

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
ESCUELA DE QUÍMICA
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Proyecto Final de Graduación para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería
Ambiental

**“Guía de producción más limpia y mejores prácticas del proceso productivo de ostras
y mejillones en Isla Chira, Golfo de Nicoya, Costa Rica”**

Adriana Rojas Chacón

CARTAGO, Junio, 2024

TEC | Tecnológico
de Costa Rica

ingeniería
ambiental

“Guía de producción más limpia y mejores prácticas del proceso productivo de ostras y mejillones en Isla Chira, Golfo de Nicoya, Costa Rica”

Informe presentado a la Escuela de Química del Instituto Tecnológico de Costa Rica como requisito parcial para optar por el título de Ingeniero Ambiental con el grado de licenciatura

Miembros del tribunal

Dra. Nancy Ariza Castro

Director(a)

Lic. Gerardo Zúñiga Calero

Lector 1

M.Sc. Ana Lorena Arias Zúñiga

Lector 2

M.Sc. David Isasi Hernández Parra

Coordinador(a) COTRAFIG

Dr. Guillermo Calvo Brenes

Director Escuela de Química

M.Sc. Diana Zambrano Piamba

Coordinadora Carrera de Ingeniería Ambiental

DEDICATORIA

A mi madre y a mi padre, ustedes son mi mayor apoyo e inspiración. Este logro es gracias a ustedes. Los amo.

AGRADECIMIENTOS

Agradecerle a la Profe Nancy por todo el apoyo, el respeto, la paciencia y el factor humano de empatía que mantuvo a lo largo de todo el proceso. Gracias por la confianza depositada en mí y por siempre crearme capaz. Como docente y científica, gracias por enseñarme que el límite es el cielo y que cuando se lucha por alcanzarlo las oportunidades llegan.

Gracias Don Gerardo por la paciencia, compromiso con el proyecto y todo el conocimiento compartido.

Agradecerle enormemente a la ASOPECUPACHI y a la Asociación del Cultivo de Mejillones y Mariscos en Isla Chira por recibirme y brindarme la información necesaria para la realización de este trabajo.

Agradecerle al Proyecto ECOMAR y sus socios estratégicos por el financiamiento del proyecto.

Gracias Anita, Tita Teresa y Elena porque a la distancia siempre las sentí muy cerquita.

A todas las amistades que conocí en mis años de U agradecerles porque de fijo esos años no hubieran sido tan chivas sin ustedes. Marcaron muchas de mis experiencias que siempre voy a recordar.

Caro gracias por el apoyo incondicional, por siempre creer en mí y como siempre digo creo que no estaría aquí si no fuera por vos.

No es casualidad es causalidad, así que gracias Isla Chira por esa magia que siempre voy a atesorar.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	11
ABSTRACT	12
1. INTRODUCCIÓN	13
<i>1.1 OBJETIVOS</i>	<i>15</i>
1.1.1 Objetivo general	15
1.1.2 Objetivos específicos	15
2. REVISIÓN DE LITERATURA	16
<i>2.1 SITUACIÓN DE LA MARICULTURA</i>	<i>16</i>
2.1.1 A Nivel Mundial	16
2.1.2 En Costa Rica	18
<i>2.2 ESPECIES Y SUS CARACTERÍSTICAS</i>	<i>20</i>
<i>2.3 FACTORES QUE CONSIDERAR DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE OSTRAS Y MEJILLONES</i>	<i>21</i>
2.3.1 Cambio Climático	21
2.3.2 Tipos de Sistemas	22
2.3.2.1 Sistema Submareal	23
2.3.2.2 Línea Larga	23
<i>2.4 PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA (P+L)</i>	<i>24</i>
2.4.1 Quick Scan	24
2.4.2 Eco Inspector	25
<i>2.5 IMPACTOS AMBIENTALES DE LA PRODUCCIÓN DE OSTRAS Y MEJILLONES</i>	<i>26</i>
2.5.1 Residuos	26
2.5.1.1 Materia orgánica y nutrientes	27
2.5.1.2 Químicos	27
2.5.1.3 Sólidos	27
2.5.2 Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI)	28
2.5.3 Energía	29
2.5.4 Huella Hídrica	29
<i>2.6 ALTERNATIVAS PARA LA GESTIÓN DE RESIDUOS</i>	<i>30</i>
2.6.1 Proceso de recuperación de conchas y posible reutilización	30
3. MATERIALES Y MÉTODOS	33

3.1 ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN	33
3.2 DESCRIPCIÓN DEL LUGAR DE ESTUDIO	33
3.3 RECOLECCIÓN DE DATOS	35
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	38
4.1 SITUACIÓN ACTUAL DE LA PRODUCCIÓN DE OSTRAS Y MEJILLONES Y SUS IMPACTOS AMBIENTALES	38
4.1.1 Diagrama de Flujo del Proceso	41
4.1.2 Datos obtenidos a partir del Eco Inspector	46
4.1.3 Impactos Ambientales	48
4.1.3.1 Residuos	48
4.1.3.2 Energía	53
4.1.3.3 Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI)	57
4.1.3.4 Huella Hídrica	58
4.1.4 Valorización de residuos de ostras y mejillones	61
4.2 OTROS ASPECTOS PARA CONSIDERAR	62
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	65
6. REFERENCIAS	67
APÉNDICE	76
Apéndice 1: QUICK SCAN OSTRAS	77
Apéndice 2: QUICK SCAN MEJILLONES	87
Apéndice 3: GUÍA DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA Y MEJORES PRÁCTICAS DEL PROCESO PRODUCTIVO DE OSTRAS Y MEJILLONES EN ISLA CHIRA	100

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1: Sistema submareal. [30].....	23
Figura 2.2: Sistema de línea larga. [30].....	24
Figura 3.1: Ubicación geográfica de Isla Chira.....	34
Figura 3.2: Primera visita de campo realizada en el lugar de producción de mejillones en Isla Chira, el 26 de mayo.....	35
Figura 3.3: Primera visita de campo realizada en el lugar de producción de ostras en Isla Chira, el 26 de mayo.....	36
Figura 3.4: Reconocimiento en panga de las líneas de producción de ostras en Isla Chira, el 26 de mayo.	36
Figura 4.1: Ejemplo de ostras con tamaño adecuado para comercialización en Isla Chira..	39
Figura 4.2: Ejemplo de bolsa final de 250g para poner en venta de mejillones sin concha en Isla Chira.	40
Figura 4.3: Equipo de depuración ASOPECUPACHI.	41
Figura 4.4: Diagrama de flujo del proceso de producción de ostras y mejillones en Isla Chira.	42
Figura 4.5: Linternas para producción de ostras en Isla Chira.	43
Figura 4.6: Canastas para producción de mejillones en Isla Chira.....	43
Figura 4.7: Bloques para anclar las linternas y canastas en Isla Chira.	44
Figura 4.8: Mejillón con abrojo adherido, Isla Chira.	44
Figura 4.9: Proceso de limpieza en canasta de mejillones en Isla Chira.	45
Figura 4.10: Proceso de limpieza en mesa de mejillones en Isla Chira.....	45
Figura 4.11: Proceso de limpieza de ostras en Isla Chira.	46
Figura 4.12: Proceso de clasificación de ostras por tamaño en Isla Chira.	46
Figura 4.13: Comparación entre las etapas de los procesos de producción de ostras en Isla Chira, de acuerdo con la herramienta Eco Inspector.	47
Figura 4.14: Comparación entre las etapas de los procesos de producción de mejillones en Isla Chira, de acuerdo con la herramienta Eco Inspector.	47
Figura 4.15: Gráfico de los potenciales de P+L del proceso de producción de ostras en Isla Chira, de acuerdo con la herramienta Eco Inspector.	48

