxigenar el agua y mejorar su producción de cosecha. (2) Uso del canal de los esteros: las empresas langostineras drenan las aguas de los afluentes de las pozas a los canales naturales del ecosistema manglar. Algunas empresas ya han implementado canales artificiales (Céspedes, L., 2019)

2. CONCHA DE ABANICO (*Argopecten purppuratus*)

2.1. Características generales

La concha de abanico encuentra distribuido desde Paita, Perú hasta Valparaíso, Chile (IMARPE, 2008). *A. purpuratus* vive en áreas protegidas con conchas, fondos rocosos, arenosos, fangosos y limosos, o con algas. Batimétricamente se distribuye de 3 a 60 m de profundidad, aunque los bancos naturales ocurren principalmente entre 10 y 20 m de profundidad (Bermudez-Corcuera, 2004). Los bivalvos adultos no parecen moverse grandes distancias, por ejemplo, los adultos *Pecten novaezealandiae* en Nueva Zelanda se mueven aproximadamente 2 metros por mes (Twist et al., 2016). Es una especie filtradora de fitoplancton (Bermúdez-Corcuera, 2004).

La cosecha de abanico presenta una producción variable, desde 2005 hasta el 2009, la cosecha anual estuvo por debajo de las 19.000 toneladas. Desde 2010 hasta 2015, las cosechas máximas fueron de 58,100 toneladas en 2010, aproximadamente 67,700 toneladas en 2013 y 55,100 toneladas en 2014 (Fig.2.). En 2013, la producción de vieiras representó el 56% de la producción acuícola total en Perú. Piura comprende el 80% de la producción acuícola de vieira, seguida de Ancash, Ica y Lima (Mendo *et al.*, 2016).

Los primeros estudios sobre producción de esporas en un laboratorio comenzaron en 1978 en Perú y fueron realizados por el IMARPE. La producción masiva de semillas comenzó en 1987 en el laboratorio costero de pisco en Santo Domingo con una capacidad de producción de 60 millones de post-larvas por año (Benites, 1987). Este criadero dejó de producir en 1995 por razones técnicas y económicas y en 1989

se construyó otro criadero en la bahía de Huayuna (cerca de Casma), a 400 km al norte de Lima. En los últimos años se han instalado varios hatcherys en el norte del Perú, principalmente en Piura (Uriarte *et al*, 2001).

1.2.2. Reproductores, fertilización y desove

A. purpuratus se reproduce durante todo el año, con picos de desove en primavera y verano (IMARPE, 2014). Alcanza la madurez sexual entre los 10–12 meses de edad (Bermúdez-Corcuera *et al.*, 2004; IMARPE, 2008).

Ya que las técnicas para obtención de semilla implican una gran inversión económica, esto no es accesible para las asociaciones de pescadores dedicadas a la acuicultura y actividades de pesca por lo cual los pescadores suelen recolectar individuos de bancos naturales ("semillas") de 20 a 50 mm de altura de concha y las reubican en sus áreas de concesión. Su colecta por medio natural se realiza en la Bahía Independencia (Ica), Guayuna, Salinas y Samanco (Ancash), y la Bahía de Sechura (Piura) (Mendo *et al*, 2008).

En cuanto a la variabilidad climática experimentos hechos con aumento de temperatura muestran que aumenta la tasa de aclaramiento y la tasa de ingestión esto generaría incremento en su crecimiento y reproducción ante un evento El Niño debido a la entrada de aguas cálidas, sin embargo, el costo metabólico a estas condiciones requiere una fuente de alimento, aunque esta fuente de alimento no podría asegurarse en un escenario de cambio climático.

Dependiendo de la talla de madurez, la concha de abanico puede generar de 1 a 40 millones de huevos (Bermudez-Corcuera, 2004). La etapa larval planctónica dura aproximadamente 15 días (IMARPE, 2008).

1.2.3. Cultivo de larvas y juveniles

Se registró en el año 1983 la abundancia masiva en la zona de Pisco de juveniles de *A. purpuratus* bajo condiciones El Niño lo que inicio el rápido desarrollo de producción, aunque esto no se sostuvo debido a la carencia de planificación y la cantidad de organizaciones interesadas en dedicarse a la crianza de concha de abanico.

Las semillas usadas para la siembra eran de 2.5 a 4.0 cm de talla extraída por buceo de los bancos naturales de la provincia de pisco. Falta ordenamiento territorial de bancos naturales, las semillas disponibles sólo son de reproducción natural en temporada; existe sólo un hatchery en el país de tecnología japonesa.

Para el sistema de cultivo de adultos existen dos tipos de sistemas de cultivo: cultivo suspendido y cultivo de fondo. El cultivo suspendido se realiza a partir de redes de linterna, ayudado de brazos hidráulicos para las operaciones tecnológicas como la recolección. El cultivo de fondo se realizan con dos buceadores por bote como máximo y al parecer es el más rentable (Alcázar y Mendo, 2008).

1.3. OSTRA DEL PACÍFICO (*Crassostrea gigas*)

1.3.1. Características generales

Para la ostra del Pacífico existe poca información sobre su biología, relaciones tróficas, hábitat, distribución y abundancia. En Negritos – Piura los estudios muestran una talla media de 73 mm de altura valvar (entre 8 y 118 mm); el stock juvenil (25 mm) en esta zona alcanzó 2.3%. En la zona norte Lobitos- Piura, las tallas del recurso variaron entre 5 y 63 mm, con media de 30 mm; la proporción de juveniles llegó a 34%. El rendimiento de reproducción para Negritos, considerando todas las tallas, fue de 1:13.9 y para las tallas mayor o igual a 65 mm fue de 1:13.7. En la zona de Lobitos el rendimiento para todo el rango de tallas fue de 1:23.0 (Luque *et al.* 2001).

Los principales bancos se encontraron ubicados al sur de Talara, en la zona frente a Negritos, con densidades que variaron de 36 ind/m² a 302 ind/m². En la zona frente a Lobitos el recurso se halló en parches y a bajas densidades que variaron de 3 ind/m² a 6 ind/m². Se distribuye batimétricamente entre los 7 m y los 18 m de profundidad, con mayores densidades de 10 m a 15 m (Luque *et al.*, 2001). En el sublitoral de Canoas, Cancas y Punta Sal fue registrada en sustrato areno-rocoso a profundidades de 3 m a 5.4 m y con densidades relativas de 1–8 conchas/10' de buceo (Ordinola *et al.*, 2010). También está asociada a fondos con sustrato duro (roca), y en algunas ocasiones se encuentra adherida a corales gorgónidos y estructuras metálicas sumergidas; no se ha encontrado en fondos fangosos o limosos

ni areno-pedregosos. Las mayores concentraciones de *P. sterna* estuvieron asociadas a las isotermas de 16.5–17°C, isohalinas de 35.1–35.15 UPS, concentración de oxígeno de 2 mL/L, fosfatos en 1.4–1.6 µg-at/L, nitritos entre 0.3–0.4 µg-at/L, nitratos y silicatos de 14 µg-at/L y a las isóbatas de 10–20 m (Ordinola *et al.*, 2010).

1.3.2. Reproductores, fertilización y desove

El cultivo de ostras en el Perú inicio de forma experimental en 1973 con los primeros desoves y obtención de semillas de *Crassostrea gigas*. Podemos ver que la variabilidad climática y el aumento de temperatura posiblemente causen un impacto positivo, ya que se registro que la reproducción se realiza a altas temperaturas. En 1995 se obtiene exitosamente semillas bajo condiciones controladas con bajas mortalidades (Cisneros *et al.*, 1995). Ese mismo año, Fundación Chile y el FONDEPES, importaron un lote de semillas de Ostra del Pacífico de tallas entre 25 – 30 mm para iniciar el cultivo suspendido en el Centro de Acuicultura La Arena.

1.3.3. Cultivo de larvas y juveniles

El área debe ser protegida de la acción violenta de las olas marinas. Zonas como bahías y ensenadas son propicias para esta actividad, debiendo presentar además una buena renovación de agua y profundidad adecuada, preferentemente, superior a los 10 – 15 metros. Para el cultivo de *Crassostrea gigas* “ostra del Pacífico”,

destaca el sistema suspendido con el empleo de “long lines”, en el cual se pueden instalar diversas unidades de cultivo: colectores, pearl-nets, linternas pre-cultivo y las linternas de cultivo final, para llevar el recurso a tamaño comercial. El tiempo medio de cultivo para que las ostras alcancen el tamaño comercial de 7 – 9 cm es de 12 a 14 meses aproximadamente, y pasa por tres fases o etapas de cultivo bien diferenciadas: cultivo inicial, intermedio y final. Sin embargo, como las ostras no presentan un crecimiento uniforme, algunas (cerca del 20%) pueden ser comercializadas con 10 meses de cultivo.

La mayoría de cultivos se enfocan en la engorda, obteniendo semillas del FONDEPES (es el principal proveedor de semillas para cultivo) e IMARPE (esta más enfocado a investigación) que han sido los principales abastecedores de semilla de ostra. También la empresa privada AQUAPESCA ofrece semillas ya que actualmente ejecutan el cultivo total de la especie en sistemas suspendidos (long-lines) instalados en el medio marino. En otros casos que cuentan con más tecnología se usan reproductores en fase intermedia de madurez gonádica procedentes de líneas de cultivo del Centros Acuícolas.

FONDEPES presenta la tecnología más completa para la obtención de semilla de *Crassostrea gigas* realizada en el centro acuícola La Arena , el acondicionamiento se realizó durante 30 días en tanques de fibra de vidrio de 1000 L, con agua de mar sin filtrar alimentándolos con fécula de maíz y microalgas. Se registro que las condiciones más importantes para la reproducción son temperaturas mayores a

24°C y la variedad de alimento suministrado durante el acondicionamiento. Obteniendo así producciones masivas de larvas y semillas de ostras de 1,2 mm.

También la aportación de semillas obtenidas por IMARPE por parte registros exitosos de reproducción de ostras, las investigaciones en estos laboratorios para *C. gigas* iniciaron en el año de 1995, con ejemplares provenientes de Chile. Los cultivos hechos a partir de semillas de los laboratorios de IMARPE se registran en Lima y Callao. La metodología usada especifica que la semilla se tamizaba para diferenciar las tallas y se colocaban en sistemas suspendidos como pearl-nets y linternas, la siguiente fase, el cultivo intermedio, se volvió a seleccionar por tallas para entrar en la etapa de engorde que en promedio se considera a partir de los 10 cm de longitud.

1.3.4. Cultivo de adultos

Cuando las ostras alcanzan las tallas de 40 – 50 mm, tiene inicio la fase de cultivo final o llamada también fase de engorde, los organismos son transferidos a linternas, con densidades de siembra de 30 individuos/piso. Durante esta etapa, también se pueden realizar desdobles, con la finalidad de disminuir la densidad de las ostras en los pisos de la linterna. El tiempo de cultivo en esta fase es 4 meses aproximadamente, el mantenimiento de las líneas se revisan con la ayuda del buzo.

Por otro lado, durante las diferentes etapas de producción, la línea de cultivo va adquiriendo peso, como resultado del crecimiento del recurso y el fouling que

paulatinamente va adhiriéndose, lo que va sumergir la línea en algunas partes, siendo necesario llevar a cabo el inmediato reflotamiento y revisión de la línea para equilibrar el contrapeso, es decir, levantar la línea madre e instalar boyas o flotadores de contrapeso en aquellas partes sumergidas, eliminando así el seno que se ha formado como producto del hundimiento de ese sector. Una vez reflotada la línea, debe estar en equilibrio (posición horizontal), que es como debe mantenerse.

Con respecto a las enfermedades reportadas en ostra del Pacífico, la principal enfermedad observada en los cultivos en diversas regiones del mundo es la mortalidad masiva del verano (MMV o “Summer Mass Mortality”). Este fenómeno también ha sido reportado en Sudamérica. El fenómeno de mortalidad de verano está asociado a cultivos realizados en zonas con elevada productividad, altos niveles de nutrientes, fondos lodosos y principalmente con temperaturas superiores a 28°C y cuando las ostras presentan una madurez gonadal. En el Perú no se ha reportado problemas patológicos con esta especie, pero sí con otros bivalvos como la concha de abanico. (Bermúdez, 2006)

1.4. OSTRA NATIVA (*Striostrea prismatica*)

1.4.1. Características generales

También se presenta otros nombres científicos a parte de *Striostrea prismatica* como *Crassostrea iridescens* u *Ostrea iridescens* (ESPOL, 2017). *S. prismatica* es un molusco bivalvo que habita desde el litoral rocoso de la zona intermareal hasta

la zona sublitoral poco profunda, a no más de diez metros de profundidad. Como organismo sésil, se alimenta de fitoplancton y materia orgánica en suspensión (Rios, 2018).

En cuanto a los ecosistemas que habita *Striostrea prismatica* es uno de los epibiontes más abundantes y vive en los ecosistemas costeros rocosos del Pacífico oriental tropical y subtropical, en Lodeiros (2017) se define esta extensión desde la Bahía San Bartolomé, Costa del Pacífico de Baja California Sur - 27.7° N, hasta la Bahía de la Independencia, Ica, Perú - 14.3 °S. Aunque Rios (2018) afirma que tiene una distribución un poco más corta es decir de norte a sur se extiende desde Bahía Magdalena, Baja California Sur (24.2 °N) y Mazatlán, Sinaloa (23.2 ° N) en México hasta Máncora, Tumbes, Perú (4.1 °S).

La ostra *S. prismatica* es una especie con alto potencial acuícola, principalmente por su gran adaptabilidad al medio controlado, buena demanda y alto precio en los mercados.

1.4.2. Reproductores, fertilización y desove

S. prismatica, en medio natural, no presenta una maduración gonadal simétrica, encontrándose ostras en todos los estadios de madurez gonadal durante todo el año (Ordinola et al., 2013), pero con mayor probabilidad de ostras maduras antes de la estación de verano (Meléndez-Galicia et al., 2015). Ésta tendencia se cumple en las poblaciones naturales de ostra *S. prismatica* en la región Tumbes, donde se han reportado ostras en estadio maduro durante todo el año y en estadio desovante durante el verano (Alemán et al., 2015). A pesar que las ostras hayan alcanzado su

madurez, la condición de cautiverio podría generar algún tipo de stress, y éste podría repercutir en su ciclo reproductor, ocasionando que ésta reabsorba su producto sexual y no desoven o sus productos sexuales no sean viables (Robles, 2020).

En condiciones controladas las investigaciones sugieren que los mejores método de inducción al desove para *S. prismatica* son los que involucran un cambio en la temperatura combinado con desecación (TAD) (IMARPE, 2020). Resultados similares fueron obtenidos por Loor (2012) y Arguello- Guevara et al. (2013), quienes propusieron al método de inducción TAD (incremento de la temperatura y desecación), como el más eficiente en términos de desove en cautiverio. El tamaño de ostra para asegurar la madurez sexual y seguir con este método según IMARPE (2020) es una talla de valva superior a 12 cm.

En cuanto a la época de desove en medio natural en Michoacán- México se halló que la madurez fue en agosto y el desove en agosto-septiembre. Mientras que Fournier (1992) estudió el ciclo reproductivo de *S. prismática* en Costa Rica, encontrando que se reproduce continuamente durante el año sin período de reposo. En este estudio se observó que entre el 50-90% de los organismos desovaron durante nueve meses de julio a marzo; el desove ocurrió al inicio de la temporada de lluvias y coincidió con una disminución de la salinidad. Por último, Loor & Sonnenholzner (2016) encontró una etapa de maduración de enero a febrero y desove de marzo a junio. Sin embargo, el desove no fue completo y los gametos fueron reabsorbidos dentro de la gónada.

A pesar de la variación de estos hallazgos, todos los autores indican que el ciclo fue influenciado por la temperatura y la salinidad; particularmente la maduración y el desove se asociaron con los valores de temperatura más altos y una reducción de la salinidad. Argüello-Guevara et al. (2013) realizó un estudio sobre acondicionamiento a dos temperaturas (22 y 28 ° C) y estimulación de desove de reproductores en el laboratorio, encontrando una mejor respuesta a 28 ° C, donde la mayoría de organismos alcanzaron la madurez (Rios, 2018).