Figura 4.16: Gráfico de los potenciales de P+L del proceso de producción de mejillones en Isla Chira, de acuerdo con la herramienta Eco Inspector.	48
Figura 4.17: Bolsas para la producción de ostras en Isla Chira.....	51
Figura 4.18: Hilos que se utilizan para cierre de las bolsas para la producción de ostras en Isla Chira.	51
Figura 4.19: Canasta para producción de mejillones con apertura por vandalismo en Isla Chira.	52
Figura 4.20: Residuos de conchas de ostras y mejillones en Isla Chira.	53
Figura 4.21: Datos estándar para la estimación de generación de energía por un panel solar.	55
Figura 4.22: Resultados de estimación de generación de energía solar en Isla Chira según PVWatts.....	56
Figura 4.23: Gráfico consumo de agua durante el proceso de producción de mejillones en enero 2023 a marzo 2024, en Isla Chira.	59
Figura 4.24: Gráfico consumo de agua durante el proceso de producción de ostras de enero a diciembre 2023 en Isla Chira.....	59
Figura 4.25: Agua residual de la mesa de trabajo de ostras al realizar la clasificación por tamaño en Isla Chira.	60
Figura 4.26: Propuesta de mejora para mesa de referencia. [58]	61
Figura 4.27: Resultado apartado 2 "Política Ambiental" según la aplicación de la herramienta Quick Scan para ostras y mejillones en Isla Chira.	63

LISTA DE CUADROS

Cuadro 4.1 Consumo de electricidad para el proceso productivo de ostras y mejillones en Isla Chira.	53
--	----

LISTA DE SIGLAS Y ACRÓNIMOS

CEQUIATEC	Centro de Investigación y de Servicios Químicos y Microbiológicos
CIPA	Centro de Investigación en Protección Ambiental
ECMAR	Escuela de Ciencias Biológicas
ECOMAR	Efecto de los contaminantes emergentes en los ecosistemas marinos de la Isla de Chira y Paquera: Bio- monitoreo mediante maricultura, para la mejora de la conservación de la biodiversidad, la salud y la actividad productiva de la zona
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
GEI	Gases de Efecto Invernadero
ICE	Instituto Costarricense de Electricidad
INCOPESCA	Instituto Costarricense de Pesca y Acuicultura
ITCR	Instituto Tecnológico de Costa Rica
MIDEPLAN	Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica
MINAE	Ministerio de Ambiente y Energía
ODS	Objetivo de Desarrollo Sostenible
ONU	Organización de las Naciones Unidas
P+L	Producción Más Limpia
PGIR	Plan de Gestión Integral de Residuos
PSU	Unidades prácticas de salinidad
SEPSA	Secretaría Ejecutiva de Planificación Sectorial Agropecuaria
SINAC	Sistema Nacional de Áreas de Conservación
UCR	Universidad de Costa Rica
UNA	Universidad Nacional
UNED	Universidad Estatal a Distancia

RESUMEN

La maricultura o acuicultura marina es una actividad productiva que se ha incrementado en los últimos años en Costa Rica, principalmente en el Golfo de Nicoya con la producción de ostras (*Crassostrea gigas*) y mejillones (*Mytella guyanensis*). Actualmente, no se tiene registro de que se haya realizado un estudio de su impacto ambiental, aspecto muy importante para evitar la sobreexplotación y destrucción de los recursos y garantizar la sostenibilidad de la producción. Este trabajo muestra una guía de producción más limpia del proceso productivo de las ostras y mejillones en Isla Chira, Golfo de Nicoya la cual contribuye al logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) 1 (Fin de la pobreza), 2 (Hambre Cero), 12 (Producción y consumo responsable) y 14 (Vida submarina). Para cumplir con el objetivo del estudio se aplicaron las herramientas de producción más limpia (P+L) “Eco Inspector” y “Quick Scan”, que permitieron elaborar una guía para el mejoramiento del proceso y manejo adecuado de los subproductos generados en esta actividad y que garantizará un proceso más sostenible. Se realizaron visitas de campo a la isla durante las cuales se organizaron grupos focales con las asociaciones de productores de ostras y mejillones para aplicar las herramientas de P+L. Además, identificaron los principales residuos sólidos generados en el proceso. Se encontró que la producción es artesanal y no cuentan con una política de gestión ambiental. Se identificó un potencial de aplicar P+L para las etapas de fabricación de las canastas y linternas utilizadas en el proceso y la clasificación del tamaño de las ostras y mejillones, así como el potencial de valorización para los residuos de conchas como biomaterial dentro y fuera de Isla Chira.

Palabras clave: Producción más limpia, Isla Chira, Ostras, Mejillones

ABSTRACT

The production of oysters (*Crassotrea gigas*) and mussels (*Mytella guyanensis*) by mariculture or marine aquaculture has been expanding during the last years in Costa Rica, mainly in Golfo de Nicoya. Until now, there has been no record on the environmental impact of this activity; a very relevant aspect of this production's sustainability, in terms of avoiding overexploitation and destruction of resources. This investigation offers a cleaner production guide for the productive process of oysters and mussels in Isla Chira, Golfo de Nicoya, it will contribute to achieve the Sustainable Development Goals (SDGs) 1 (End Poverty), 2 (Zero Hunger), 12 (Responsible Production and Consumption) and 14 (Life Underwater). A methodology based on the instruments of cleaner production "Eco Inspector" and "Quick Scan" was applied to achieve the objective, looking forward to guarantee an adequate management of the subproducts. In coordination with the association of oyster and mussel producers a chronogram of field trips was designed to set the focal groups and apply the instruments. Besides, it was possible to identify the main solid waste generated in the process. Results show artisanal methods in their production and absence of an environmental policy. A potential to apply cleaner production was identified for the manufacturing stages of the baskets and lanterns used in the process and the size classification of oysters and mussels, as well as the potential of recovering shell waste for biomaterial inside and outside of Isla Chira.

Key words: Cleaner production, Isla Chira, Oysters, Mussels

1. INTRODUCCIÓN

La Organización de las Naciones Unidas (ONU) en el 2018 [1] propone en su Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) número 14, sobre Vida Submarina, aumentar para el 2030 los beneficios económicos que obtienen los pequeños Estados insulares en desarrollo y los países menos adelantados del uso sostenible de los recursos marinos, en particular mediante la gestión sostenible de la acuicultura.