1.4.3. Cultivo de larvas y juveniles

Para la densidad del cultivo de semillas Rendon, L. ha reportado 60 a 70 organismos de 19,1 mm por canasta tipo Nestier, para reducir la densidad de estrés. Aunque existen estudios sobre el medio natural que muestran que soportan una densidad de hasta 176 ostras / m² (Campos, 1989; Rendón, 2016).

1.4.4. Cultivo de adultos

Ecuador es el país que más esfuerzos ha dedicado a promover su cultura. Los estudios realizados en ese país se han centrado en el diseño de dietas adecuadas para el acondicionamiento reproductivo ya que en los moluscos bivalvos este es un factor determinante para la gametogénesis y la calidad de los gametos. Marín (2011) diseñó una dieta para *S. prismatica* con la mezcla de microalgas *Tetraselmis maculata* y *Chaetoceros gracilis*. Los autores demostraron que esta dieta optimiza

el desarrollo gonadal después de 30 días de acondicionamiento. En Perú el cultivo de esta especie aun es incipiente.

1.5. CONCHA PERLIFERA O CONCHA DE NACAR (*Pteria sterna*)

1.5.1. Características generales

La ostra perlífera *Pteria sterna* llamada comúnmente concha perla, perlera o perlífera, es un bivalvo que habita en la zona infralitoral marina y en manglares (Álamo y Valdivieso, 1997), desde el nivel de la más baja marea hasta 23 m de profundidad (Mora, 1990), adherida por medio de un biso a substratos duros (rocas, corales gorgónidos y estructuras metálicas sumergidas) o arena gruesa (Monteforte 2005, Ordinola et al., 2010). Se distribuye desde California (México) hasta Pimentel (Perú), con poblaciones bien identificadas en la costa del Pacífico tropical y subtropical de América, desde el Golfo de California a Talara, Perú y Ecuador (Keen, 1971, Luque *et al.*, 2001). Excepcionalmente, luego del evento El Niño 1982-83 se han reportado ejemplares de *P. sterna* en las bahías de Ancón (Lima) e Independencia (Ica) en Perú, y Mejillones en Chile (Paredes et al., 1998; Díaz y Ortlieb, 1993).

P. sterna es una especie que puede sobrevivir en aguas muy turbias, soportando temperaturas menores a 18 °C y mayores a 32 °C, y salinidades menores a 34.5 ups y mayores a 37 ups, características que le confieren una gran diversidad de

estrategias para permanecer en una zona o extender su distribución geográfica (Treviño Zambrano, 2018). En Perú, las poblaciones naturales más importantes se encuentran en la provincia de Talara, Piura, específicamente frente a Punta Arenas, Negritos y Punta Capullanas, asociados a isotermas de 16.5 a 17 °C, isohalinas de 35.1 a 35.15 ups y valores de oxígeno de 2 mL/L (Ordinola *et al.*, 2013).

1.5.2. Reproductores, fertilización y desove

En Perú, según un trabajo realizado en Zorritos, Tumbes de las 156 hembras analizadas, predominaron los ejemplares maduros en abril, mayo, junio, agosto y octubre. Los mayores porcentajes en evacuación o desove se registraron en la mayoría de meses evaluados a excepción de junio, siendo noviembre el mes que más destacó con el 55.6%. Las hembras en post-desove fueron registradas durante el segundo semestre del año (julio, agosto, octubre y noviembre) (Ordinola, 2013).

Saucedo y Monteforte (1997) estudiaron el ciclo reproductivo *Pteria sterna* en organismos de cultivo, en Bahía de la Paz, México, estableciendo un ciclo asincrónico, con dos épocas de desove, febrero y mayo, con temperaturas de 22 °C y 23 °C respectivamente, sugiriendo que puede ocurrir una reversión del género en organismos de tallas mayores de 55 mm. Sin embargo, los autores no obtuvieron evidencia suficiente para concluir que esta población sea hermafrodita protándrica. Díaz y Buckle (1996) estudiaron el ciclo reproductivo *Pteria sterna* en el Golfo de California, México, en organismos de dos a catorce meses de edad, determinando que existen dos épocas de desove masivo poblacional, una en diciembre-febrero (14

°C) y otra en agosto (20 °C) y una proporción de géneros de 1.19 H: 1 M. Los autores observaron ejemplares hermafroditas, por lo que, en esa localidad y condiciones, la especie se ha considerado hermafrodita asincrónica, es decir, que puede madurar inicialmente de modo indistinto, como macho o hembra (Treviño Zambrano, 2018).

1.5.3. Cultivo de larvas y juveniles

El tipo de cultivo para esta especie se realiza recolectando la semilla de *P. sterna* en el medio ambiente, siguiendo con un crecimiento de juveniles en condiciones controladas. En Cáceres Puig (2017) menciona que en experimentos anteriores probaron dietas en esta fase, siendo las dietas a base harina de arroz, seguida por la de fécula de maíz, las que dieron mejores resultados. McAnally & Valenzuela (1990) reportó que las larvas de *P. sterna* pueden ser cultivadas con las mismas técnicas usadas para el ostión, mientras que el proceso de fijación y manejo de semilla es más recomendable usar las técnicas empleadas en el mejillón.

1.5.4. Cultivo de adultos

En pre-engorda Aldana & Monforte (1995) sugiere que hay un mejor crecimiento de la especie en estructuras colocadas sobre el fondo a una densidad de 80 a 100 organismos por canasta. En adultos se recomienda 50 organismos por canasta,

considerando que la densidad afecta significativamente el volumen de la concha aunque no presenta una relación clara con el crecimiento (Cáceres Puig, 2017).

En Perú aun no hay experiencias en cultivo de fase engorde para esta especie. Aunque podemos mencionar la incursión de la empresa AGROMAR, que está encargada de desarrollar un programa piloto experimental de “Crianza de cultivo de concha perlera”, teniendo como talla mínima de cultivo, cuando ésta alcanza una talla de 8 a 12 cm (Aquahoy, 2017).

1.6. MACHA (*Mesodesma donacium*)

1.6.1. Características generales

Su distribución se encuentra desde Sechura en Piura 5°S (Perú) hasta Chiloe 43°S (Chile) (Ibarcena W. 2004, IMARPE & ITP 1996). La familia Mesodesmatidae habita playas arenosas de clima templado y sistemas subtropicales en la zona del bajo intermareal. En especial *M. donacium* habita playas semiexpuestas o protegidas que reciben frecuentemente flujo de agua dulce de ríos y / o corrientes de agua dulce, ya sea estacional o perenne (Riascos JM 2009) Además busca las aguas agitadas de la zona internareal, donde el oleaje remueve la arena y se guarecen de la dinámica marina introduciéndose en los sustratos blandos de arena, a profundidades de 5 a 20 cm (Ibarcena W. 2004). Los reclutas y juveniles se encuentran principalmente en la parte baja intermareal y los adultos confinados a las submareales poco profundas (Riascos JM, 2009).

M. donacium presenta un régimen alimentario micrófago, consume fitoplancton y zooplancton (Dinoflagelados, Diatomeas, Tintinnkios), es decir se alimenta de larvas de moluscos, crustáceos y poliquetos, y también de partículas orgánicas filtradas provenientes de la fauna intersticial del fondo arenoso, que acopia mediante cilios que poseen en las branquias (Ibarcena W., 2004).

La mortalidad masiva de *M. donacium* después de eventos de aumento de temperatura (como el evento El niño) constituyen uno de los efectos negativos más graves, duraderos y generalizados en esta población (Riascos JM 2009), en contraste con su sensibilidad a las altas temperaturas, *M. donacium* fue menos vulnerable a la reducción de la salinidad, con mayor tolerancia de las almejas juveniles(Riascos JM, 2009b).Según Riascos 2009 *M. donacium* evolutivamente es una especie presumiblemente de origen antártico, por lo que parecen estar estrechamente vinculados a la expansión de condiciones de agua fría a través de la corriente de Humboldt. Esto explicaría su sensibilidad a las altas temperaturas, desde el Holoceno el evento El Niño ha causado una recurrente retracción de las poblaciones de *M. donacium* estos cambios son mostrados en la diversidad y abundancia de los datos encontrados a lo largo de la costa peruana (Riascos JM, 2009b).

Este bivalvo tiene importancia económica desde que llegaron los primeros pescadores recolectores a la costa peruana hace 11.000 años (Carré, 2007). La pesquería de este recurso, históricamente registró desembarques fluctuantes y

decrecientes desde 1980 hasta el 2000 (Zevallos, 2014). La extracción se realizó en mayor volumen a causa de la presencia de buzos semiautónomos que extrajeron el recurso en las zonas donde no ingresaba el “machero” (Segura *et al.*, 1998). Históricamente se registraron desembarques fluctuantes y decrecientes del recurso desde 1980 hasta el 2000 (Zevallos, 2014) debido a la fuerte explotación a la que fue sometido, sus efectos se reflejaron en la disminución de abundancia en los bancos naturales, además se sumaron factores climatológicos como El Niño” (1982-1983 y 1997– 1998) que influyeron negativamente en su distribución natural, al ser una especie vulnerable a incrementos de temperatura y se produjeron varazones en los bancos naturales del litoral de Moquegua y Tacna (Quiroz y Barriga, 1998). Esta problemática motivó a las autoridades a declarar el recurso en veda desde 1999 (Zevallos, 2014). El Laboratorio Costero de Ilo del Instituto del Mar del Perú ejecutó el proyecto “Obtención de juveniles de macha *Mesodesma donacium* en medio controlado y cultivo de engorde en sistema suspendido en medio natural” durante el 2016; para generar la tecnología que permita efectuar planes de repoblamiento y cultivo que conduzcan a la sustentabilidad de la especie (Ayerbe, 2018).

La variabilidad climática en esta especie se observó en experiencias anteriores, tal es el caso del evento El Niño que causó un aumento de temperatura, que generó mortalidad masiva en repetidas ocasiones que influyeron negativamente en su distribución natural, al ser una especie vulnerable a incrementos de temperatura y se produjeron varazones en los bancos naturales del litoral de Moquegua y Tacna.

1.6.2. Reproductores, fertilización y desove

La época de reproducción se da en primavera, periodo en donde se documenta que el crecimiento es mínimo independiente de la latitud, y se ha reportado que los individuos dependen básicamente de la talla más que de la edad para la reproducción (Monroy A., 2016). Siendo adultos alrededor de los 65 mm de longitud puede ser acopiada para su comercialización (Ayerbe, 2018).

El acondicionamiento de reproductores se realiza en un ambiente climatizado; donde los ejemplares seleccionados (65 mm – 80 mm) se instalan en una bandeja rectangular (40 L) con arena media de 0,25 a 0,5 mm de diámetro (ϕ 2-1) previamente tamizada, lavada y dispuesta por debajo del nivel del agua de mar en el interior de un tanque de 250 L y se alimentan con *Isochrysis galbana*, *Chaetoceros gracilis* y *Phaeodactylum tricornutum*.

Mesodesma donacium presenta una fecundación externa con dos períodos de desove anual y semianual, los que dependen de las variaciones ambientales locales, principalmente temperatura del agua y disponibilidad de alimento (Ayerbe, 2018) Tiene un rango de talla mínima de desove se produce entre los 47 y 57 mm de longitud y la edad de reproducción entre los 2 y 6 años (Ibarcena, 2004). Sus fases larvarias trocóforas y veligeras son pelágicas y planctónicas durante 30 y 45 días, permitiendo tiempo suficiente para que las larvas encuentren sedimentos desocupados adecuados para asentarse (Riascos, 2009). La talla de primera

madurez se describe en un estudio realizado en Chile entre 52,0 mm a los 65,3 mm (Jerez G., 1995).

Presenta un solo evento de desove durante todo el año en Chile, que comienza a fines del invierno o la primavera y se extiende hasta el verano. Cambios locales de temperatura y disponibilidad de alimentos a diferentes latitudes ha explicado la variación de los períodos de desove de *M. donacium* a lo largo de la costa chilena (Riascos JM, 2009). En contraste en Mehuin (39 ° S), la actividad de las gónadas fue continua, y los eventos de desove fueron bianuales (primavera y otoño) mostrando así una desviación del patrón mencionado anteriormente (Riascos JM, 2009b). Estos datos muestran un vínculo entre la disponibilidad de alimentos, la temperatura y la temporada de maduración de gametos de *M. donacium* (Riascos JM, 2009b).

Se muestra reproducción exitosa en Moquegua, con la siguiente metodología, la recolección de reproductores se efectúa con pescadores artesanales de orilla denominados “macheros”, quienes extraen manualmente de un banco natural de Mollendo y la Punta de la región Arequipa durante el periodo de baja marea. Los ejemplares seleccionados se trasladan en cajas isotérmicas conteniendo en la base varias capas de esponjas humedecidas en agua de mar y refrigerada con gelpack para mantener baja temperaturas alrededor de 16°C. Los organismos colectados son seleccionados en el laboratorio, considerando características físicas adecuadas.

La obtención de gametos es externa por el método de Stripping haciendo cortes transversales en la parte blanda a través de la gónada. Luego de obtener los embriones se mantienen en tanques de 250 L, a las 8 horas post fecundación, se observa el estadio de gástrula, a las 23 horas se observa el estadio embrionario de larva trocófora a las 31 horas post fecundación se observa la formación de larvas “D” temprana y finalmente a las 45 horas se observa larvas “D” bilobulada ciliada con movimiento en la columna de agua.

1.6.3. Cultivo de larvas y juveniles

En cuanto a la alimentación se inicia 44 horas después de la fertilización, cuando alcanza la etapa de larva “D”, suministrando inicialmente una dieta mono específica de *Isochrysis galbana* y en las siguientes etapas se incorporan otras especies como *Chaetoceros gracilis* y *Phaeodactylum tricornutum* conformando una dieta mixta y la concentración incrementa en función a la etapa de desarrollo.

En el caso de este recurso la producción de semilla y la reproducción son mayormente con fines de re-poblamiento, tal es el caso de Tacna, mediante el Instituto de IMARPE Ilo quien hizo el proceso de reproducción, también se muestra producción exitosa en Moquegua

1.6.4. Cultivo de adultos

El efecto de un evento en el crecimiento de una concha de *M. donacium* es muy variable (desde una marca de verano «normal» hasta la muerte) y depende: (1) de la zona geográfica; (2) de la intensidad del evento; (3) de la edad del individuo, lo que no permite hacer un diagnóstico confiable por anomalías de crecimiento.(Carré, 2007) Hay que considerar que conforme avanza el crecimiento *M. donacium* habita tanto en el intermareal (juveniles) como en el submareal poco profundo (adultos) (Riascos et al., 2008).

2. PERFILES DE PECES

2.1. LENGUADO (*Paralichthys adspersus*)

2.1.1. Características generales

La distribución del lenguado *Paralichthys adspersus*, desde Paita (Peru) hasta Iota (Chile) e Isla Juan Fernández (Samamé y Castañeda, 1999). Es una especie bentónica que habita de preferencia en los fondos arenosos, se alimenta de peces por lo general teleósteos, crustáceos y otros organismos de fondo, ya que sus propiedades miméticas facilitan la captura de su presa (Mejía, 1970; Samamé y Castañeda, 1999; Nielsen JG., 2010). En el norte de Huarney esta especie ocupa los fondos arenosos fangosos o fangosos (Samamé, 1985).

La distribución de *P. adspersus* está dada por sus hábitos alimenticios, pero es muy sensible a los cambios de temperatura del agua, profundizándose o alejándose de la costa en los meses calurosos o ante la presencia de El Niño y puede alcanzar profundidades mayores de 100 m (Samamé M. y Castañeda J., 1999). Durante sus fases tempranas de desarrollo utilizan hábitats costeros (Herzka SZ, 2009). En cuanto a la etapa larval durante la eclosión las larvas tienen características pelágicas (Orihuela L., 2015). Los juveniles se encuentran en aguas poco profundas, incluidos estuarios y hábitats de manglares. Los adultos de esta especie habitan en sustratos blandos en la plataforma continental, mientras que ésta especie se encuentra a profundidades de hasta 35 m (Nielsen JG., 2010).