Durante los últimos años, muchos de los países que disponen de extensos territorios marinos han aumentado la maricultura o acuicultura marina en las comunidades marino-costeras. Según las estadísticas mundiales recuperadas por la FAO en el 2020 [2], la producción acuícola mundial fue de 122,6 millones de toneladas de peso vivo.

Costa Rica que posee más de un 90% de su territorio en superficie marina [3], también ha visto como esta actividad se ha incrementado, especialmente en el Golfo de Nicoya con el cultivo de peces, moluscos y crustáceos. La acuicultura a pequeña escala o de escala microempresarial son mecanismos de resiliencia socio-ambiental, para la superación de la pobreza, la seguridad alimentaria y mitigación del impacto ambiental en zonas marino-costeras, debido a la dependencia de recursos pesqueros cada vez más escasos [4].

En Costa Rica una de las zonas en la cual ha surgido un aumento importante de esta actividad es en la Isla Chira, Golfo de Nicoya, sin embargo, no se ha realizado ningún análisis de impacto ambiental que tiene esta actividad en la zona. Por lo tanto, utilizando las herramientas de producción más limpia “Eco Inspector” y “Quick Scan”, se desarrolló una guía para el mejoramiento del proceso y manejo adecuado de los subproductos generados que garantice una gestión ambiental sostenible [5].

También es importante mencionar que en muchos países se están investigando diferentes maneras de fomentar la economía circular por medio de la reutilización de los desechos de la maricultura como lo son las conchas de los moluscos bivalvos. Las conchas se componen de aproximadamente 96% carbonato de calcio el cual se requiere en diversas industrias como materiales de construcción, suplementos alimenticios, productos farmacéuticos, alimentos para animales, producción de plástico y otros [6]. Por el momento, no se tiene conocimiento

de que en Costa Rica se hayan realizado estudios al respecto, y, por lo tanto, no se valorizan dichos residuos.

Este estudio es un complemento al proyecto desarrollado por las universidades públicas nacionales e internacionales conocido como ECOMAR que consiste en estudiar el efecto de los contaminantes emergentes en los ecosistemas marinos de la Isla Chira y Paquera: Bio-monitoreo mediante maricultura, para la mejora de la conservación de la biodiversidad, la salud y la actividad productiva de la zona [7]. Los resultados de este estudio buscan promover un modelo productivo sostenible de ostras y mejillones que impulse la economía circular y verde y sirva de ejemplo para ser aplicado en otras partes del Golfo de Nicoya. Además, contribuye con el objetivo del proyecto ECOMAR para la obtención de un sello de calidad.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo general

Proponer una guía de producción más limpia del proceso productivo de las ostras y mejillones en Isla Chira, Golfo de Nicoya, Costa Rica.

1.1.2 Objetivos específicos

1. Analizar el proceso de producción de las ostras y mejillones utilizando las herramientas de producción más limpia de Eco Inspector y Quick Scan.
2. Determinar buenas prácticas para la gestión de los recursos.
3. Proponer opciones de valorización para los residuos de las ostras y mejillones.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 SITUACIÓN DE LA MARICULTURA

2.1.1 A Nivel Mundial

El acelerado crecimiento de la población mundial ha causado incertidumbre respecto al abastecimiento alimentario. Debido a esto, las Naciones Unidas (ONU) ha considerado Hambre Cero como su Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) número 2. La sobreexplotación que sufren los recursos naturales con tal de producir alimento para todas las personas sobrepasa la capacidad regenerativa de estos y por lo tanto, se rompe con el concepto de sostenibilidad que busca satisfacer a las generaciones actuales garantizando las mismas condiciones para las generaciones futuras [1].

Debido a esto, actualmente se realizan muchos esfuerzos para abastecer de alimento a la mayor cantidad de personas garantizando que se disminuya el impacto en el ambiente. Sin embargo, los productos de origen animal pertenecen a los sectores más dañinos de la industria alimentaria y se proyecta un aumento en la inclusión de estos en las dietas, específicamente productos del mar [8] aumentando su demanda mundial [9]. Si se compara la producción animal en tierra contra los productos del mar, en general se considera que la producción animal en el mar tiene un menor impacto ambiental [10].

El consumo de alimentos acuáticos aumentó a un ritmo medio anual del 3,0 % entre 1961 y 2019, equivalente a casi el doble del crecimiento demográfico mundial anual (1,6 %) del mismo período [2]. El cultivo de organismos acuáticos o acuicultura se puede encontrar principalmente en: China, Indonesia, India, Noruega, Chile, Japón y Escocia, siendo China el mayor productor (20,65 millones de toneladas en 2019) [11]. El consumo per cápita de alimentos acuáticos de origen animal aumentó de los 9,0 kg (equivalente en peso vivo) en 1961 a los 20,2 kg en 2020, un 1,4 % al año y se espera que para el 2030 aumente un 15% y el suministro promedio per cápita sea de 21,4 kg [2].

Se podría llegar a suponer que el aumento en la demanda de los productos del mar y su impacto ambiental menor comparado a los alimentos producidos en tierra es positivo. Sin

embargo, un alto porcentaje del consumo de alimentos acuáticos proviene de la pesca de captura la cual actualmente solo podría expandirse si se recuperan las poblaciones de peces [12]. Desde los inicios industriales, la pesca de captura no se desarrolló de manera sostenible y, por lo tanto, pronto habrá alcanzado su capacidad máxima en la mayor parte de los océanos del mundo [13] provocando la búsqueda de distintos métodos de producción en el mar. La acuicultura es una de las principales soluciones para la creciente demanda de alimentos marítimos [14] y por ende, se debe garantizar que conforme aumente esta actividad se mantengan prácticas de producción sostenibles [15].

La maricultura es una forma de acuicultura en la que el cultivo del producto final tiene lugar en agua de mar, como fiordos, aguas costeras y abiertas, y mares interiores o instalaciones terrestres en las que la salinidad supera los 20 Unidades prácticas de salinidad (PSU) [15]. Para la industria alimentaria es una forma alternativa de obtener nutrientes que ofrece productos igual de valiosos desde el punto de vista biológico a otros de origen terrestre [17]. Cuando se habla de maricultura se abarca el cultivo de peces, moluscos, crustáceos y plantas acuáticas [18].

En general, la expansión de la acuicultura en los últimos 10 años ha impulsado el crecimiento general de la producción de animales acuáticos en aguas continentales, del 12% de la producción total a finales de la década de 1980 al 37% en el 2020 [2]. El mismo año, la producción mundial de animales acuáticos se estimó en 178 millones de toneladas, la pesca de captura fue de 90 millones de toneladas (51 %) y la acuicultura 88 millones de toneladas (49 %). De toda esa producción de animales acuáticos, más de 157 millones de toneladas (89 %) fueron para consumo humano. De estos porcentajes mencionados, los moluscos bivalvos como las ostras y los mejillones representaron un total de 2,8% de las exportaciones mundiales [2]. Entre 2011 y 2020, la producción mundial de ostra aumentó un 39%, principalmente debido al fuerte incremento de la producción acuícola (+43%). En el 2020 se produjeron 6,4 millones de toneladas de ostras, prácticamente en su totalidad procedentes de la acuicultura (98% de la producción mundial) [19]. Por otro lado, la producción mundial de mejillones fue de 1,5 millones de toneladas en el 2020 [2].

En temas sociales de la maricultura, se ha observado que específicamente en la producción de bivalvos (como las ostras y los mejillones) las comunidades involucradas predominan generalmente unidades familiares y pequeñas empresas, como un mecanismo de resiliencia social y económica para minimizar las pérdidas de bienestar ante la falta del recurso pesquero [4].

2.1.2 En Costa Rica

En Costa Rica, la acuicultura tuvo su inicio en ecosistemas de agua dulce en la década de 1960 con el objetivo de promover el desarrollo socioeconómico en áreas rurales con la introducción de especies de tilapia, luego con trucha y langostino. La acuicultura marina o maricultura comenzó hasta la década de 1970 con el cultivo de camarones y en la década de 1990, se inició la producción de semillas y el cultivo ostras en el Pacífico. En el 2014 se publicó el registro de la existencia de 287 productores acuícolas que generan alrededor de 2 005 empleos directos y junto con la pesca contribuyen con el 0,10% del PIB y un promedio del 1,70% de las exportaciones del país [20].

En Costa Rica la acuicultura aporta nuevas oportunidades ante la escasez de producto pesquero de extracción, debido al aumento en la demanda del consumo per cápita del producto [21]. La falta de una planificación y vigilancia correcta durante muchos años respecto a las actividades productivas en el mar ha provocado el deterioro de hábitats y ecosistemas, lo que reduce las opciones de desarrollo de sectores comunitarios, turísticos, pesqueros y de navegación. Sin embargo, producto del esfuerzo de universidades estatales se busca ampliar las alternativas económicas a la extracción y pesca de las especies marinas para propiciar un ingreso económica a las poblaciones costeras con un sistema sostenible con técnicas que no degraden el ecosistema marino y permitan mejorar la calidad de vida de las personas de la zona [22].

Con el auge que está teniendo la maricultura en el Golfo de Nicoya y sus alrededores principalmente de moluscos bivalvos es de gran importancia garantizar que estas actividades se realicen de una forma planificada, para que sea exitosa y permanente a través del tiempo. Además, evitar posibles conflictos con otras actividades productivas ya establecidas [23].

En Costa Rica, el cultivo de ostras (*Crassostrea gigas*) inició con la investigación de la Universidad Nacional (UNA) de la producción y cultivo a ciclo cerrado de esta especie. En el 2001 se transfieren las primeras semillas producidas en el laboratorio a las comunidades de pescadores artesanales del Golfo de Nicoya específicamente Isla Pájaros y Punta Morales. Actualmente, se cuenta con el Laboratorio de Producción de Semilla de Ostras y Depuración Post-Cosecha que cuenta con la capacidad para atender la demanda de 15 granjas ostrícolas. Existen ocho grandes granjas dedicadas al cultivo de ostras colocando el producto en el mercado nacional, ASOPECUPACHI y APMMIC en Palito de Isla Chira, Cerro Gordo en Colorado de Abangares, Huertos Marinos y SIPACAAP en Costa de Pájaros, ACUAMAR en Isla Cedros y Ostras Pta. Cuchillo en Paquera y ASLOPE en Isla Venado [21].

Los productores de ostras en Costa Rica operan a nivel artesanal.

Las granjas reciben semillas de un tamaño superior a 2.5 mm y utilizan líneas largas de 100 m. Normalmente, la densidad de población a cosecha es de 200 ostras por linterna y la cosecha se espera nueve meses más tarde, con tamaños comerciales de entre 6 y 8 cm [20].

Por otro lado, el cultivo del mejillón (*Mytella guyanensis*) se desarrolló a finales de la década de los 80 en los bancos lodosos donde se encuentran naturalmente. En la zona de Isla Chira se destacan diversas iniciativas de capacitación en temas de producción sostenible y de emprendedurismo por parte de Universidades Estatales como la UNA y UCR desde las décadas de los ochenta, de las cuales algunas se mantienen vigentes en diferentes etapas de proyectos. Actualmente, investigadores de la Escuela de Ciencias Exactas y Naturales de la UNED lideran un proyecto denominado “Plan piloto para el cultivo, mercadeo y comercialización del mejillón (*Mytella guyanensis*) en el Golfo de Nicoya” [24].

En el tema de la sostenibilidad de la maricultura y la producción de ostras se puede indicar que está sujeta al incremento de la producción para atender la demanda del mercado nacional y con ello la sustentabilidad de las 8 granjas mencionadas anteriormente. Todas ofrecen un producto con altos estándares de calidad, inocuo y libre de fitotoxinas nocivas; e implementando herramientas básicas en la administración, contabilidad, mercadeo y ventas. Sin embargo, todavía existen muchas debilidades en la gestión, limitaciones técnico-

administrativas y legales para impulsar con mayor eficiencia y eficacia la actividad productiva [25], para lo cual Costa Rica debe superar: una reacción institucional lenta, duplicidad de trámites, falta de criterio técnico y financiero para el desarrollo de programas integrales que promuevan el fomento de la acuicultura en el país; poca claridad en la estructuración de los criterios técnicos para mitigar integralmente el impacto socioeconómico y ambiental en comunidades marino-costeras [4].

El aumento de la maricultura en el país tiene varios beneficios como: permite crear condiciones para la seguridad alimentaria, generación de empleo, empoderamiento colectivo de personas al impulsar un proyecto productivo propio, estimula el interés de una educación técnica informal, pero específica en el aprendizaje del cultivo de moluscos bivalvos. Esta actividad puede considerarse como una transformación social, económica y de mitigación ambiental de mediano y largo plazo donde el estado invierte en alternativas para el sector pesquero artesanal y la incorporación de un sector de la población que depende en gran medida de programas sociales. El incremento planificado y con soporte técnico científico de la maricultura contribuye a dinamizar la economía local de las poblaciones costeras e impulsa una nueva actividad económica. Además, debe incluirse el monitoreo ambiental, la estrategia de mercadeo y ventas, el acompañamiento de los interesados en asumir la responsabilidad de implementar prácticas administrativas empresariales que fomente jornadas y salarios dignos, y contribuya con la economía social solidaria [4].

Actualmente, se cuenta con el “Plan Estratégico de la Acuicultura en Costa Rica 2019-2023” realizado por INCOPECA, SEPSA y la UNA en el gobierno 2018-2022 de Carlos Alvarado. El objetivo primordial del plan es enfocar estrategias, planes, programas y acciones dirigidas a mejorar la eficiencia de la acuicultura en sus diferentes fases de desarrollo [21].

2.2 ESPECIES Y SUS CARACTERÍSTICAS

Los moluscos son un grupo de invertebrados de los cuales existen 7 clases. Los más conocidos son los gasterópodos (p. ej. caracoles, caracolas o babosas), los bivalvos (p. ej. almejas o mejillones) y los cefalópodos (p. ej. pulpo o sepia). Específicamente los que son de interés en este trabajo pertenecen a los bivalvos los cuales pueden habitar tanto ambientes

de agua dulce como ecosistemas marinos, desde la zona intermareal hasta la abisal. Se caracterizan por tener un cuerpo comprimido lateralmente protegido por dos valvas (concha) [26].