El cultivo de peces planos fue iniciado por FONDEPES en 1997 en el Centro de Acuicultura Morro Sama, con la introducción de *Turbot Scophthalmus maximus*, posteriormente se llevaría a cabo un proyecto experimental con el lenguado nativo *Paralichthys adspersus*, para lograr la tecnología de su cultivo en la zona sur del país. Actualmente el cultivo de peces planos en el Perú está basado en el cultivo de lenguado nativo, que se encuentra en etapa de consolidación para la llegar a la producción comercial. Los laboratorios de Imarpe dedicados a la investigación del cultivo en Lima, Ancash y Tacna. Las principales líneas de investigación son: acondicionamiento de reproductores y reproducción, incubación y desarrollo larval en condiciones de laboratorio, producción experimental de semilla y crecimiento de alevines en cautividad. Una de las empresas, Pacific Deep Frozen S.A. que ha apostado por esta especie, se encuentra ubicado en Huarmey-Ancash, la cual tiene implementado el cultivo integral de lenguado. Otra de las empresas ubicada en Chincha, está aún en proceso de implementación.

El cultivo para cualquier pez plano Independientemente de las condiciones topográficas favorables, necesita una cantidad suficiente de agua marina de buena calidad y fácil de captar. La infraestructura para el cultivo de engorde debe considerar los siguientes puntos: toma y distribución de agua, tanque cabecera o reservorio, sistemas de distribución de agua y tanques de cultivo. En esta etapa también es importante el registro de los parámetros físicos – químicos como temperatura, salinidad, oxígeno, pH, también se deben registrar las condiciones del agua (turbidez) y las ambientales (maretaos, lluvias, vientos, etc.), para tomar las decisiones técnicas acertadas.

El rango óptimo de temperatura para el lenguado en etapa juvenil y adulta está entre los 14° y 19° C, encontrándose el valor ideal alrededor de los 18°C para obtener mejores tasas de crecimiento. El lenguado, dada su condición de pez plano permanece gran parte del tiempo en reposo sobre el fondo marino, consumiendo poco oxígeno comparado con el que requieren los peces denominados nadadores. En cultivo es recomendable mantener el pH entre 7.5 – 8.5 Con un pH de 6,5 ya empieza a haber bajas, para evitar esta situación se emplea aireadores que facilitan la liberación del exceso de anhídrido carbónico a la atmosfera.

2.1.2. Reproductores, fertilización y desove

Paralichthys adspersus es un desovador parcial con fecundidad total promedio de 2 125 000, con un promedio de 1 500 huevos por gramo de pez (Angeles B. & Mendo J., 2005) en condiciones de laboratorio se estimó una fecundidad de 90.982 huevos con un diámetro promedio de 0,85 mm, calculándose un porcentaje de viabilidad del 60%, siendo incubados a una densidad de 100 huevos/L (Perea, 2012). Las distribuciones de frecuencias de tallas sugieren el reclutamiento de juveniles de longitud estándar >140 mm (Herzka SZ 2009), se presenta en marzo-abril (Samamé y Castañeda, 1999)

El dimorfismo sexual se muestra a partir del cuarto año (40-47 cm, 770-1400 g), a partir de cuándo presenta un crecimiento rápido marcado. Samamé & Castañeda (1999) reportan que los machos inician su primer desove con una talla de 43.1 cm,

en tanto que las hembras presentan el primer desove a los 60.4 cm. Teniendo en cuenta esta información la reproducción en machos de *P. adspersus* se daría a partir de los 3 años, en tanto que en hembras se hallaría entre el 4to y 5to año (Angeles B. & Mendo J. 2005), es probable que esta especie emigre de los sistemas estuarinos luego de alcanzar la madurez reproductiva (Herzka SZ, 2009).

De acuerdo al manual de cultivo de Lenguado elaborado por Fondepes la reproducción es relativamente compleja, dado la influencia de múltiples variables que inciden directamente en el proceso fisiológico de reproducción, aunque las principales son el fotoperiodo, que induce o inhibe el proceso de maduración de las gónadas sexuales, la temperatura del agua, que juega el papel condicionante del ambiente donde se realizará la puesta y el tipo de alimento que está relacionada a la nutrición específica que requieren en esta etapa para generar progenies de calidad.

El tipo de reproducción es el asincrónico, los ovocitos maduran gradualmente consiguiéndose en toda la etapa de reproducción varios desoves. El desove es espontáneo, es decir, los reproductores hembras liberan los óvulos al interior de la unidad de cultivo y son fecundados por la liberación de esperma del reproductor macho consiguiendo de esta manera las ovas embrionadas. La incubación de los huevos se efectúa en tanques cilindrocónicos de 500 litros de capacidad con agua de mar filtrada a 1 micra, irradiada con luz UV, aireación leve, temperatura ambiente, con fotoperiodo natural y circuito de agua cerrado.

2.1.3. Cultivo de larvas y juveniles

Para llevar adelante la producción de semilla de lenguado, se requiere de un suministro de agua constante y de buena calidad, en cantidad suficiente para la producción estimada. El cultivo de alevines de lenguado se divide en cuatro sub-etapas: alevín 1 o inicial, alevín 2, alevín 3 y alevín 4, los cuales se distribuyen en los ambientes necesarios para dichos organismos.

Para la siembra del pre engorde es importante que la temperatura del agua sea similar a la de nursery de donde proceden los alevines. En el caso de que los alevines procedan de otro Centro de cultivos, se deben transportar la semilla en épocas de temperaturas similares entre ambas zonas o lugares (en épocas de frío), y después del transporte los alevines aclimatarse previamente antes de la siembra en los tanques. En cuanto a los parámetros presenta una fecundidad relativa de 35417 óvulos/kg, la incubación dura 48 horas y el cultivo de larvas debe tener una densidad de 10 larvas/ml, teniendo un porcentaje de sobrevivencia en la etapa larvaria del 18%... En el caso del alevinaje la densidad recomendada es 100 ind/m² con una carga de 2Kg/m², en esta etapa presenta una sobrevivencia del 70% alimentándolos con Otohime y cobia.

2.1.4. Cultivo de adultos

P. adspersus es muy sensible a los cambios de temperatura por lo que la respuesta a la variabilidad ambiental podría ser desfavorable y/o causar una variación en la distribución y áreas de cultivo de la especie. En cuanto al alimento se usa alimento

balanceado como piensos húmedos, semi-húmedos y secos, el tamaño de la partícula del alimento también juega un papel importante en el mejor aprovechamiento de éste, por lo tanto hay que poner especial cuidado en este aspecto, considerando el peso promedio de los individuos del tanque de cultivo, en engorde es en promedio es de 0.8 a 1. %/biomasa/día (Kong & Escribano, 1995). Las patologías observadas en el cultivo de experimental del lenguado (*Paralichthys adspersus*) correspondieron a cuadros patológicos de carácter secundario producidos por diversas especies de *Vibrio*, identificadas como *V. splendidus* biotipo II y *V. anguillarum* (FONDEPES, 2015).

2.2. CHITA (*Anisotremus scapularis*)

2.2.1. Características generales

A. scapularis es una especie endémica del Pacífico oriental, y se encuentra desde el sur de Colombia (Allen, 2010) o desde Manta Ecuador (Chirichigno, 1978) hasta Antofagasta Chile, Islas Galápagos y Malpelo. El género *Anisotremus* vive en zonas arenosas /fondos fangosas (Mejía J., 1970). Esta especie está asociada a los arrecifes forma escuelas en aguas abiertas sobre arrecifes rocosos, con rocas y laderas y sustratos duros con fuertes corrientes o mareas a profundidades de 35 m (Allen, 2010).

Respecto a su alimentación es un pez bento-pelágico carnívoro, es una especie eurifágica clasificada como carnívoro generalista de alimentación nocturna,

consume preferentemente moluscos poliplacóforos como *Chiton cumingsi*, bivalvos como *Semimytilus algosus*, anfípodos, echiuridos, peces y algas verdes y rojas que encuentra en la rompiente de las olas. Los hábitos alimenticios cambian de omnívoros en juveniles (macroalgas e invertebrados menores, destacando los copépodos) a mayormente carnívoros en adultos (Cota N., 2016, Tequén, 2016).

No existen muchos estudios sobre su reproducción en medio natural. Pero de acuerdo a la familia Haemulidae se conoce que los juveniles se encuentran, generalmente, en aguas menos profundas que los adultos y pueden tener varios cambios de hábitat durante el crecimiento (Tequén, 2016). Se ha catalogado como una especie que resiste grandes cambios ambientales, particularmente de temperatura, ya que se ha encontrado en abundancia durante y después del fenómeno El Niño de 1997-98 (Gárate y Pacheco, 2004).

2.2.2. Reproductores, fertilización y desove

Esta especie *Anisotremus scapularis* no cuenta con muchos registros en ambiente natural, en experimentos de laboratorio con una proporción de 3 hembras y 4 machos se obtuvo una fecundidad de 32, 689 huevos (Montes M., 2019) La ausencia de eventos de desove documentados sugiere que la reproducción se produce normalmente después de la puesta de sol (Tequén, 2016). El reclutamiento de individuos de la familia Haemulidae se relacionó con la densidad de depredadores en el medio ambiente y con la presencia de individuos adultos de la misma especie,

ya que estos influyeron en la reducción de presas pequeñas y peces juveniles (Araújo, 2016).

Además, Tequén 2016 reporta que la edad de primera reproducción estaría entre 2 y 4 años de acuerdo a estimaciones basadas en modelos para *A. scapularis*, teniendo en cuenta que para *Anisotremus interruptus* se sugiere la edad de primera reproducción en tres años con una longitud de horquilla en 22 cm.

La técnica de reproducción usada en laboratorio (IMARPE) es la siguiente, se colocan los reproductores en cultivo de recirculación. Los reproductores son capturados del medio natural utilizando una red denominada “atarraya”. Para el transporte se prepara un tanque de 1 m³ tipo DINO equipado con piedra difusora de aire y compresor a batería para mantener los niveles de oxígeno del agua mayores a 5 mg/L. Cuando los peces llegan a las instalaciones del Laboratorio de Cultivo, son colocados en un tanque de cultivo de 1500 L, en el cual se realizan recambios diarios del 100% con agua esterilizada por radiación ultravioleta (UV). Después de un periodo de cuarentena, los ejemplares se colocan en los tanques que conforman el sistema de recirculación.

Antes de pasar a los tanques de acondicionamiento se coloca el marcaje con un marcador electrónico. En los tanques de acondicionamiento se alimentan con presas vivas (ej. *Semimytilus algosus*) que se va cambiando gradualmente a descongelado de anchoveta *Engraulis ringens*. Se realiza un muestreo biométrico y análisis de ovocitos y esperma, se procede a realizar un fototermoperiodo que permiten simular

las condiciones naturales y se espera el desove según el tiempo natural que se encuentra en primavera verano.

2.2.3. Cultivo de larvas y juveniles

Actualmente los laboratorios de iIMARPE a través del Programa Presupuestal PP-094 “Ordenamiento y Desarrollo de la Acuicultura” del Ministerio de la Producción, llevó a cabo el proyecto: “Reproducción y Cultivo de Especies Priorizadas”, el cual le permitió desarrollar técnicas de cultivo en cautiverio para la producción masiva de semilla o juveniles de la referida especie.

2.2.4. Cultivo de adultos

La captura de la chita es una de las pesquerías artesanales con menor cantidad de desembarque en el país. En ese caso del acondicionamiento de los ejemplares adultos colectados se mantienen en ayuno por un periodo de 5 días desde su llegada a las instalaciones del laboratorio, posteriormente se alimentan ad libitum con presas vivas como choros *Semimytilus algosus*, que es su alimento en el medio natural. Gradualmente y por un periodo de 15 días este alimento se reemplaza hasta su totalidad por trozos descongelados de anchoveta *Engraulis ringens*. Adicionalmente, los trozos de anchoveta se pueden complementar con vitaminas, ácidos grasos (omega 3) contenidos en cápsulas de gelatina

Las condiciones de cultivo que podrían favorecer las infecciones pueden ser: disminución en el contenido de oxígeno disuelto, hacinamiento, elementos tóxicos que influyen en la respuesta inmunológica del pez. Un inadecuado manejo de parámetros fisicoquímicos como: pH, salinidad, manejo físico, transporte, nutrición, entre otros, también ocasionan estrés en los peces, lo que se manifiesta como mayor susceptibilidad a enfermedades y eventos epidémicos ocasionados por organismos oportunistas.

En cuanto a la conectividad del ambiente natural, la temperatura es uno de los parámetros que afecta directamente los procesos fisiológicos y metabólicos en los organismos ectotermos como los peces, influyendo sobre su crecimiento, reproducción y sobrevivencia. Nuestros resultados indican que el crecimiento a 17 °C no evidenció diferencias significativas ($p > 0,05$) con los peces cultivados a 22 °C. No obstante, las tasas fisiológicas (consumo de alimento, consumo de oxígeno y excreción de amonio) determinadas en juveniles de *A. scapularis* a 22 °C demuestran ser mayores significativamente ($p < 0,05$) respecto a los peces acondicionados a 17 (Dionicio, 2018)

En *Anisotremus scapularis*, se ha identificado enfermedades como vibriosis, causada por *Vibrio* sp., que se presenta principalmente en la zona ventral y lateral del pez y se manifiesta mediante la aparición de lesiones que liberan exudados sanguinolentos, Por otro lado, también se ha presentado un copépodo ectoparásito, *Metapeniculus antofagastiensis* Castro-Romero y Baeza-Kuroki, que se observa como hilos a los lados del cuerpo y en las aletas del pez, los cuales presenta un

tratamiento ya descrito en manuales tales como el Manual: Acondicionamiento y reproducción *Anisotremus scapularis* (Carrera *et al.*, 2018).

En cuanto a la variabilidad del ambiente natural, a pesar de que la temperatura es uno de los parámetros que afectan a organismos ectotermos como los peces, experimentos como el de Dionicio (2018) mencionan que esta especie no evidencia diferencias significativas en altas temperaturas (22°C) en el crecimiento, las tasas fisiológicas (consumo de alimento, consumo de oxígeno y excreción de amonio) si tuvieron un incremento significativo.

2.3. CABRILLA (*Paralabrax humeralis*)

2.3.1. Características generales

El rango de distribución geográfica de esta especie es desde Ecuador hasta la parte sur de Chile y las islas Juan Fernández y Galápagos (Goicochea *et al.*, 2012). La cabrilla es bentónica, generalmente habita zonas costeras arenosas y rocosas con algas, hasta los 180 m de profundidad (Miñano y Castillo, 1971; Smith-Vaniz *et al.* 2010); los juveniles se distribuyen cerca de la costa (Chirichigno y Cornejo 2001). Los adultos se alimentan de crustáceos, peces, cefalópodos, poliquetos y eufáusidos (Blaskovic *et al.* 2008).

A partir del año 2013, el Imarpe amplió sus investigaciones al estudio del acondicionamiento y reproducción de las especies comerciales como la chita

Anisotremus scapularis y la cabrilla *Paralabrax humeralis*, con la finalidad de obtener semilla o juveniles en el laboratorio (http://www.imarpe.gob.pe/imarpe/index.php?id_seccion=I017005010100000000 0000). En el 2018 En la bahía de Sechura, norte de Perú, se desarrollo, con el financiamiento del Gobierno Regional de Piura y dentro del Marco del Proyecto SNIP 162711, la Primera Experiencia Piloto de Cultivo de Cabrilla (*Paralabrax humeralis*) en jaulas flotantes (<http://www.oannes.org.pe/noticias/peru-desarrollan-cultivo-piloto-de-cabrilla-en-jaulas-flotantes-en-el-norte-de-peru/>). Aun el cultivo en todas las fases en especial engorde es insipiente.