Los moluscos bivalvos, como las ostras y los mejillones, son organismos filtradores y herbívoros que se alimentan principalmente de fitoplancton. Los mejillones se pueden encontrar en cantidades abundantes en zonas intermareales y son organismos bentónicos lo que significa que crecen adheridos a un sustrato y fáciles de reproducir ya que son y capaces de adaptarse a diversos hábitats como mares templados y tropicales, áreas salinas, manglares, costas con fuerte oleaje y rocas expuestas. Viven en grandes colonias y requieren de factores como abundante agua, radiación solar y buena oxigenación para alimentarse y formar sus conchas de carbonato de calcio. Pueden sobrevivir fuera del agua por periodos breves y son sensibles a la salinidad, temperatura del agua y oxigenación. La acidificación de los océanos impulsada por el impacto de las medianas y grandes industrias hace que los bivalvos marinos sean más vulnerables a enfermedades bacterianas, lo que podría tener repercusiones directas en la salud humana a través de su consumo [26].

Las ostras que se producen en Isla Chira, Costa Rica son de la especie *Crassostrea gigas* [20] y los mejillones son *Mytella guyanensi* [24].

2.3 FACTORES QUE CONSIDERAR DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE OSTRAS Y MEJILLONES

2.3.1 Cambio Climático

Así como se mencionó anteriormente la producción de los moluscos depende directamente de las condiciones ambientales de la zona donde se desarrolla la actividad productiva, por lo tanto, el aumento en la variabilidad climática provocada por el cambio climático afecta negativamente la producción causando que sea inestable la tasa de supervivencia y el crecimiento de los moluscos, en otras palabras, afecta la idoneidad del área productiva para cultivarlos y reduce el suministro potencial de los alimentos marinos. El aumento del nivel del mar, la temperatura, la acidez del océano, la frecuencia de las tormentas y la acción de

las olas, así como los cambios en la salinidad, entre otros, se espera que impacten la capacidad de los hábitats marinos (aguas costeras y mar abierto) para cultivar mariscos [27].

En el caso de los moluscos bivalvos estas alteraciones en el ambiente tendrían efectos en la calidad de sus conchas. Todos estos cambios podrían provocar la reducción de las zonas aptas para la maricultura y redistribución de las especies cultivadas históricamente; particularmente para las especies que se cultivan utilizando sistemas de producción abiertos o semiabiertos. Producto de esto se espera que se afecte la cantidad y calidad de la producción de productos del mar de la maricultura. Como posibles estrategias de adaptación se ha planteado la crianza selectiva, zonificación y ubicación basados en el riesgo y cambios a especies alternativas con tasas de crecimiento favorables y aceptadas en el mercado. Hasta la fecha, el impacto del cambio climático en la maricultura sigue siendo poco conocido [27].

2.3.2 Tipos de Sistemas

La cadena productiva de la acuicultura consiste en 4 grandes pasos, el laboratorio, cultivo, industria y mercado. La primera parte de laboratorio consiste en todo lo relacionado a investigación, producción de la semilla, selección y acondicionamiento del medio, como examinar la salinidad, temperatura, turbidez y contaminación. En Costa Rica esto se realiza con ayuda de los centros de investigación de la UNA y la UNED. En la segunda parte están a cargo los finqueros de la siembra, crianza y cosecha. La tercera parte del procesamiento primario y procesamiento secundario y la última parte, del mercado interno del país y en caso de existir también el externo [29].

Existen distintos tipos de sistemas de maricultura: (a) cultivos suspendidos marinos para plantas acuáticas; (b) cultivo en jaulas marinas; (c) cultivo en estanques marinos; (d) cultivo de moluscos con postes marinos, cuerdas y bolsas de red [12]. Dentro de este último tipo se tienen los sistemas sumergidos que incluye la balsa y línea larga (long line) y los sistemas submareales de estacas o bandejas [30]. En Costa Rica, se utiliza el sistema submareal de estacas y la línea larga.

2.3.2.1 Sistema Submareal

Este sistema se puede llamar intermareal, por estar constantemente expuesto a los efectos de los niveles de marea. Este sistema es construido en forma de plataforma con distintos

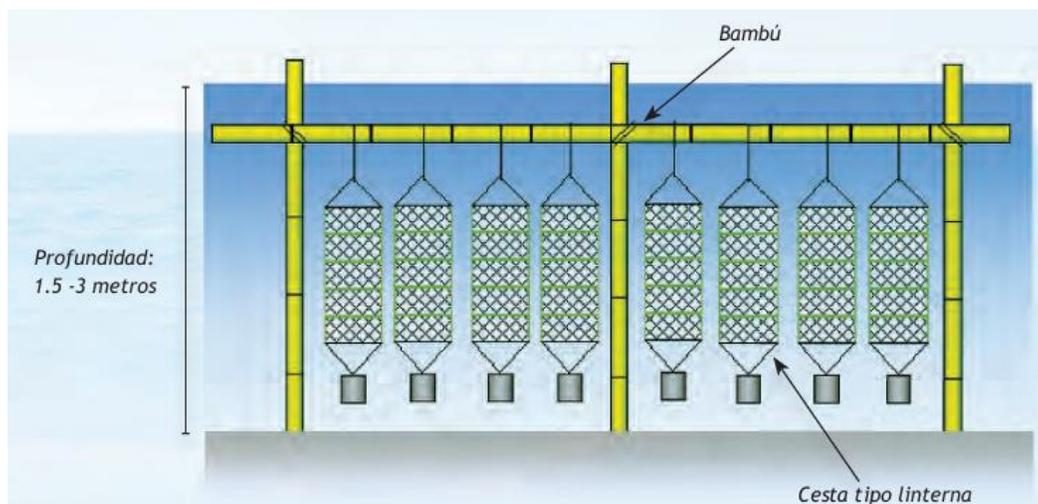


Figura 2.1: Sistema submareal. [30]

materiales como madera o bambú cuya altura depende de la profundidad del sitio de cultivo. En este sistema se debe considerar que las linternas, que son las cestas donde se colocan las semillas, no toquen el fondo porque eso permitiría la acumulación de lodo y la depredación por cangrejos y caracoles (Figura 2.1). En general, es un sistema fácil de construir y relativamente barato [30].

En el 2018, la Universidad Estatal a Distancia (UNED) realizó un trabajo con el objetivo de incluir a la comunidad de Isla Venado (Golfo de Nicoya) en el desarrollo de prácticas acuícolas amigables con el ambiente por medio de un sistema de cultivo de mejillones. Gracias a este trabajo se logró construir una plataforma de 5 m de largo por 5 m de ancho, que incluía el sistema de flotación y el de anclaje la cual se instaló frente de la comunidad La Florida para que puedan monitorear el crecimiento del molusco [22].

2.3.2.2 Línea Larga

La línea larga consiste en una soga de 3/4-7/8 ó 1 pulgada de diámetro con una longitud de al menos unos 100 metros (Figura 2.2). A esta línea larga se le llama línea madre y en ella se colocan los flotadores cada 2 o 5 metros según la carga de cada línea. El anclaje de la línea

se hace en cada extremo por medio de anclas o pesos muertos. La línea deberá amarrarse a un ancla en cada extremo con un cabo de 7/8 pulgada que tendrá una longitud mayor o igual a 3 veces la profundidad que existe en el área donde se instalará la línea [30].



Figura 2.2: Sistema de línea larga. [30]

2.4 PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA (P+L)

Recientemente, el concepto y la aplicabilidad de la producción más limpia (P+L) se ha vuelto muy común en las empresas que cuentan con procesos productivos. Lo que P+L busca es una estrategia preventiva para minimizar el impacto en el medio ambiente. Constantemente surgen nuevos procedimientos y tecnologías que logran prevenir daños al medio ambiente mediante una gestión eficiente de los recursos y energía [32].

2.4.1 Quick Scan

El Quick Scan es una herramienta que permite realizar una valoración inicial de un determinado método productivo, es realizado en el sitio e incluye un breve análisis de los procesos. La metodología de Quick Scan fue creada por Universidad de Ciencias Aplicadas de Noroeste de Suiza y se aplica a estudios en los cuales se requiera una evaluación rápida del potencial de un proceso o empresa para optimización ambiental. Es un programa de uso libre y está dirigido a obtener información sobre [33]:

- Impactos ambientales significativos
- Medidas de protección ambientales actuales

- Posibles medidas de bajo costo que mejoren la eficiencia ambiental y productiva
- Posibles medidas de medio y largo plazo.

La finalidad es analizar el potencial demostrativo del proceso y ver si reúne los prerrequisitos para la implantación de técnicas de P+L [33].

Quick Scan consiste en un estudio inicial relativamente rápido de un proceso productivo seguido de un breve análisis el cual se convierte en un indicador del potencial para implementar producción limpia. El método de Quick Scan tiene como objetivo analizar oportunidades para implementar la producción limpia con el fin de agilizar el proceso de producción a través de análisis de flujos de materiales y flujos de energía. Este se lleva a cabo por medios de identificación de la fuente seguidos de la evaluación de la causa, y la adquisición de opciones que pueden ser aplicada (generación de opciones). El método de Quick Scan se puede aplicar mediante una entrevista, observación y medición. Los datos obtenidos se calculan utilizando un balance de masa que es útil para conocer las entradas y las salidas del proceso [34].

2.4.2 Eco Inspector

La técnica Eco Inspector busca identificar el potencial de aplicación de producción más limpia en un proceso [32]. La herramienta fue creada por la Universidad de Ciencias Aplicadas de Basilea, Suiza, es de uso libre y busca analizar las entradas y salidas de cada etapa y explora áreas tales como el almacenamiento, transporte, procesos térmicos, refrigeración, gerencia de la energía y seguridad e higiene industrial [35]. El uso de la herramienta Eco Inspector brinda la posibilidad de hacer una evaluación rápida y buscar alternativas para la minimización de los impactos ambientales de un proceso [36].

El programa es una herramienta de apoyo de evaluaciones con potencial de Producciones Más Limpia de forma transparente y sistemática. La evaluación que se realiza es semicuantitativa y sus resultados se basan en la experiencia de las personas que llevan a cabo la actividad en estudio. Las hojas de trabajo completas, las hojas de resultados, los diagramas y las figuras son la base para la estimación del potencial de P+L de los procesos en análisis,

en otras palabras, estos son las herramientas utilizadas para la toma de decisiones [36]. La herramienta se utiliza en el programa Microsoft Excel y brinda la siguiente información:

- Información: Cuenta con un manual con las indicaciones para su uso.
- Actividad: Solicita la información más general de la actividad en estudio.
- Posee veinte registros que están disponibles para la evaluación

Dentro de los temas que trata se encuentran [36]:

1. Evaluación de los pasos de proceso o áreas de proceso, así como los materiales en las etapas de almacenamiento y transporte.
2. Fuentes de energía (calor, aire comprimido, plantas de refrigeración).
3. Seguridad, salud y el manejo de materiales peligrosos.

Además, al final muestra un resumen con los resultados de la información colocada, resumen de diagramas y Gráfico de los potenciales de P+L (potencial ambiental de P+L vs Potencial económico de P+L) [36].

2.5 IMPACTOS AMBIENTALES DE LA PRODUCCIÓN DE OSTRAS Y MEJILLONES

Como toda actividad productiva, la maricultura tiene varios impactos en el ambiente. Los residuos se acumulan y perjudican los lechos marinos, y el uso de hormonas y el abuso de antibióticos podrían representar un desafío significativo para el futuro de los ecosistemas marinos y la salud humana. Además, productos tóxicos como los anti-fouling y la transmisión de enfermedades a poblaciones salvajes son otros problemas asociados [17].

Además, la entrada constante de alimento, fertilizantes y productos químicos necesarios para garantizar la salud y el crecimiento dentro del cultivo puede causar importantes problemas ambientales y ecológicos, como bajos niveles de oxígeno disuelto (es decir, hipoxia), eutrofización, contaminación por metales pesados y destrucción del hábitat [12].

2.5.1 Residuos

Dado que las jaulas son un sistema abierto donde el agua pasa libremente a través de ellas e interactúa fuertemente con el medio ambiente, se tienden a producir residuos que se liberan directamente al medio marino [12].

2.5.1.1 Materia orgánica y nutrientes

Los tipos de residuos contenidos en los efluentes de la maricultura incluyen principalmente materias orgánicas como carbono orgánico, urea, ácido úrico y nutrientes como nitrógeno (N) y fósforo (P). Estos compuestos orgánicos y nutrientes se originan a partir de los fertilizantes, alimentos y procesos metabólicos y contienen altos porcentajes de proteínas, carbohidratos, lípidos, entre otros, que podrían transformarse en materia orgánica disuelta y nutrientes al entrar en contacto con el agua. La materia fecal metabólica proporciona partículas orgánicas y nutrientes en la columna de agua, que posteriormente pueden asentarse y depositarse como sedimentos en el lecho marino [12].

2.5.1.2 Químicos

La contaminación química es consecuencia principalmente productos químicos y metales pesados. Se incluyen los antibióticos para controlar enfermedades, los alguicidas, los pesticidas y los parasiticidas para controlar las algas; especies de plagas y parásitos; hormonas para mejorar la productividad; y desinfectantes para mantener la higiene durante todo el ciclo de producción. Además, los metales pesados como el zinc, el cobre y el plomo suelen estar contenidos en pinturas antiincrustantes y revestimientos para las estructuras de las jaulas, ingredientes de alimentos para peces o alguicidas y pesticidas como el sulfato de cobre para prevenir infecciones y el crecimiento excesivo de algas. Los metales pesados pueden concentrarse tanto en la columna de agua como en los sedimentos bentónicos en el área que rodea el sitio de cultivo [12].

2.5.1.3 Sólidos

Los residuos sólidos que se producen de la maricultura incluyen: plásticos de bolsas, empaques de alimento, envases, como Polietileno de alta densidad (HDPE), Polipropileno (PP), Cloruro de polivinilo (PVC), fibra de vidrio, nailon, caucho, hormigón, acero y madera [38].