2.3.2. Reproductores, fertilización y desove

La cabrilla *Paralabrax humeralis* se reproduce de noviembre a agosto; su principal pico de desove ocurre en marzo en Chimbote, la costa norte del Perú (Mejía *et al.*, 1970; Miñano & Castillo 1971). La longitud de 50% madurez en hembras es de 24.5 cm de longitud total (Miñano & Castillo 1971), tamaño que alcanzan entre los 2 y 3 años (Goicochea *et al.* 2012). No hay información sobre la fecundidad de esta especie, sin embargo, la fecundidad de *P. maculatofasciatus* es de 284,000 huevos/kg (Avilés, 2005). Bajo condiciones controladas, las larvas de especies de la familia Serranidae tardan de 2 a 3 días en absorber su saco vitelino (Tucker, 1998). Se asume que su reproducción ocurre entre las estaciones de primavera y verano (Mejía, 1970).

2.3.3. Cultivo de larvas y juveniles

La información para esta especie es poca, pero tomando como referencia revisiones para *Paralabrax dewegeri* podemos decir que este género presenta la eclosión de sus larvas a las 16 h luego de que los huevos hayan sido fertilizados a 27°C , con una longitud promedio de 1.44 mm completando la escamacion 30 días después cuando termina el periodo larval (Querales, D 2004). En la especie *Paralabrax maculatofasciatus* se activa la retina al pasar de larva a juvenil con el fin de la alimentación, los resultados del estudio de Peña (2007), sugieren que la cabrilla arenera (*P. maculatofasciatus*) presenta las características visuales que le permiten iniciar con el proceso alimenticio una vez que se ha agotado el saco de vitelo y el glóbulo de aceite, y después cambiar de un estilo de vida pelágico a uno bentónico (Peña, 2007).

2.3.4. Cultivo de adultos

Esta especie aun se encuentra en cultivo de forma piloto, el IMARPE tiene líneas de investigación en cuanto a la formación de un panel de reproductores, e incubación y desarrollo larval en condiciones de la laboratorio. Aunque aun no hay resultados exitosos.

Las condiciones de esta especie tienen una distribución a profundidad, por lo que posiblemente la variabilidad ambiental tenga poco efecto en esta especie, aunque aun se necesita más información.

2.4. CORVINA (*Cilus gilberti*)

2.4.1. Características generales

C. gilberti se distribuye desde la Bahía Sechura (Perú) a Puerto Lota (Chile) (IMARPE), nada cerca de las costas hasta los 50 m de profundidad, y habita fondos arenosos o fangosos. Esta especie es afectada por el fenómeno del Niño (ENSO) y presenta constantes descensos en los desembarques pesqueros del Perú y Chile (Chero, 2014). En el Perú, esta especie se distribuye por casi toda la costa, siendo abundante en el centro y sur litoral (Mejía, 1970). Habita los fondos arenosos, próximos a las playas, donde se alimenta de crustáceos y peces pequeños. Los estómagos analizados demostraron que el alimento esencial de la corvina es el “muy muy” (*Emerita* análoga) y la “marucha” (*Callinassa sp.*), además de algunos teleósteos en donde tiene preferencia la anchoveta. (Mejía, 1970).

Los trabajos experimentales para el cultivo de *Cilus gilberti* se inicio en el año 2013 por medio de FONDEPES. Se realizo trabajos de adaptabilidad a condiciones de cautiverio, se logró su adaptación total a inicios del 2015. Seguidamente, se iniciaron los trabajos técnicos para su reproducción en cautiverio y en diciembre de 2016, en donde se logró la primera reproducción de esta especie en el Centro de Acuicultura Morro Sama-Tacna (IMARPE, 2013).

2.4.2. Reproductores, fertilización y desove

La corvina *Cilus gilberti*, es una especie iterópara gonocórica con desarrollo ovárico asincrónico (Chero 2014), que no cuenta con mucha información académica en cuanto a su reproducción, por el contrario hay estudio realizados para otras corvinas. Las mayoría de las corvinas son especies iteróparas y gonocóricas, siendo reproductores parciales e indeterminados con desarrollo ovárico asincrónico. (Cárdenas, 2012). Estudios con la corvina rubia (*Micropogonias furnieri*) y su similar *Micropogonias undulatus* muestran una estrategia típica que consiste en desoves marinos de gran cantidad de huevos planctónicos y la posterior incorporación de sus larvas y juveniles en estuarios y áreas costeras. *Micropogonias furnieri* es un desovante múltiple con una fecundidad anual indeterminada, lo cual significa que los ovocitos maduran continuamente y cada hembra desova varias camadas durante la estación reproductiva (hasta 12 veces) (Braverman MS, 2011). En el Perú, Ilo se ha comprobado que los desoves de *C. gilberti* son más frecuentes en primavera y verano

FONDEPES ha trabajado en la reproducción de esta especie el Centro de Acuicultura de Morro Sama en Tacna, donde se capturaron reproductores silvestres mediante el método de línea de anzuelos. Respecto de la alimentación se observó que la corvina requiere al menos de una semana en cautiverio para pueda aceptar y consumir alimento artificial balanceado, y desarrollar su apetito de manera estable.

2.4.3. Cultivo de larvas y juveniles

El intervalo óptimo de temperaturas para el pre-engorde de corvina real estaría entre 24-25 °C. A esta temperatura se obtuvieron las mayores tasas de crecimiento y un

aumento en el apetito de los peces con respecto a los cultivados a 20-21°C. Sin embargo, a temperaturas mayores de 25°C observaron un aumento de patologías dérmicas en los alevines, debidas probablemente a la mayor facilidad de proliferación de bacterias. (Lavié et al., 2008; citado por Cárdenas, 2014, p. 79) Por otra parte “el crecimiento óptimo de la corvina se encuentra entre 17 y 21 °C, disminuyendo a partir de 23 °C”. (Quémener et al., 2002; citado por Cárdenas, 2014, p. 79). “Como conclusión consideramos que la temperatura óptima para el pre-engorde esta familia (Esciénidos) se encuentra entre 24 y 26 °C” (Cárdenas, 2014). Para *Cilus gilberti* “la temperatura de cultivo ideal se sitúa alrededor de los 18°C, temperatura que ayudará a acelerar el proceso de crecimiento”

Cilus gilberti al tratarse de una especie de agua fría, como los salmónidos puede mantener un rango de entre 5mg/l y 8mg/l de oxígeno disuelto en el agua. En la figura 15, se muestra los niveles críticos de oxígeno para las especies de aguas frías en (mg/l) (Ramírez et al., 2017). Para ejemplares de la especie *C. gilberti* de 4.5cm los niveles mínimos de oxígeno tolerados son de 3.08mg/l y para ejemplares de 25.5cm los niveles mínimos de oxígeno son de 1.8mg/l (Aburto y Encina, 2005). Al tolerar bajos niveles de oxígeno “se estima que es un organismo oxíregulador en situaciones de hipoxia, controlando efectivamente la respiración” (Aburto y Encina, 2005).

En el cultivo de *C. gilberti* (corvina) se recomienda cargas no superiores a 17kg/m³ para ejemplares de 4.5 cm y para ejemplares de 12.5 cm se recomienda una carga no superior a 25 kg/m³ (Aburto y Encina, 2005).

2.4.4. Cultivo de adultos

Un estudio en Ilo presentando tallas comerciales que fluctúan entre 21 y 45 cm, con un peso promedio de 840 gr. (Mejia, 1970). La primera talla de madurez sexual de la mayoría de los Esciénidos se alcanza entre los 3 y 6 años de edad, en el caso de *C. gilberti* la talla de madurez se encuentra entre los 8 o 9 años (Cárdenas S., 2012). En ambiente natural un ejemplar adulto puede llegar a medir 120 cm y pesar unos 15 kilos (Hernández, 2018) aunque algunos pescadores indican haber visto ejemplares más grandes. En el Perú la talla mínima de captura es de 55 cm de longitud total, sin embargo, en el mercado se encuentran tallas de 35 a 80 cm de longitud estándar (IMARPE, 2013).

La fase de pre-engorde termina cuando los juveniles de *Cilus gilberti* (corvina), llegan a pesar 40 g mientras que el engorde inicia a los 40g y termina cuando alcanzan el tamaño comercial 2.5 kg (Ureta 2008). Otros autores indican que el pre engorde en juveniles de *C. gilberti* (corvina) es hasta alcanzar los 50 y 60 g. y que el engorde va desde los 50 y 60g hasta alcanzar la talla comercial (Ramírez *et al.*, 2017). Hay que tener en cuenta que la densidad de carga inicial afecta el crecimiento pero no la supervivencia de *Cilus gilberti* en la etapa de pre-engorde (Chirinos, 2019).

Se observa el efecto de la variabilidad climática en trabajos relacionados con El Niño, donde *Cilus gilberti* mostro descenso en los desembarques, por lo que podría hacerse más profunda o moverse a latitudes más bajas, sin embargos experimento en torno a la tasa de alimentación mostro que a mayores temperaturas *C. gilberti* aumenta su apetito, sin embargo aumentan las patologías relacionadas con la proliferación de bacterias.

3. PERFILES DE OTRAS ESPECIES

3.1. ERIZO ROJO (*Loxechinus albus*)

3.1.1. Características generales

Se distribuye latitudinalmente desde la isla Lobos Afuera ($6^{\circ}53'50''S$) en Perú, hasta las islas del extremo sur austral de Chile ($57^{\circ}58'00''S$) y batimétricamente desde la zona intermareal hasta 340 m de profundidad, sobre fondos duros cubiertos de algas (Larraín 1975). Algunos autores han acordado establecer su límite sur en el Salida estrecho de Magallanes llegando hasta la isla de Establos en su dispersión oriental. Sin embargo, existe cierta incertidumbre en cuanto a su límite de distribución al norte. A partir del trabajo de Clark (1910) se fija a la altura del Callao, Perú ($12^{\circ} S$), a pesar del el propio Clark (1948) lo extendió posteriormente hasta $6^{\circ} 53'50 ''$ en trabajos anteriores a ese.

Es una especie sedentaria de conducta gregaria que conforma bancos sobre sustratos duros, utiliza las espinas y pies ambulacrales para movilizarse con desplazamientos muy reducidos; generalmente en zonas de alta corriente los bancos están diseminados; su dieta consiste básicamente en algas marinas (*Lessonia*, *Macrocystis*, *Ulva*, *Polysiphonia*, etc.)(Ayerbe 2018). De acuerdo a algunas observaciones *L. albus* no se nutre directamente de las plantas juveniles o adultas, sino de sus restos que caen al fondo o son arrastrados por las corrientes y el oleaje (Yamashiro, 1996).

L. albus es una especie sedentaria de hábitos gregarios que presenta desplazamientos muy reducidos, habita sobre sustratos rocosos o de fondo mixto (Yamashiro, 1996). Las variaciones temporales del ciclo gonadal de *L. albus* han sido relacionadas con temperaturas bajas, producidas durante los días más cortos del año y seguidas de un período de alta productividad primaria (Bay-Schmith, 1981). Las larvas permanecen de tres a cinco semanas en el plancton alimentándose de fitoplancton para luego transformarse en juveniles que se asientan sobre el sustrato del intermareal rocoso señalan que las larvas pelágicas confieren a la población gran capacidad de dispersión espacial. En la naturaleza, larvas de *L. albus* han sido registradas principalmente entre noviembre y febrero. Las zonas de mayor probabilidad de transporte de larvas de erizos son aquellas que poseen una gran cantidad de canales transversales que conectan las aguas abiertas del Pacífico con las aguas interiores de los archipiélagos (Bay-Schmith , 1981).

Evolutivamente *L. albus* habría formado parte en el Holoceno inferior a una fauna de aguas frías en la costa del Atlántico al Norte del Estrecho de Magallanes, desde donde se habría retirado hacia mayores latitudes como consecuencia de un aumento del aumento de temperatura (entre otras causas, la más probable), en la actualidad. (Larraín, 1975).

3.1.2. Reproductores, fertilización y desove

Loxechinus albus es una especie dioica (machos y hembras) que no presenta dimorfismo sexual externo (Ayerbe, 2018). La fecundidad potencial estimada es variable, estimándose que esta oscila entre 5,0 a 7,2 millones de huevos para erizos de 5,2 a 7,2 cm (Guisado *et al.*, 1995) mientras en un estudio realizado por Guisado *et al.*, 1998, efectúan estimaciones que superan los 10 millones de huevos por erizo. El ciclo reproductivo depende de la latitud geográfica; en específico para la zona sur la época de reproducción es de setiembre a diciembre (Ayerbe, 2018). El proceso de desove se presentaba durante los meses de primavera e inicios del verano, observándose reclutamiento a la población masivo entre octubre y enero (Bay-Schmith, 1981). Existen condiciones favorables registradas para su reproducción, que concluyen que el boom de fitoplancton puede ser una señal más confiable que las altas temperaturas en el momento del desove, ya que integran varios parámetros ambientales Indicadores de condiciones favorables para el éxito larvario (Oyarzún, 1999), además de esta información, también el tipo de alimento disponible para erizos puede influir en la longitud del período de desove (Oyarzún, 1999).

La primera madurez sexual se produce entre 40 a 50 mm de diámetro (Ayerbe, 2018). Información recopilada en Chile, indican que el valor Lm50 (diámetro de la testa (DT) a la que el 50% de la población alcanza la primera madurez reproductiva) se alcanza entre 42.4-42.9 mm de diámetro de la testa (DT), mientras Lm100 se alcanza a 65 mm DT.

El interés por la acuicultura de *L. albus* se debe a la alta presión pesquera sobre las poblaciones silvestres en todo su rango geográfico (Yamashiro *et al.*, 1996; Stotz 2003). Por lo tanto, varias iniciativas agrícolas han tenido como objetivo mejorar las poblaciones silvestres mediante la siembra (Bustos *et al.* 1990). *Loxechinus albus* aún no sostiene una industria acuícola comercial; sin embargo, ya se han logrado avances significativos a escala experimental y piloto (Bustos y Olave, 2001; IMARPE, 2016). La mayoría de las explotaciones de *L. albus* se han desarrollado en la región sur del Perú - Moquegua (IMARPE, 2016). En condiciones de cultivo, los factores ambientales críticos como la temperatura, el oxígeno disuelto, el pH y los compuestos nitrogenados deben controlarse bien (Bustos y Olave, 2001). IMARPE presenta líneas de investigación en acondicionamiento de reproductores, cultivos larvarios y postlarvarios. Los resultados generan los siguientes parámetros el desove es por inducción mediante un shock químico usando una solución de KCl (3ml de solución 0.5M), la edad del primer desove 3.5 años y talla de primer desove de 60 mm.

3.1.3. Cultivo de larvas y juveniles

Los individuos bentónicos postlarvales pueden criarse en condiciones controladas (por ejemplo, tanques) y en condiciones semi-controladas utilizando sistemas flotantes (por ejemplo, palangres) (IMARPE 2016). Ambos sistemas tienen ventajas y desventajas en términos de costos operativos y alimentación. *Loxechinus albus* es de crecimiento lento (Stotz, 2003; Rahman *et al.* 2014) y el costo operativo y la alimentación pueden ser significativos para el escalado comercial. Se lograron avances utilizando alimentos artificiales en el cultivo de *L. albus* (Lawrence *et al.*, 1997); sin embargo, el uso de las algas *Macrocystis* sp. y *Ulva* sp. ya que los alimentos se implementan con mayor frecuencia y con resultados positivos. El cultivo combinado de macroalgas y erizo de mar puede ser una alternativa viable para el cultivo de erizos de mar a escala comercial.

3.1.4. Cultivo de adultos

En cuanto a la respuesta a la variabilidad ambiental existe muy poca información, un trabajo de concluye que *L. albus* son capaces de amortiguar los efectos del estrés térmico, por lo mismo poseen una distribución latitudinal muy amplia.

3.2. SARGAZO (*Macrocystis pyrifera*)

3.2.1. Características generales

Macrocystis pyrifera es una alga de color amarillo pálido a marrón con una fijación que se ancla al sustrato, haces de frondas y estructuras reproductivas llamadas esporofilas ubicadas por encima de la fijación (Tegner *et al.*, 1996). Varias vejigas llenas de gas llamadas neumatocistos proporcionan flotabilidad a las frondas. Esta especie puede superar los 45 m de longitud (Abbot y Hollenberg, 1976), lo que la convierte en el alga marina más grande del mundo. Su ciclo de vida implica la alternancia de generaciones entre esporofitos diploides grandes (productores de esporas) y gametofitos microscópicos haploides (productores de gametos). Las zoosporas flageladas microscópicas haploides se producen por meiosis en el esporangio del esporofito diploide. Las zoosporas haploides se asientan y germinan en gametofitos haploides masculinos o femeninos que producen gametos masculinos y femeninos. Los gametos masculinos y femeninos se combinan y forman esporofitos diploides que crecen de tamaño microscópico a macroscópico (Dayton, 1985; Ladah y Zertuche-Gonzalez, 2007). El ciclo sexual se completa en aproximadamente un año (Neushul, 1963), la producción de esporas ocurre durante todo el año pero con picos estacionales (Reed *et al.* 1997), y la vida útil se estima en aproximadamente 5 años (Dayton *et al.* 1992).

Habitan preferentemente aguas calmas y frías con temperaturas de 15 °C o inferiores y viven fijas a fondos rocosos entre 6 a 20 metros de profundidad, llegando a colonizar grandes extensiones de sustrato formando praderas o bosques submareales densos (Carbajal, 2018). *Macrocystis pyrifera* tiene una distribución anfítropical que abarca las costas occidentales de América del Norte y del Sur, incluida Argentina. Esta especie también se encuentra en Sudáfrica, Australia,

Nueva Zelanda y las islas subantárticas (Neushul, 1971). *Macrocystis pyrifera* forma bosques de algas en sustratos duros o en arena gruesa a profundidades inferiores a 40 m, con aguas costeras limpias y claras a $<20^{\circ}\text{C}$, con alta concentración de nutrientes y movimiento moderado del agua. Los bosques de algas marinas proporcionan la base para comunidades ecológicas altamente productivas y biológicamente diversas (Abbot y Hollenberg, 1976; Dayton, 1985). Las esporofitas que se desprenden de los sustratos bentónicos crean balsas de algas que son flotantes debido a sus numerosos neumatocistos; Los esporofitos pueden permanecer vivos durante > 100 días después del desprendimiento y pueden dispersarse a lo largo de 1,000 km (Hernández-Carmona *et al.*, 2006).

3.2.2. Reproductores, fertilización y desove

En el año 2016, el Laboratorio costero del IMARPE en Ilo, gana el concurso de Investigación Aplicada y Desarrollo Tecnológico en Problemas de Interés Público con el proyecto "Producción de semillas y cultivo en sistema suspendido de macroalgas de interés comercial en el litoral marino de Ilo - Moquegua" el objetivo de este proyecto es producir semillas (plántulas) de macroalgas de interés comercial como *Macrocystis pyrifera*. En el Perú, la mayoría de los trabajos consultados señalan la temperatura como factor principal que influencia el desarrollo de las algas, ya que regula los cambios fenológicos y la reproducción.

La empresa Algaex desarrolla el cultivo de *Macrocystis pyrifera* basado en el esporocultivo. Las esporas se asientan sobre cuerdas acondicionadas en laboratorio

en donde se produce formación de gametofitos y esporofitos viables que generarán plántulas, las cuales son trasladadas al mar para su siembra y posterior crecimiento.

La acuicultura experimental se está implementando en el litoral de Ilo y Moquegua para producir esporofitos (semillas) juveniles utilizando técnicas clásicas en condiciones controladas. Como sustrato para el asentamiento de esporofitos se utilizan cordones de nailon de 3-4 mm, que eventualmente se fijan a un cordón madre a diferentes profundidades hasta 15 m en sistemas suspendidos para simular la distribución vertical natural de esta especie submareal (Córdova-Castañeda, 2012; Vásquez -Castro *et al.*, 2012).

3.2.3. Cultivo de larvas y juveniles

Las plántulas se trasplantan a líneas suspendidas seis meses después del inicio de las esporulaciones. Semanalmente se evalúan el crecimiento individual, el aumento de peso y la prevalencia de epífitas, y las líneas de cultivo se mantienen y limpian periódicamente. Las primeras cosechas se realizan en el décimo mes dirigido a las plantas más grandes. Simultáneamente, se realizan mediciones de crecimiento post-poda para evaluar el número de cortes que una planta puede resistir (Vásquez-Castro *et al.*, 2012).

3.2.4. Cultivo de adultos

Macrocystis pyrifera es un alga de importancia comercial recolectada para la extracción de alginatos y para alimentar a otras especies como el abulón y los erizos de mar. El cultivo puede ayudar a la repoblación de macroalgas que están disminuyendo debido a la sobreexplotación de la pesquería y debido a perturbaciones naturales (por ejemplo, calentamiento oceánico). América del Sur consume el 3,7% de la producción mundial de alginato de sodio, pero las fábricas de la región producen solo menos del 1% de la producción. El desarrollo de la industria del cultivo de macroalgas en la región puede permitir así cubrir la demanda interna. Además, se estimó que el cultivo de unos 4.000.000 km² de macroalgas, equivalente al 1% de la superficie oceánica mundial, puede reducir el CO₂ atmosférico a niveles del año 1988. Por lo tanto, el cultivo de macroalgas no solo puede aumentar la producción de derivados de algas, sino que también puede tener impactos positivos en el medio ambiente.

La variabilidad ambiental tendrá un impacto negativo teniendo en cuenta que habitan preferentemente aguas calmas y frías con temperaturas de 15 °C o inferiores. Es necesario hacer más estudios referentes a este tema ya que la información es muy limitada.

3.3. YUYO (*Chondracanthus chamiso*)

3.3.1. Características generales

Chondracanthus chamissoi es una alga roja marina bentónica que puede llegar a medir 50 cm de longitud. Esta especie se encuentra desde la zona intermareal más baja hasta 15 m de profundidad (Bulboa, 2006) Los estudios realizados con *Chondracanthus chamissoi* demuestran que la abundancia relativa en el campo favorece a los gametofitos durante todo el año, sin embargo, aparentemente a menos gametofitos se vuelven reproductivos. Este aspecto particular detectado en el campo sugiere que esta diferencia en la relación de fase se debe a diferencias en capacidades reproductivas y / o fisiológicas entre las fases y no a cambios en la estructura de la población como resultado de eventos estocásticos (González, 1996).

La distribución geográfica de *C. chamissoi* no se distribuye exclusivamente en el sureste del Pacífico, sino que también se encuentra en Corea, Japón y Francia, esto fue hallado luego de un análisis genético (Bulboa, 2019). *Chondracanthus chamissoi* es la única especie de chondracanthus que presenta el sureste del Pacífico sin embargo, se puede encontrar una alta variabilidad de las formas de talo a lo largo de su distribución, lo que ha llevado a confusión taxonómica en el pasado (Bulboa, 2019). En el sur se distribuye desde Paita, Perú (5°S) a Ancud, Chile (42°S) (Bulboa, 2006) En cuanto al hábitat se distribuyen en la zona intermareal baja, en hábitats rocosos expuestos y poco profundos zonas submareales e intermareales en bahías protegidas con profundidades hasta los 15 m (Flores, 2010; Bulboa, 2019).

Se ha sugerido que la temperatura fue el factor principal que influye en el crecimiento de *C. chamissoi* así como con el ciclo de vida de la alga. (Bulboa 2001)

Según Bulboa & Macchiavello (2001), la temperatura óptima para el crecimiento de *Chondracanthus chamissoi* bajo condiciones experimentales (25° C) fueron más altas que la temperatura promedio superficial en la región de estudio región (19° C). El crecimiento de *Chondracanthus chamissoi* bajo un rango completo de temperaturas probadas puede ser un reflejo de su adaptación a su distribución extensa latitudinal. Los resultados sugieren que fisiológicamente la temperatura óptima para esta alga in vitro puede estar fuera de la que se encuentra en el medio ambiente.

3.3.2. Reproductores, fertilización y desove

La familia Gigartinaceae se caracteriza por una alternancia isomorfa de generaciones con generaciones, presenta un ciclo de vida isomorfo trifásico: tetrasporofito, gametofito y carposporofito. Los gametofitos pueden ser dioicos o monoicos. En *C. chamissoi*, el tetrasporófito libera esporas haploides llamadas tetrasporas, que se depositan en un sustrato fijo para dar lugar a los gametofitos masculinos y femeninos. Estos, cuando son fecundados por la reproducción sexual, originan el carposporófito, que crece dentro de una estructura reproductiva llamada cistocarpo, que se encuentra en los pinnulos del gametofito femenino. El carposporófito produce esporas diploides llamadas carposporas que se asientan y forman el tetrasporófito, cerrando el ciclo. *C. chamissoi* también tiene reproducción vegetativa (carposporito) que ocurre cuando fragmentos del talo se desprenden, derivan en el mar y hacen contacto con un sustrato adecuado, formando discos de fijación secundarios que se convertirán en nuevas plántulas. Es muy común

encontrar estos fragmentos flotando en la zona intermareal durante todo el año, y se ha demostrado que no hay diferencias significativas en la capacidad de reintegrarse entre las frondas gametofíticas y tetraspóricas (Bulboa 2019)

La mayor tasa de crecimiento de gametofitos de *Chondracanthus chamissoi* no puede ser el resultado de un mayor nivel de ploidía, además su reclutamiento diferencial que favorece el asentamiento de tetrasporas, puede interpretarse como una ventaja selectiva para la fase gametofítica que ayuda a explicar su dominancia en camas naturales (Bulboa 2001).

En el 2019 se realizó el “Taller de cierre del proyecto “Desarrollo de un programa de producción de semilla y cultivo de *C. chamissoi* "yuyo" en la Bahía de Paracas, Pisco”, Convenio N° 234-INNOVATE PERU-IAPIP-2017. Años antes en el 2017 en San Andrés, provincia de Pisco, departamento de Ica; el LICMA se implementó en marco del proyecto: Desarrollo de un programa de producción de semilla y cultivo de *C. chamissoi* "yuyo" en la Bahía de Paracas, Pisco el cual tiene como objetivo viabilizar comercialmente la producción de “yuyo” mediante su cultivo en la Bahía de Paracas y transferir la tecnología de cultivo a la Federación Regional de Pescadores de Pisco.

Según Arbaiza Samuel (2016), La temperatura afecta principalmente las tasas de reacciones químicas y el metabolismo correlacionándose directamente con la fotosíntesis, la respiración, la inducción a la esporulación, germinación, el crecimiento y desarrollo de las algas. Agrega que la liberación de carposporas fue mayor en el tratamiento de temperatura (temperatura y oscuridad).

Existen dos procesos de cultivo para *C. chamissoi*, por propagación vegetativa y a partir de esporas. El cultivo a partir de esporas o esporocultivo consiste en permitir que las esporas (tetrasporas o carposporas), análogas a las semillas usadas para el cultivo de plantas terrestres, sean inoculadas sobre sustratos artificiales (cuerdas, redes, etc.) para posteriormente ser trasladado a las áreas de cultivo en el mar para su crecimiento y su posterior cosecha. Este sistema de cultivo tiene la ventaja de utilizar una baja cantidad de biomasa reproductiva para iniciar el cultivo permitiendo un cultivo masivo a partir de cantidades pequeñas de material fértil, abriendo la posibilidad de seleccionar cepas para la producción de plantas de mejor calidad.

El cultivo a partir de esporas se inicia con la obtención y mantención del material reproductivo de praderas naturales. La colecta debe ser cuidadosa, seleccionando individuos completos, con buen aspecto, textura, poco o no epifitados, evitando individuos varados o flotantes, que hayan estado expuestos. El material colectado es lavado y limpiado en campo y puesto en un contenedor térmico aislado con una condición de 80 – 90% de humedad evitando su exposición al sol. En estas condiciones el material puede ser trasladado al centro del cultivo sin afectar la viabilidad de las esporas. Posteriormente se debe inducir la esporulación del material fértil por medio de diversos tipos de estrés (temperatura, salinidad, etc.)

Por otro lado, el cultivo vegetativo o cultivo por propagación vegetativa puede desarrollarse por medio de talos fragmentados o por la formación de discos de fijación secundaria (DFS). Esta metodología de cultivo consiste en el

aprovechamiento de la capacidad de propagación vegetativa que tiene *C. chamissoi* al propiciar el contacto del alga con el sustrato (mediante una liga se puede fijar el alga sobre una valva o se pueden entrelazar trozos de algas sobre las cuerdas de cultivo). De esta manera se generan en los puntos de contacto discos de fijación secundaria (DFS) los cuales tienen la capacidad de generar nuevos brotes independientes del alga “madre”. Posteriormente estos sustratos (valvas, cuerdas, etc.) con los DFS formados pueden ser trasladados al mar para su posterior crecimiento.

El cultivo por propagación vegetativa tiene la ventaja de poder realizarse a lo largo de todo el año dado que no depende de individuos con estructuras reproductivas. Además es una metodología sencilla y no necesita mayor tiempo en condiciones controladas (los talos fragmentados pueden entrelazarse entre las cuerdas y enseguida puestas en el mar; en el caso de la formación de DFS, generalmente puede estar solo 1 mes en condiciones controladas hasta la formación de discos para luego ser sembradas en el mar). Sin embargo, para la propagación vegetativa se necesita una considerable cantidad de biomasa inicial y dado que no se puede determinar con exactitud el estadio de los individuos que darán inicio al proceso, el cultivo resultante puede ser muy heterogéneo. Una característica no menor de generar “clones” es la disminución de la variabilidad genética lo que podría generar problemas adaptativos a condiciones cambiantes del medio.

La empresa Algaex desarrolla el cultivo de *C. chamissoi* basado en la técnica de esporocultivo, la producción de esta macroalga se realiza sobre diversos sustratos

artificiales y naturales. La técnica consiste en la obtención de esporas desde plantas fértiles, favorecer el asentamiento de las mismas y hacerlas viables en el tiempo a fin de generar nuevos individuos.

3.3.3. Cultivo de larvas y juveniles

A nivel nacional existen experiencias desarrolladas recientemente sobre el cultivo de *C. chamissoi*, una de ellas fue realizada en Marcona, donde obtuvieron algas de 23 cm luego de 5 meses de cultivo en sustrato artificial en sistema de cultivo de fondo en el mar por parte de la empresa ACUISUR. S.A.C.; otra fue realizada en PAIJAN con el proyecto experimental “Fijación de carposporas y formación de discos de fijación secundaria de *Chondracanthus chamissoi*, “yuyo”, Paján, Perú, en condiciones semi controladas de laboratorio con resultados en el crecimiento y desarrollo de *C. chamissoi* en un cultivo vía carposporas más uniforme, constante y lento en comparación al cultivo vía propagación vegetativa.

3.3.4. Cultivo de adultos

Chondracanthus chamissoi también viene siendo cultivada de manera piloto en el litoral de la Provincia de Ilo por la Asociación las Brisas, en el desarrollo de tecnología de cultivo, se usaron sustrato artificial (malla hortofrutícola) para el cultivo en medio natural, el sustrato artificial fue importada de Chile y no se encuentra disponible en el mercado local. Por lo que es necesario mencionar que el uso de sustrato en el Perú son reemplazados por otros que se encuentran en los

mercados locales como la malla anchovetera y malla raschel para el cultivo de yuyo (Marcelo, J. 2018).

La experiencia de cultivo mas actual realizada en el 2019 en Pisco, El Queso, Bahía Independencia la organización Terrenouva busca adaptar y mejorar las técnicas de cultivo en mar de *Chondracanthus chamissoi* tomando en cuenta cuales son las condiciones climáticas favorables para su desarrollo, que parámetros son los que permitirán al alga desarrollar mayor biomasa en menor tiempo, minimizando costos y aumentando así su rentabilidad. Este proyecto tiene como fin sentar protocolos de cultivo para que pobladores organizados dedicados a la colecta de alga pasen a ser cultivadores, de esta manera a conservar los bancos naturales. (<http://www.terranouva.org.pe/cultivo-de-chondracanthus-chamissoi-yuyo-en-cuerdas-horizontales-combinado-con-cultivos-suspendidos-de-argopecten-purpuratus-concha-de-abanico-diversificando-la-oferta-productiva-de-la-empres/>)

Terra Nuova presentó a fines del año pasado los avances de su proyecto: Cultivo de *Chondracanthus chamissoi* “Yuyo” en cuerdas horizontales combinado con cultivos suspendidos de *Argopecten purpuratus* “Concha de abanico”, diversificando la oferta productiva de la empresa acuícola “Línea Madre” la cual cuenta con el apoyo del PNIPA (<https://www.coeci.org.pe/terra-nuova-presento-avances-proyecto-cultivo-algas-la-semana-la-innovacion-2019/>).