Es importante mencionar que conforme se va intensificando y diversificando la maricultura, también se incrementa la generación de residuos y si no se cuenta con una cultura ambiental

que desarrolle un buen manejo de residuos sólidos es probable que estos se dispongan de manera incorrecta. En Costa Rica el artículo 8 de la Ley N°8839, establece que todos los Gobiernos locales deben elaborar un Plan Municipal para la Gestión Integral de Residuos Sólidos, con el objetivo de regular la gestión integral de residuos y el uso eficiente de los recursos, mediante la planificación y ejecución de acciones regulatorias, operativas, financieras, administrativas, educativas, ambientales y saludables, de monitoreo y evaluación [37]. Para el caso de los finqueros de Isla Chira, el tema de gestión de los residuos sólidos le corresponde al “Plan Municipal de Gestión Integral de Residuos Sólidos del Cantón Central de Puntarenas”.

Es indispensable garantizar que los residuos que se producen de las fincas de ostras y mejillones se dispongan y se traten adecuadamente y como parte de este proceso se debe tomar en cuenta el “Plan Nacional de Residuos Marinos 2021-2030” [39] del cual se pueden tomar propuestas específicas para aplicarlas al tratar los residuos de la producción de las ostras y mejillones en Isla Chira principalmente porque se garantiza que cumple con la legislación nacional.

2.5.2 Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI)

Dentro de las emisiones al aire que se pueden producir de la maricultura se encuentran: dióxido de carbono, óxido nitroso, dióxido de azufre, metano, compuestos orgánicos volátiles distintos del metano, partículas menores a 2,5 μ , partículas mayores a 10 μ y partículas mayores a 2,5 μ y menores a 10 μ [38].

En el 2017 [40] se calcularon las emisiones de GEI de 9 fincas de cultivo acuícola los cuales representaron el 93% de la producción mundial. Las emisiones cuantificadas fueron de 245 MtCO₂e y suponiendo que el 7% restante de la producción tiene la misma intensidad de emisiones (EI), las emisiones totales en el 2017 para toda la acuicultura de moluscos y peces pequeños fue de 263 MtCO₂e. Esto representó aproximadamente el 0,49 % de las emisiones antropogénicas totales. Específicamente la producción de bivalvos representó un 7% de las emisiones, pero representaron un 21% de la producción total.

Cabe mencionar que para el cultivo de los bivalvos es muy importante la propulsión de las embarcaciones las cuales generalmente utilizan diésel y gasolina lo que contribuye a las emisiones de GEI de la maricultura [40].

2.5.3 Energía

En la maricultura el uso de energía depende directamente de las especies que se cultivan, la escala, el sistema, la tecnología, la producción y las condiciones locales. Principalmente, se requiere el uso de energía para varios dispositivos, como bombas de agua, sistemas de aireación, iluminación, máquinas, refrigeradoras, congeladores, producción de hielo, etc. Además de dispositivos para el personal en términos de cultura (luces, televisores, aire acondicionado/ ventiladores), sistema de aireación, y otros. Según investigaciones realizadas, la producción de energía de las ostras es de 4 MJ/kg de producción y para los mejillones 3 MJ/kg de producción [41], sin embargo, como se mencionó anteriormente esto varía directamente en el sistema de producción que se utilice en la granja.

A pesar de que Costa Rica tiene prácticamente toda su matriz eléctrica de energías renovables se deberá garantizar disminuir el consumo de energía de la maricultura y estudiar la aplicabilidad de alternativas que se aplican en otros países.

2.5.4 Huella Hídrica

Las aguas residuales de la maricultura contienen grandes cantidades de nutrientes, sólidos suspendidos, productos químicos y farmacéuticos que se descargan de las granjas [42]. Según el análisis de la producción de ostras en Italia estas requerían 160 m³ de agua salada y 16 m³ de agua dulce para la producción de 12 ostras o 1 kg de ostras [38].

En los últimos años, se han introducido diversas tecnologías de tratamiento biológicas o mecanismos fisicoquímicos. Los métodos biológicos utilizan microorganismos para descomponer los contaminantes y el tratamiento físico generalmente consiste en separar los contaminantes de las aguas residuales de la acuicultura en su fuente. Adsorción, membranas y coagulación son ejemplos de las aplicaciones de separación física y en cuanto al tratamiento químico, las sustancias no deseadas se degradan en subproductos para minimizar los efectos

nocivos sobre el medio ambiente. De no tratarse las aguas, estas pueden llegar a tener un impacto toxicológico, causar eutrofización o resistencia bacteriana. Esto debido a que se sabe que la actividad metabólica de los animales acuáticos puede, bajo condiciones de alta densidad, producir cambios en la composición química del agua [42].

Como alternativas para disminuir el impacto en ecosistema se propone el uso de probióticos en vez de antibióticos. También, se propone la diversificación de especies que incluya especies alimentadas y extractivas imitando la naturaleza con diferentes niveles tróficos es la forma moderna de policultivo llamada acuicultura multitrófica integrada [43].

Se ha demostrado que los sistemas integrados logran reducir la eutrofización. Sin embargo, este sistema también tiene desventajas como la competencia por nutrientes de las especies por lo que en caso de aplicarse se debe realizar un cuidadoso análisis previo. Además, se recomienda la maricultura en marea alta a más de 2 km de la costa y más de 50 m de profundidad porque usualmente la calidad de agua es mejor y, por ende, acelera el crecimiento de organismos sanos y mejora la composición bioquímica. Por último, se recomienda la biorremediación, por ejemplo, plantas acuáticas para fitorremediación, halófitas como biofiltros, entre otras opciones [43].

Es importante recalcar que la huella hídrica también abarca el uso de agua para limpieza de jaulas, de embarcaciones, entre otros y estas se deben cuantificar constantemente con tal de buscar alternativas y reducir el impacto en el ambiente.

2.6 ALTERNATIVAS PARA LA GESTIÓN DE RESIDUOS

2.6.1 Proceso de recuperación de conchas y posible reutilización

La maricultura de bivalvos mundial es responsable de 13,6 millones de toneladas métricas por año de carbonato de calcio (CaCO_3) procedente de las conchas. El carbonato de calcio presente en las conchas de los bivalvos es un biomaterial sostenible que puede reemplazar minerales no renovables que se utilizan en distintas aplicaciones actuales [44].

Los subproductos los bivalvos como las conchas se pueden reutilizar de muchas maneras para aumentar su valor y, al mismo tiempo, abordar los problemas de eliminación de desechos [2]. La mayoría de las conchas son descartadas indebidamente, presentando un problema de salud pública [6].

El carbonato de calcio puede ser utilizado en distintos sectores de la industria como en la agricultura para enmendar el suelo, construcción como agregado como demuestra el estudio [45] el uso de concha de ostra triturada en un rango de 5% al 15% puede mejorar la resistencia del hormigón, industria de papel, industria de plástico, producción de vidrio, pintura, selladores y adhesivos [44]. Además, el uso del carbonato de calcio como absorbente en procesos de desulfuración de gases industriales, utilizándolo como sustituto de la caliza en estos procesos [46].