El impacto que causa la variabilidad climática en *C. chamissoi* posiblemente no sea intenso ya que tiene una temperatura optima relativamente alta (25°C) y tiene

adaptaciones a una distribución latitudinal extensa. Es necesario mencionar que un estudio sugiere que fisiológicamente la temperatura óptima para esta alga in vitro puede estar fuera de la que se encuentra en el medio ambiente.

4. REFERENCIAS CITADAS EN LOS PERFILES DE ESPECIES

- Abbott I, Hollenberg G (1976) Marine Algae of California. Palo Alto, California: Stanford University Press
- Aburto, G. y Encina, F. (2005). Estimación de los parámetros ecofisiológicos críticos (oxígeno y amonio) para la determinación de la capacidad de carga en el cultivo de juveniles de corvina (*Cilus gilberti*) (Tesis para optar al grado de licenciado en ciencias de la Acuicultura). Universidad Católica de Temuco Facultad de Recursos Naturales Escuela de Acuicultura. Chile.

- Alcázar J, Mendo J (2008) Crecimiento y supervivencia de juveniles de *Argopecten purpuratus* en sistemas de fondo y suspendido en la zona de Casma, Perú. *Ecología Aplicada* 7: 71–80.
- Álamo V. & V. Valdivieso. 1997. Lista sistemática de moluscos marinos del Perú. Segunda Edición. Instituto del Mar del Perú. Callao - Perú. 183 pp.
- Aldana, C. & Monteforte M. (1995). Spat collection, growth and survival of pearl oyster *Pteria sterna* under extensive cultura conditions in Bahía de la Paz, South Baja California, Mexico. Libro de resúmenes, World a quaculture Society: 48-49.
- Alemán S, Montero P. 2015. Informe Interno Seguimiento de la Pesquería de Invertebrados Marinos. Informe Anual 2015. Inst. Mar del Perú.
- Allen, G., Robertson, R., Rivera, F., Edgar, G. & Merlen, G. 2010. *Anisotremus scapularis*. The IUCN Red List of Threatened Species 2010: e.T183256A8081555.
- Andina (2019) Desarrollan primera jaula flotante para cultivo de chita en norte del país. Pagina Web revisada en setiembre 2020 <https://andina.pe/agencia/noticia-desarrollan-primera-jaula-flotante-para-cultivo-chita-norte-del-pais-776888.aspx>
- Angeles B, Mendo J (2005) Crecimiento, fecundidad y diferenciación sexual del lenguado *Paralichthys adspersus* (Steindachner) de la costa central del Perú. *Ecol apl* 4, 115–112.
- Aquahoy (2017). Cultivando una perla de esperanza en el mar de Los Órganos y Cabo Blanco. www.aquahoy.com. Recuperado

de:<https://www.aquahoy.com/noticias/moluscos/29601-cultivando-una-perla-de-esperanza-en-el-mar-de-los-organos-y-cabo-blanco>

- Araújo, ALFD (2016). Caracterización del hábitat y aspectos ecológicos de *Anisotremus moricandi* (Perciformes: Haemulidae) en los ambientes recifais costeiros de Paraíba, Brasil.
- Arguello-Guevara W, Loor A, Sonnenholzner S. (2013). Broodstock conditioning, spawning induction, and early larval development of the tropical rock oyster *Striostrea prismatica* (Gray 1825). *Journal of Shellfish Research*. 32(3): 665 - 670
- Avilés MA (2005) Calidad de huevos y larvas según el manejo de los reproductores de la cabrilla (*Paralabrax maculatofasciatus*, Pisces: Serranidae). Dissertation, Universitat de Barcelona.
- Ayerbe Ochoa, R., Zevallos Fera, S., Castañeda Muñoz, V., Lope, F., Bendita, H., & Sanz Ludeña, Y. (2018). Manual: Cultivo de macha *Mesodesmadonacium* (Lamarck, 1818) en la Región Moquegua.
- Ayerbe Ochoa, R., Zevallos Fera, S., Castañeda Muñoz, V., Lope, F., Bendita, H., Vizcarra, Y., & Sanz Ludeña, Y. (2018). Manual: Cultivo de erizo comercial *Loxechinus albus* en la Región Moquegua. *InfInst Mar Perú* 45(2), 2018, p. 210-241.
- Baltazar, P., Rodríguez, P., Rivera, W., & Valdivieso, V. (2000). Cultivo experimental de *Octopusmimus* Gould, 1852 en el Perú. *Revista Peruana de Biología*, 7(2), 151-160.

- Bay-Schmith EC, Werlinger C, Silva Y (1981) Ciclo anual de reproducción del recurso erizo *Loxechinus albus* entre la X y XII Región. Informe final Proyecto de Investigación, Subsecretaría de Pesca-Universidad de Concepción.
- Benites Rodríguez, C. (1987). El desarrollo de la maricultura en el Perú con énfasis en la Concha de Abanico (*Argopecten purpuratus*) y Langostinos (*Penaeus vannamei*).
- Bermúdez, P. (2006). Guía técnica cultivo suspendido de la ostra del Pacífico *Crassostrea gigas*.
- Bermudez-Corcuera PI, Maidana-Cuadros JC, Aquino-Bravo H, Palomino-Ramos AR (2004) Manual de cultivo suspendido de concha de abanico. PRODUCE-FONDEPES-AECI-PADESPA. pp 100.
- Bernardi, G., Alva-Campbell, Y. R., Gasparini, J. L., & Floeter, S. R. (2008). Molecular ecology, speciation, and evolution of the reef fish genus *Anisotremus*. *Molecular phylogenetics and evolution*, 48(3), 929-935.
- Blaskovic´ V, Espinoza P, Fernández C, Castillo D, Navarro I (2008) Espectro alimentario de las principales especies demersales de importancia comercial y sus relaciones intraespecíficas en el 2007. Informe técnico anual. Dirección de Investigaciones en peces demersales y litorales. pp 38.
- Bray, W.A., Lawrence, A., 1992. Reproduction in *Penaeus* species in captivity. In: Fast, A.W.,Lester, J. (Eds.), *Marine Shrimp Culture: Principles and Practices*. Elsevier, Amsterdam, pp. 93–170.
- Braverman MS (2011) Life history temprana de la corvina rubia (*Micropogonias furnieri*, Scianidae) en el estuario del Río de la Plata. Dissertation, Universidad de Buenos Aires.

- Brook JH, Mass SM: Penaeid taxonomy, biology and zoogeography. In Marine shrimp culture: principles and practices. Edited by: Fas WA, Lester LJ. Elsevier Science Publishers, Amsterdam; 1992:9-23.
- Briggs M (2006) *Penaeus vannamei*. Cultured Aquatic Species Information Programme. In: FAO Fisheries and Aquaculture Department. Rome. Updated 7 April 2006.
- Bulboa, C. R., & Macchiavello, J. E. (2001). The effects of light and temperature on different phases of the life cycle in the carrageenan producing alga *Chondracanthus chamissoi* (Rhodophyta, Gigartinales). *Botanica Marina*, 44(4), 371-374.
- Bulboa, C., & Macchiavello, J. (2006). Cultivo de frondas cistocárpicas, tetraspóricas y vegetativas de *Chondracanthuschamissoi* (Rhodophyta, Gigartinales) en dos localidades del norte de Chile.
- Bulboa-Contador, C. B., Massad, I. P., Contreras-Porcía, L., Zapata, J., Castañeda, F., Ramírez, M. E., & Gil-Kodaka, P. (2019). Concise review of genus *Chondracanthus* (Rhodophyta: Gigartinales). *Journal of Applied Phycology*, 1-13.
- Bustos E, Olave S (2001) Manual: El Cultivo del Erizo (*L. albus*). IFOP. División de Acuicultura. pp 22.
- Bustos E, Olave S, Troncoso R (1990) Investigación en el erizo *Loxechinus albus* (Molina, 1782) en investigación repoblamiento de recursos bentónicos, área piloto IV Región III. CORFO-IFOP
- Cáceres Puig, J. I. (2007). Dinámica anual del esfuerzo reproductivo de *Pteria sterna* (Gould, 1851) en la Bahía de La Paz, BCS, México.

http://dspace.cibnor.mx:8080/bitstream/handle/123456789/175/caceres_j.pdf?sequence=1

- Carré, M. (2007). El mes de recolección de la macha (*Mesodesma donacium*) determinado por sus líneas de crecimiento: aplicaciones arqueológicas. *Bulletin de l'Institut français d'études andines*, (36 (2)), 299-304.
- Campos J & Fournier M.L. El banco de *Ostrea iridescens* (Pterioidea: Ostreidae) de Bahía. Curú, Costa Rica. 1989. In: Fournier M.L. Eds. The reproductive biology of the tropical rocky oyster *Ostrea iridescens* (Bivalvia: Ostreidae) on the Pacific coast of Costa Rica. *Aquac.* 1992. 101: 371-378.
- Carbajal P. & Gamarra A. (2018). Guía para recolección y reconocimiento de macroalgas pardas comerciales del Perú. *Inf. Inst. Mar Perú* 45(2), 2018, p. 169-181.
- Cárdenas S (2012) Biología y acuicultura de corvinas en el mundo. *Revista AquaTIC* 37. Revista científica de la Sociedad Española de Acuicultura. pp 1–13.
- Cárdenas, S. (2014). “Acuicultura de corvinas en el mundo”. En S. Cárdenas. (Ed), *Manual del curso de acuicultura de Corvina* (pp. 07 - 20). Andalucía, España: IFAPA, Junta de Andalucía.
- Cárdenas, S. (2016). Biología y acuicultura de corvinas en el mundo. *Revista AquaTIC*, (37).
- Carré M. 2007. El mes de recolección de la macha (*Mesodesma donacium*) determinado por sus líneas de crecimiento: aplicaciones arqueológicas. *Bulletin del'Institut Français d'Études Andines*. 36 (2): 299-304.

- Carrera Santos, L., Cota Mamani, N., Linares, J., Castro, A., Orihuela, L., Silva, E., & Montes, M. (2018). Manual para acondicionamiento y reproducción de chita *Anisotremus scapularis*. *Inf Inst Mar Perú* 45(2), 2018, p. 263-276
- Cisneros Burga, R., Fernández, E., & Bautista, J. (1995). Adaptación y reproducción de la Ostra Japonesa *Crassostrea gigas* en ambiente controlado. Informe preliminar.
- COEECI agosto 2019. Terra Nuova presentó avances de su proyecto sobre cultivo de algas en la Semana de la Innovación 2019. Pagina Web revisada en setiembre 2020 <https://www.coeeci.org.pe/terra-nuova-presento-avances-proyecto-cultivo-algas-la-semana-la-innovacion-2019/>
- Córdova-Castañeda CA (2012) Fortalecimiento de la Pesquería del recurso Macroalgas Marinas en la Provincia de Ilo, Región Moquegua. Informe de actividades. pp 28.
- Cota Mamani, N. (2016). Ontogenia del sistema digestivo y caracterización de la actividad enzimática de las larvas de chita *Anisotremus scapularis* (Tschudi, 1846).
- Chero, J, Cruces, C, Sáez, G & Alvariano, L. 2014. Community of metazoan parasite of corvine drum *Cilus gilberti* (Abbott, 1899) (Perciformes: Sciaenidae) in the coastal zone of Chorrillos, Lima, Peru. *Neotropical Helminthology*, vol. 8, n°1, jan-jun, pp. 163 – 182.
- Chirichigno N, Cornejo RM (2001) Catálogo comentado de los peces marinos del Perú. Instituto del Mar del Perú. Callao, Perú
- Chirinos Rodriguez, L. (2019). Determinación de la densidad de carga adecuada sobre la tasa de crecimiento y la tasa de supervivencia de la especie *Cilus*

gilberti (corvina) en la etapa de pre-engorde en el Centro de Acuicultura Morro Sama del distrito de Sama las Yaras, provincia de Tacna, Región Tacna. Tesis para optar el título de ingeniero pesquero.

- Dayton PK (1985) Ecology of kelp communities. *Annu Rev Ecol Syst* 16: 215–245.
- Dayton PK, Tegner MJ, Parnell PE, Edwards PB (1992) Temporal and spatial patterns of disturbance and recovery in a kelp forest community. *Ecol Monogr* 62: 421–445.
- De Silva, S.S. y Soto, D. 2009. El cambio y la acuicultura: repercusiones potenciales, adaptación y mitigación. En K. Cochrane, C. De Young, D. Soto y T. Bahri (eds). *Consecuencias del cambio climático para la pesca y la acuicultura: visión de conjunto del estado actual de los conocimientos científicos*. FAO Documento Técnico de Pesca y Acuicultura, No 530. Roma, FAO. pp. 169-236.
- Díaz A. & Ortlieb L. (1993). El fenómeno “El Niño” y los moluscos de la costa peruana. *Bull. Inst. fr. études andines*. 22 (1): 159 – 177.
- Diaz, F., Farfan, C., Sierra, E., & Re, A. D. (2001). Effects of temperature and salinity fluctuation on the ammonium excretion and osmoregulation of juveniles of *Penaeus vannamei*, Boone. *Marine & Freshwater Behaviour & Phy*, 34(2), 93-104.
- Dionicio-Acedo, J., Rosado-Salazar, M., Galecio-Regalado, F., & Aguirre-Velarde, A. (2018). Crecimiento y tasas fisiológicas de chita *Anisotremus scapularis* (Tschudi, 1846): Bases técnicas para cultivo.
- Especies cultivadas en el Perú. Ministerio de la Producción, Despacho Viceministerial de Pesquería, Dirección General de Acuicultura

- ESPOL (2017) Producción de semillas de ostra de roca *Striostrea prismatica* (Gray, 1825). XIX Congreso ecuatoriano de Acuicultura. Ecuador. <http://www.cenaim.espol.edu.ec/sites/cenaim.espol.edu.ec/files/11%20Blgo%20Dani%20Rodr%C3%ADguez%20-%20Producci%C3%B3n%20de%20semilla%20de%20la%20ostra%20de%20roca.pdf>
- FAO. Uriarte, Iker (2008). Estado actual del cultivo de moluscos bivalvos en Chile
- Flores, D., Zavala Huambachano, J., Donayre Salazar, S., Guardia Otárola, A., & Sarmiento Bedezú, H. (2015). Evaluación poblacional de *Chondracanthus chamissoi* (C. Agardh 1820) en las bahías de Pisco y Paracas, Otoño 2010.
- FONDEPES. (2015). Manual de Cultivo de Lenguado. Biblioteca Nacional del Perú. Pp31.
- Fournier, M. 1992. The reproductive biology of the tropical rocky oyster *Ostrea iridescens* (Bivalvia: Ostreidae) on the Pacific coast of Costa Rica. *Aquaculture*, 101: 371-378.
- Gárate, A. y Pacheco, A. (2004). Cambios en la distribución y abundancia de la ictiofauna de aguas someras en San Bartolo (Lima, Perú) después del ENSO 1997- 98. *Ecología Aplicada*, 3(1,2).
- Goicochea C, Moquillaza P, Mostacero J (2012) Edad y crecimiento de *Paralabrax humeralis* (Valenciennes) en el mar del Callao, 1996. *Inf Inst Mar Perú* 39: 23–25.

- Gonzalez, J., & Meneses, I. (1996). Differences in the early stages of development of gametophytes and tetrasporophytes of *Chondracanthuschamissoi* (C. Ag.) Kützing from Puerto Aldea, northern Chile. *Aquaculture*, 143(1), 91-107.
- Guisado Ch (1995) Estrategias de desarrollo larval y ciclo de vida en dos especies de echinoideos regulares del sur de Chile. M Sc Thesis, Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile.
- Hernández, M. (2018). Corvina. Recuperado de <http://www.stellamaris.cl/peces/pez-corvina/>
- Hernández-Carmona G, Hughes B, Graham MH (2006) Reproductive longevity of drifting kelp *Macrocystis pyrifera* (Phaeophyceae) in Monterey Bay, USA. *J Phycol* 42: 1199–1207.
- Herzka SZ, Griffiths R, Fodrie FJ, McCarthy ID (2009) Short-term size-specific distribution and movement patterns of juvenile flatfish in a Pacific estuary derived through length-frequency and mark-recapture data. *Cienc Mar* 35, 41–57.
- Ibarcena W, Muñante L, Muñante L, Vasquez J (2004) La explotación de la macha (*Mesodesma donacium* Lamarck 1818) en el litoral de Tacna. *CiencDesarro* 8, 12–22.
- IMARPE & ITP (1996) Compendio biológico tecnológico de las principales especies hidrobiológicas comerciales del Perú. Inst. Mar Perú. pp 146.
- IMARPE (2008) Acondicionamiento de reproductores y obtención de semillas de concha de abanico *Argopecten purpuratus* (Lamarck 1819), en un sistema controlado experimental en el puerto de Ilo. Laboratorio de Investigación de moluscos. Informe anual. Ilo, Perú. pp 37

- IMARPE (2014) Anuario Científico Tecnológico IMARPE 14. PRODUCE-IMARPE. pp 241.
- IMARPE (2015). Ciclo de vida de la chita *Anisotremuscapularis*. Serie divulgación científica Año 1-Vol1-Nº1.
- IMARPE (2016) Manual para el cultivo del erizo comercial *Loxechinus albus* en la región de Moquegua. Bol Inst Mar Perú Vol 43.
- IMARPE (2017) Proyecto piloto experimental de engorde de juveniles de chita fortalecerá conocimiento sobre su cultivo. http://www.imarpe.gob.pe/imarpe/archivos/noticia/imarpe_notic_notajuvenilesdechita.pdf
- IMARPE (2017). Investigaciones en acuicultura desarrolladas por imarpe durante el siglo XXI. Lima
- IMARPE (Instituto del Mar del Perú). Catálogo de especies : “Corvina” (*Cilus gilberti*). (En Línea). Revisado el 10 de junio del 2020. Disponible en: http://www.imarpe.pe/imarpe/pag_fichas_detalle.php?id_especie=000023
- IMARPE. (2013). Detalle de especie marina. Recuperado de http://www.imarpe.gob.pe/imarpe/pag_fichas_detalle.php?id_especie=000023
- IMARPE. LABORATORIO DE CULTIVOS MARINOS. Pagina Web revisada en setiembre 2020. http://www.imarpe.gob.pe/imarpe/index.php?id_seccion=I0170050101000000000000
- INKATERRA. Cultivo de Perlas. www.inkaterra.com. Recuperado de: <https://www.inkaterra.com/inkaterra-asociacion-org/research/oceanobosque/produccion-de-perlas/>

- IPCC (2007). *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, UK, 976 p.
- Jerez, G. V. (1995). *Monitoreo de la Pesquería del Recurso Macha en la IV y V Regiones*, 1994.
- Keen, M. 1971. *Sea Shells of Tropical West America. Marine Mollusks from Baja California to Perú*. 2nd ed. Stanford University Press. USA. 1064 pp.
- Kong, I., Clarke, M., & Escribano, R. (1995). Alimentación de *Paralichthys adspersus* (Steindachner, 1867) en la zona norte de Chile (Osteichthyes: Paralichthyidae). *Rev. Biol. Mar.*, Valparaíso, 30(1), 29-44.
- Ladah LB, Zertuche-Gonzalez JA (2007) Survival of microscopic stages of a perennial kelp (*Macrocystis pyrifera*) from the center and the southern extreme of its range in the Northern Hemisphere after exposure to simulated El Niño stress. *Mar Biol* 152: 677–686.
- Larraín, A. 1975. Los equinodermos regulares y fosiles recientes de Chile. *Gayana, Zoologia*, 35:1-189.
- Lawrence JM, Olave S, Otaiza R, Lawrence AL, Bustos E (1997) Enhancement of gonad production in the Sea Urchin *Loxechinus albus* in Chile fed extruded feed. *J World Aquac Soc* 28: 91–96.
- Lodeiros, Cesar & Marquez, Adrian & Revilla, Esteban & Rodriguez Pesantes, Daniel & Sonnenholzner, Stanislaus. (2017). Spat Production of the Rock

Oyster *Striostrea prismatica* (Gray, 1825). *Journal of Shellfish Research*. 36. 729-735. 10.2983/035.036.0322.

- Loor A.(2012). Desarrollo de protocolos de manejo para la inducción al desove y larvicultura de la ostra nativa *Crassostrea iridescens* (Hanley, 1854). Tesis de grado. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Guayaquil. 115 pp.
- Loor, A. & S. Sonnenholzner. (2016). Reproductive cycle of the rock oyster, *Striostrea prismatica* (Gray, 1825) from two locations on the southern coast of Ecuador. *Aquacult. Res.*, 47: 1432-1442. doi.org/10.1111/are. 12601.
- Luque Sánchez, C., Solís Acosta, J., Morón Antonio, O., & Crispín Carpio, A. (2001). Prospección de concha perlífera *Pteria sterna* en Talara, noviembre 2000.
- Majkowski, J. C. (2004). TEMAS ESPECIALES C1. ATUNES Y ESPECIES AFINES.
- Marcelo-Cahuiccamá, J. (2018). Efecto del sustrato sobre el crecimiento y supervivencia de *Chondracanthus chamissoi* en cultivo en sistema suspendido en el litoral marino de Ilo. Universidad Nacional de Moquegua. Tesis para Para optar el título profesional de ingeniero pesquero.
- Marín H. (2011). Evaluación de Diferentes Regímenes de Alimentación para el Acondicionamiento Reproductivo de la Ostra Nativa *Crassostrea iridescens* (Hanley, 1854). Tesis de grado, Escuela Superior Politécnica del Litoral, CENAIM. 8 - 65 p.
- McAnally L. & Valenzuela E. (1990). Crecimiento y supervivencia de las larvas de la ostra concha de nacár, *Pteria Sterna*, en condiciones de laboratorio. *Cienc. Mar.* 16:29 - 41.

- Mejía J, Samamé M, Pastor A (1970) Información básica de los principales peces de consumo. Instituto del Mar, Serie de Informes Especiales IM-62. pp 29.
- Meléndez-Galicia, C., F.D. Estrada-Navarrete, V. Hernández-Covarrubias, A. Arellano-Torres & D. Hernández-Montaña. 2015. Madurez gonádica del ostión de roca *Crassostrea iridescens*, de la costa de Michoacán, México. *Cienc. Pesq.*, 23: 25-36.
- Mendo J, Wolff M, Mendo T, Ysla L (2016) Chapter 28. Scallop fishery and culture in Peru. In: Shumway SE, Parsons GJ (eds) *Scallops: Biology, Ecology, Aquaculture, and Fisheries*, 3rd edn. Elsevier Science, Oxford, pp 1089–1110.
- Mialhe F, Gunnell Y, Mering C (2013) The impacts of shrimp farming on land use, employment and migration in Tumbes, northern Peru. *Ocean Coast Manag* 73: 1–12.
- Miñano JB, Castillo J (1971) Investigación biológica preliminar de la “cabrilla” *Paralabrax humeralis* (Valenciennes) en Chimbote. Instituto del Mar. Serie de Informes Especiales IM-83. pp 8.
- Mendo, J., Wolff, M., Carbajal, W., Gonzáles, I., & Badjeck, M. (2008). Manejo y explotación de los principales bancos naturales de concha de abanico (*Argopecten purpuratus*) en la costa Peruana. Estado actual del cultivo y manejo de moluscos bivalvos y su proyección futura, 101.
- Monroy, A., Lucero Pérez, S., & Quiroz Ruiz, M. (2016). Evaluación biológica poblacional de macha (*Mesodesma donacium*, Lamarck 1818) en la provincia de Islay, Arequipa. Febrero 2015.
- Monteforte M. 2005. Ecología, biología y cultivo extensivo de la madreperla de calafia, *Pinctada mazatlanica* (Hanley 1856), y la concha nácar arcoíris *Pteria*

sterna (Gould 1852) en Bahía de La Paz, Baja California Sur, México. Tesis para optar el grado de Doctor en Ciencias. Biológicas. Universidad de La Habana. Cuba. 132 pp.

- Montes, M., Castro, A. M., Linares, J. F., Orihuela, L. I., & Carrera, L. J. (2019). Embryonic development of Peruvian grunt *Anisotremus scapularis* (Perciformes: Haemulidae). *Revista de biología marina y oceanografía*, 54(2), 166-173.
- Mora E. 1990. Catálogo de bivalvos marinos del Ecuador. Instituto Nacional de Pesca. Boletín Científico Técnico. Vol. X. N° 1. Guayaquil – Ecuador. 136 pp.
- Mundo acuícola (2018). Desarrollan cultivo piloto de cabrilla en jaulas flotantes en el norte de Perú. www.mundoacuicola.cl. Recuperado de: <https://www.mundoacuicola.cl/new/2018/10/09/desarrollan-cultivo-piloto-de-cabrilla-en-jaulas-flotantes-en-el-norte-de-peru/>
- Neushul M (1971) The biology of giant kelp beds (*Macrocystis*) in California: the species of *Macrocystis*. *Nova Hedwigia* 32: 211–222.
- Nielsen JG, Munroe T, Tyler J, Bussing W (2010) *Paralichthys adspersus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2010: e.T183528A8129027.
- Nolte GE (2015) Peru's Shrimp Industry Expanding to Capture U.S. Market Demand. Global Agricultural Information Network Report. USDA Foreign Agricultural Service. pp 4. Available at: https://gain.fas.usda.gov/Recent%20GAIN%20Publications/Shrimp%20Industry%20Situation_Lima_Peru_3-17-2015.pdf
- OANES. Octubre 2018. Perú - Desarrollan cultivo piloto de cabrilla en jaulas flotantes en el norte de Perú. Pagina Web revisada en setiembre 2020.

<http://www.oannes.org.pe/noticias/peru-desarrollan-cultivo-piloto-de-cabrilla-en-jaulas-flotantes-en-el-norte-de-peru/>

- Ordinola E, Alemán S, Montero P, Llanos J. (2010), La ostra *Crassostrea iridescens* (Hanley) en Tumbes, Perú, Primavera 2007; Inf. Inst. Mar Perú. 37(3-4): 139 – 150 p
- Ordinola E., P. Montero, S. Alemán & J Llanos. (2010). El bivalvo concha perlífera *Pteria sterna* (Gould) en Talara, Perú. Abril 2007. Inf. Inst. Mar Perú. 37(3– 4): 127-137.
- Ordinola, Elmer; Aleman, Solange y Vera, Manuel (2013). Características biológicas de una población de *Pteria sterna* (Bivalvia: Pteriidae) en Zorritos, Tumbes, Perú. Rev. peru biol. [online]. 2013, vol.20, n.2, pp.181-186. ISSN 1727-9933. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1727-99332013000200012
- Orihuela Toledo, L. I. (2015). Evaluación de tres microdietas en el destete de Lenguado *Paralichthys adspersus* (Steindachner, 1867) paralichthyidae, en condiciones de laboratorio.
- Oyarzún ST, Marín SL, Valladares C, Iriarte JL (1999) Reproductive cycle of *Loxechinus albus* (Echinodermata: Echinoidea) in two areas of the Magellan Region (53°S, 70–72°W), Chile. Sci Mar 63, 439–449.
- Peña, R., & Dumas, S. (2007). Development of the retina in spotted sand bass *Paralabrax maculatofasciatus* (Percoidei: Serranidae) larvae under culture conditions. Ciencias Marinas, 33(3), 293-300.
- Paredes, C., J. Tarazona, E. Canhauire, L. Romero, O. Cornejo Y F. Cardoso. 1998. Presencia de moluscos tropicales de la Provincia Panameña en la

costa central del Perú y su relación con los eventos “El Niño”. Rev. Perú. Biol. 5 (2):123-128.

- Perea de la Matta, Á., & Carrera Santos, L. (2012). Seguimiento en cautiverio de la maduración gonadal y desove del lenguado *Paralichthys adspersus* (Steindachner).
- Quiroz m, barriga E. 1998. Evaluación del recurso macha (*Mesodesma donacium*) en el litoral de Moquegua y Tacna. Informe Progresivo N° 86. Instituto del Mar del Perú. 3-11 pp.
- Rahman MA, Arshad A, Yusoff FM (2014) Sea Urchins (Echinodermata: Echinoidea): Their Biology, Culture and Bioactive Compounds. International Conference on Agricultural, Ecological and Medical Sciences (AEMS-2014) July 3-4, 2014 London.
- Ramírez, P., Faúndez, V., Silva C., & Arriagada, D. (2017). Cultivo de la corvina chilena como alternativa productiva para la región del Biobío (Informe de proyecto de título para optar al título de Ingeniero Civil Industrial). Universidad Católica de la Santísima Concepción. Chile.
- Ramos-Cruz, S. (2000). Composición por tallas, edad y crecimiento de *Litopenaeus vannamei* (Natantia: Penaeidae), en la laguna Mar Muerto, Oaxaca-Chiapas, México. *Revista de Biología Tropical*, 48(4), 873-882.
- Ramos-Cruz, S., Sánchez-Meraz, B., Carrasco-Ayuso, F., & Cervantes-Hernández, P. (2006). Estimación de la tasa de mortalidad natural de *Farfantepenaeus californiensis* (Holmes, 1900) y *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) en la zona costera del Golfo de Tehuantepec, México. *Revista de biología marina y oceanografía*, 41(2), 221-229.

- Reed DC, Anderson TW, Ebeling AW, Anghera M (1997) The role of reproductive synchrony in the colonization potential of kelp. *Ecology* 78: 2443–2457.
- Riascos, J.M., Heilmayer, O., Oliva, M.E., Laudien, J., Arntz, W.E., 2008. Infestation of the surf clam *Mesodesma donacium* by the spinoid polychaete *Polydora biocipitalis*. *Journal of Sea Research* 59, 217e227.
- Riascos JM (2009a) Thriving and declining: Population dynamics of the macha (*Mesodesma donacium*, Bivalvia, Mesodesmatidae) along a latitudinal gradient of the Humboldt Current Upwelling System. Dissertation, Bremen University 124 pp.
- Riascos, J. M., Carstensen, D., Laudien, J., Arntz, W. E., Oliva, M. E., Güntner, A., & Heilmayer, O. (2009b). Thriving and declining: climate variability shaping life-history and population persistence of *Mesodesma donacium* in the Humboldt Upwelling System. *Marine Ecology Progress Series*, 385, 151-163.
- Ríos-González, K. G., López-Uriarte, E., Chong-Carrillo, O., Vega-Villasante, F., & Chávez-Villalba, J. (2018). Rock oyster *Striostrea prismatica* (Gray, 1825): biology, exploitation and conservation. *Latin american journal of aquatic research*, 46(4), 626-644.
- Robles, J., Cisneros Linares, P., & Siccha-Ramirez, R. (2020). Reproducción y cultivo de ostra nativa *Striostrea prismatica* (Gray, 1825). Tumbes, Perú.
- Ruiz L (2012) Estado de la acuicultura en Perú. *Revista AquaTIC* 37: 99–106.

- Samamé M, Castañeda J (1999) Biología y pesquería del lenguado *Paralichthys adspersus*, con especial referencia al área norte del litoral peruano, departamento de Lambayeque. Bol Ins Mar Perú 18 (1-2): 15–48.
- Samamé M, Castillo J, Mendieta A (1985) Situación de las pesquerías demersales y los cambios durante El Niño. Bol Extr Inst Mar Perú, 153–158.
- Saucedo, P. y Monteforte, M. 1997. Breeding Cycle of Pearl Oysters *Pinctada mazatlanica* and *Pteria sterna* in Bahía de La Paz, South eBaja California, México. Journal of Shellfish Research. 16 (1): 348-349.
- Segura M, Galindo, flores D. 1998. Evaluación del recurso “macha” (*Mesodesma donacium*) en el litoral de Ica y Arequipa. Informe Progresivo N° 95. Instituto del Mar del Perú. 3-16 pp.
- Soto, Mario & M., L. & Salas, Armando & Oliva, Miguel. (2016). CULTIVATION OF STONE OYSTER *STRIOSTREA PRISMATICA* (GRAY) IN A WATER SUPPLY CHANNEL FOR SHRIMP FARM IN SINALOA, MEXICO. PONTE International Scientific Researchs Journal. 72. 10.21506/j.ponte.2016.6.19.
- Smith-Vaniz B, Robertson R, Dominici-Arosemena A, Molina H, Salas E, Guzman-Mora AG, Bearez, P (2010) *Paralabrax humeralis*. The IUCN Red List of Threatened Species 2010: e.T183746A8169144.
- Stotz WB (2003) Sea-urchin fisheries: A Chilean perspective. Lawrence JM, Gúzman O (Eds) Proceedings of the international conference on sea-urchin fisheries and aquaculture. Puerto Varas

- Tegner MJ, Dayton PK, Edwards PB, Riser KL (1996) Is there evidence for long-term climatic change in Southern California kelp forests? *CalCOFI Rep* 37: 111–126.
- Tequén, M., & Madeline, E. G. (2016). Categorización de especies marinas de mayor importancia comercial de la pesquería artesanal en la Región Lambayeque según los criterios de la lista roja regional de la UICN.
- Terranouva. agosto 2019. Cultivo de *Chondracanthus chamissoi* “Yuyo” en cuerdas horizontales combinado con cultivos suspendidos de *Argopecten purpuratus* “Concha de abanico”, diversificando la oferta productiva de la empresa acuícola “Línea Madre”, El Queso, Bahía Independencia (RNP), Pisco. . Pagina Web revisada en setiembre 2020 <http://www.terranouva.org.pe/cultivo-de-chondracanthus-chamissoi-yuyo-en-cuerdas-horizontales-combinado-con-cultivos-suspendidos-de-argopecten-purpuratus-concha-de-abanico-diversificando-la-oferta-productiva-de-la-empres/>
- Treviño Zambrano, Luis M. (2018) ACONDICIONAMIENTO GONÁDICO E INDUCCIÓN AL DESOVE POR “SHOCK” TÉRMICO DE LA OSTRÁ PERLÍFERA *Pteria sterna* (GOULD, 1851) EN CONDICIONES DE LABORATORIO. Univ. Nacional agraria La Molina. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/3096/trevi%C3%B1o-zambrano-luis-manuel.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- Tucker J (1998) *Marine Fish Culture*. Kluwer Academic Publishers, USA.
- Twist BA, Rayment WJ, Hepburn CD (2016) Movement patterns of adult scallops (*Pecten novaezealandiae*) within a customary fisheries reserve: Implications for fine scale spatial management. *Fish Res* 174: 160–166.

- Ureta, M., Avalos, P., Estrada, C. (diciembre, 2008). Desarrollo de la tecnología de engorda de juveniles de corvina en balsas jaula en la IV región, Coquimbo: Innova Chile CORFO 05CR11PPD-12. Boletín informativo N°1. Recuperado de <https://docplayer.es/20425625-Boletin-informativo-no-1-diciembre-2008.html>
- Uriarte, I., Rupp, G., & Alejandro, Y. PRODUCCIÓN DE JUVENILES DE PECTÍNIDOS IBEROAMERICANOS BAJO CONDICIONES CONTROLADAS SPAT PRODUCTION OF IBEROAMERICAN SCALLOPS UNDER CONTROLLED CONDITIONS. Los Moluscos Pectínidos de Iberoamérica: Ciencia y Acuicultura A.N. Maeda-Martínez (ed.) 2001, Cap. 8: 147-171
- Uriarte, I., Iglesias, J., Domingues, P., Rosas, C., Viana, M. T., Navarro, J. C. & Godoy, F. (2011). Current status and bottle neck of octopod aquaculture: the case of American species. *Journal of the world aquaculture society*, 42(6), 735-752.
- Vásquez-Castro J, Castillo-Rojas R, Zavala-Huambachano J, Tejada-Cáceres A, Mamani-Maquera J (2012) Programa de investigación de las algas pardas en el sur del Perú. 2011–2015. *Inf Inst Mar Perú vol. extraordinario*, sep. 2012. p. 5-57 <http://biblioimarpe.imarpe.gob.pe/handle/123456789/2178>
- Velázquez, R., & Óscar, M. (1997). Efecto de la alimentación sobre los desoves de la cabrilla Arenera *Paralabrax maculatofasciatus* (teleostei: serranidae) mantenida en cautivero (Doctoral dissertation, Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas).
- Yamashiro C, Benites C, Zeballos J, Tafur R (1996) Algunos aspectos biológico-pesqueros del recurso erizo *Loxechinus albus* (Molina, 1782). *InfProgInst Mar Perú* 38, 31–46.

- Zevallos S. 2014. Evaluación de la madurez sexual de *Mesodesma donacium* (Lamarck, 1818) alimentadas con microalgas locales. Tesis. Universidad Católica del Norte. 68 pp.

ANEXO 2. Tablas

Tabla A1. Puntajes promedio de expertos sobre langostino

Atributo	Sensibilidad	Impacto	VULNERABILIDAD
1	1.75	0.75	1.38
2	1.63	1.02	1.67
3	1.75	1.13	2.06
4	2.13	1.5	3.22
5	1.88	1.31	2.47
6	1.81	1.69	3.10
7	1.44	0.25	0.36
8	1.94	1.44	2.84
9	1.69	1.56	2.73
TOTAL	14.07	10.65	19.81

Tabla A2. Puntajes promedio de expertos sobre concha de abanico –
Sechura

Atributos	Sensibilidad	impacto	VULNERABILIDAD
1	2.56	1.63	4.14
2	2.50	1.63	4.09
3	2.69	1.38	3.72
4	2.88	1.56	4.50
5	2.94	1.81	5.34
6	1.75	1.75	3.08
7	2.81	1.56	4.34
8	2.81	1.81	5.09
9	2.50	1.38	3.75
TOTAL	23.44	14.50	23.44

Tabla A3. Puntajes promedio de expertos sobre concha de abanico – Paracas

Atributos	Sensibilidad	impacto	VULNERABILIDAD
1	2.56	1.56	4.11
2	2.44	1.44	3.75
3	2.69	1.69	4.61
4	2.88	1.56	4.53
5	3.00	1.56	4.69
6	1.75	1.56	2.92
7	2.88	1.63	4.64
8	2.44	1.50	3.42
9	2.63	1.75	4.66
TOTAL	23.25	14.25	23.25

Tabla A4. Puntajes promedio de expertos sobre ostra del pacifico – Tumbes

Atributos	Sensibilidad	impacto	VULNERABILIDAD
1	1.88	1.19	1.97
2	1.69	0.81	1.56
3	1.75	0.81	1.58
4	1.75	0.88	1.75
5	2.06	1.50	3.00
6	2.06	1.50	3.17
7	2.50	1.69	4.45
8	1.81	1.08	1.93
9	1.63	1.88	3.00
TOTAL	17.13	11.33	22.41

Tabla A5. Puntajes promedio de expertos sobre ostra del pacifico – Lima

Atributos	Sensibilidad	impacto	VULNERABILIDAD
1	1.88	1.06	1.80
2	1.69	0.81	1.56
3	1.69	0.69	1.17

4	1.75	0.88	1.75
5	2.06	1.63	3.28
6	2.06	1.19	2.47
7	2.50	1.69	4.45
8	1.81	1.08	1.93
9	1.63	1.88	3.00
TOTAL	17.06	10.89	21.41

Tabla A6. Puntajes promedio de expertos sobre ostra del pacifico – Ancash

Atributos	Sensibilidad	impacto	VULNERABILIDAD
1	1.56	1.06	1.72
2	1.44	0.81	1.50
3	1.50	0.81	1.52
4	1.50	0.88	1.50
5	1.94	1.50	2.75
6	2.06	1.19	2.47
7	2.44	1.69	4.39
8	1.75	1.08	1.88
9	1.56	1.88	2.88
TOTAL	15.75	10.89	20.59

Tabla A7. Puntajes promedio de expertos sobre Ostra roca

Atributos	Sensibilidad	impacto	VULNERABILIDAD
1	1.94	1.25	2.16
2	1.81	0.88	1.83
3	2.06	0.94	2.02
4	2.31	1.00	2.47
5	2.44	1.13	2.86
6	1.44	1.38	1.91
7	2.63	1.69	4.44

8	1.94	1.06	1.92
9	1.94	1.75	3.30
TOTAL	18.50	11.06	22.89

Tabla A8. Puntajes promedio de expertos sobre Concha perlífera

Atributos	Sensibilidad	impacto	VULNERABILIDAD
1	1.56	1.06	1.55
2	1.86	0.63	1.19
3	1.65	0.56	0.99
4	1.81	0.94	1.59
5	2.50	1.56	3.91
6	1.50	1.31	1.84
7	2.63	1.75	4.67
8	1.88	0.81	1.36
9	2.06	1.69	3.36
TOTAL	17.45	10.31	20.46

Tabla A9. Puntajes promedio de expertos sobre de Macha

Atributos	Sensibilidad	impacto	VULNERABILIDAD
1	2.1	1.8	3.7
2	2.1	0.8	1.5
3	2.3	0.9	1.8
4	2.3	1.6	3.5
5	2.7	1.8	4.9
6	1.9	1.5	2.8
7	2.8	1.5	4.4
8	2.1	1.2	2.6
9	2.8	1.7	4.8
TOTAL	20.9	12.7	29.9

Tabla A10. Puntajes promedio expertos sobre de Lenguado

Atributos	Sensibilidad	impacto	VULNERABILIDAD
1	1.50	1.63	2.41
2	1.31	1.31	1.66
3	2.00	1.50	3.00
4	1.50	1.00	1.63
5	1.63	1.50	2.53
6	1.63	1.44	2.36
7	1.44	0.88	1.33
8	1.50	0.88	1.33
9	2.25	1.63	3.69
TOTAL	14.75	11.75	19.92

Tabla A11. Puntajes promedio de expertos sobre chita – Tumbes

Atributos	Sensibilidad	impacto	VULNERABILIDAD
1	1.63	1.50	2.53
2	1.63	1.38	2.28
3	1.88	1.56	2.91
4	1.69	1.31	2.20
5	1.75	1.38	2.39
6	2.13	1.13	2.09
7	1.38	1.00	1.50
8	2.00	1.06	2.13
9	2.63	1.44	3.75
TOTAL	16.69	11.75	16.69

Tabla A12. Puntajes promedio de expertos sobre chita – Ancash

Atributos	Sensibilidad	impacto	VULNERABILIDAD
------------------	---------------------	----------------	-----------------------

1	1.69	1.44	2.61
2	1.56	1.31	2.19
3	1.88	1.38	2.59
4	1.63	1.31	2.22
5	1.81	1.38	2.50
6	1.88	1.25	2.19
7	1.44	1.00	1.55
8	1.75	1.00	1.73
9	2.63	1.50	3.91
TOTAL	16.25	11.56	21.48

Tabla A13. Puntajes promedio de expertos sobre chita – Lima

Atributos	Sensibilidad	impacto	VULNERABILIDAD
1	1.31	1.06	1.36
2	1.38	0.75	0.94
3	1.75	1.13	1.94
4	1.69	0.94	1.63
5	1.75	1.10	2.02
6	2.19	1.00	2.00
7	1.38	0.94	1.44
8	1.69	0.81	1.36
9	2.50	1.25	3.03
TOTAL	15.63	8.98	15.70

Tabla A14. Puntajes promedio de expertos sobre Cabrilla – Paracas

Atributos	Sensibilidad	impacto	VULNERABILIDAD
1	2.00	1.44	2.64
2	1.88	1.75	3.28
3	2.19	1.50	3.38
4	2.06	1.44	3.00

5	2.25	1.50	3.39
6	2.44	1.19	2.91
7	1.63	1.25	2.00
8	2.00	1.25	2.41
9	2.94	1.63	4.77
TOTAL	19.38	12.94	27.77

Tabla A15. Puntajes promedio de expertos sobre Cabrilla –
Sechura

Atributos	Sensibilidad	impacto	VULNERABILIDAD
1	2.00	1.31	2.39
2	1.88	1.69	3.20
3	2.19	1.50	3.38
4	2.06	1.50	3.17
5	2.25	1.56	3.56
6	2.06	1.48	2.99
7	1.63	1.38	2.25
8	1.94	1.44	2.77
9	2.94	1.69	4.95
TOTAL	18.94	13.54	28.66

Tabla A16. Puntajes promedio de expertos sobre Corvina

Atributos	Sensibilidad	impacto	VULNERABILIDAD
1	1.75	1.44	2.56
2	1.69	1.19	2.06
3	1.63	1.06	1.83
4	1.75	1.19	2.34
5	2.31	1.44	3.36
6	2.06	1.31	2.83

7	2.00	1.31	2.81
8	2.06	1.31	2.66
9	2.75	1.63	4.45
TOTAL	18.00	11.88	24.91

Tabla A17. Puntajes promedio de expertos sobre Erizo

Atributos	Sensibilidad	impacto	VULNERABILIDAD
1	1.50	0.94	1.53
2	1.88	1.31	2.44
3	1.88	1.13	2.13
4	1.94	1.44	2.69
5	2.50	1.63	3.94
6	1.75	0.94	1.66
7	2.60	1.69	4.41
8	2.23	1.06	2.41
9	2.50	1.69	4.31
TOTAL	18.77	11.81	25.51

Tabla A18. Puntajes promedio de expertos sobre Macrocytis

Atributos	Sensibilidad	impacto	VULNERABILIDAD
1	1.81	1.31	2.67
2	1.44	1.00	1.58
3	1.44	1.00	1.58
4	2.50	1.63	4.06
5	2.81	1.75	4.94
6	1.81	1.44	2.70
7	2.31	1.81	4.23
8	2.25	1.38	3.25
9	2.25	1.50	3.45
TOTAL	18.63	12.81	28.47

Tabla A19. Puntajes promedio de expertos sobre yuyo

Atributos	Sensibilidad	impacto	VULNERABILIDAD
1	1.38	1.13	1.78
2	1.19	1.00	1.33
3	1.19	1.00	1.33
4	1.69	1.06	1.91
5	1.88	1.06	2.30
6	1.38	1.06	1.56
7	2.13	1.25	3.03
8	1.88	1.19	2.52
9	2.56	1.69	4.41
TOTAL	15.25	10.44	18.38

Tabla A20. Puntajes promedio de sensibilidad, impacto y vulnerabilidad por cadena productiva.

ESPECIE	SENSIBILIDAD	IMPACTO	VULNERABILIDAD
Langostino	16.00	10.65	19.81
Concha de abanico - Sechura	23.44	14.50	23.44
Concha de abanico - Paracas	23.25	14.25	23.25
Ostra del pacifico - Tumbes	17.13	11.33	22.41
Ostra del pacifico - Lima	17.06	10.89	21.41
Ostra del pacifico - Ancash	15.75	10.89	20.59
Ostra roca	18.50	11.06	22.89
Concha perlifera	17.45	10.31	20.46
Macha	20.94	12.69	29.88
Lenguado	14.75	11.75	19.92
Chita - Tumbes	16.69	11.75	16.69
Chita - Ancash	16.25	11.56	21.48
Chita - Lima	15.63	8.98	15.70

Cabrilla - Paracas	19.38	12.94	27.77
Cabrilla - Sechura	18.94	13.54	28.66
Corvina	18.50	12.92	24.91
Erizo	18.77	11.81	25.51
Sargazo	18.63	12.81	28.47