Haciendo uso de las tecnologías que han salido más recientemente, también se puede desarrollar una pasta a partir de carbonato cálcico para impresoras 3D de cerámica [47].

Por último, en el estudio [48] se propone el desarrollo de un arrecife artificial que contenga carbonato de calcio de las conchas de bivalvos marinos capaces de proveer un hábitat adecuado a una de las especies declaradas en riesgo de extinción. Por sus características, el compuesto CaCO_3 , se puede obtener de las conchas de mejillones y es ideal para utilizarse como aditivo para producir cerámicas porosas y químicamente compatible con las cerámicas arcillosas. Las cerámicas tienen un beneficio ambiental y es que pueden ser ampliamente utilizadas como material de construcción para arrecifes artificiales.

En Costa Rica, la ley N° 41774-MINAE “Promoción de iniciativa de restauración y conservación para la recuperación de los ecosistemas coralinos” establece que el SINAC, en conjunto con el Instituto Costarricense de Turismo y el Instituto Costarricense de Pesca y Acuicultura, establecerán los protocolos y procedimientos específicos para el diseño, instalación, monitoreo y manejo a través de consulta técnica con expertos en el tema [49]. En el 2020 el SINAC junto con GIZ publicaron el “Protocolo para la restauración de arrecifes y comunidades coralinas de Costa Rica” [50] el cual se podría utilizar para realizar el análisis

de ser posible utilizar el carbonato de calcio de las conchas para la construcción de arrecifes artificiales.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

En esta sección se detallarán los métodos y procedimientos empleados para llevar a cabo el presente estudio. Se describirán el enfoque de la investigación, el lugar de estudio, las técnicas de recolección de datos y el análisis de estos.

3.1 ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN

La metodología utilizada para realizar de este estudio fue una investigación mixta y no probabilística la cual consta de cuatro ejes principales. El primer eje es la investigación teórica sobre la producción de ostras y mejillones y sus características a nivel nacional y mundial. El segundo eje consiste en el estudio de la situación actual de los procesos mediante la toma de datos durante las visitas a Isla Chira. El tercer eje evalúa y analiza los datos obtenidos y el cuarto eje es la creación de la guía de producción más limpia.

Para el análisis de P+L en esta investigación se utilizó Quick Scan y Eco Inspector, estas son dos herramientas a las cuales la Escuela de Ingeniería Ambiental del ITCR tiene acceso y disponibilidad para su uso. Se utilizaron las dos herramientas porque permiten un diagnóstico general sobre los impactos ambientales del proceso, lo que permite generar las bases para las potenciales aplicaciones de P+L que se plasmarán en la guía. Además, se basan en la experiencia de las personas que llevan a cabo la actividad en estudio y se pueden utilizar como evaluación preliminar para plantear la posibilidad de aplicar un software avanzado de P+L para el proceso productivo. El producto final esperado es una guía que permita la aplicación de la P+L en la producción de ostras y mejillones en Isla Chira.

3.2 DESCRIPCIÓN DEL LUGAR DE ESTUDIO

El presente estudio se realizó en Isla Chira, una isla ubicada en Puntarenas, en el Golfo de Nicoya como se logra observar en la Figura 1, se caracteriza por ser la segunda isla con mayor extensión territorial de Costa Rica con 43 km². Según el censo del 2011, su población corresponde a 1576 habitantes aproximadamente. Sus pueblos más importantes son: Nancite (centro del distrito de Chira), Bocana, Lagartero, Lagarterito, Jícaro, Puerto Palito, Montero y Pochote [51]. Específicamente la producción de ostras y mejillones se da en la comunidad

de Puerto Palito en el sector oeste de la isla y es realizada por 2 asociaciones, la (ASOPECUPACHI) productoras de ostras y la Asociación del Cultivo de Mejillones y Mariscos, sus fincas de producción se encuentran ubicadas aproximadamente 200 m una de la otra.

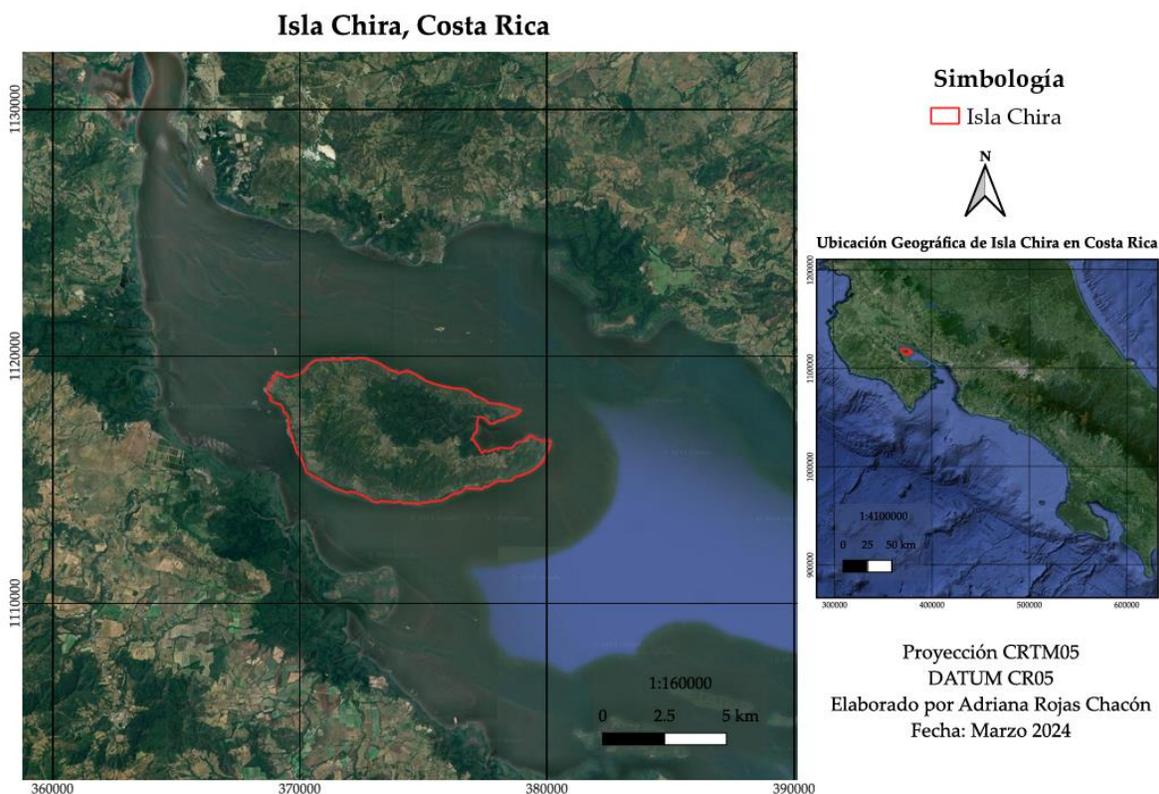


Figura 3.1: Ubicación geográfica de Isla Chira.

En el 2020, el SINAC estableció el Plan General de Manejo del Manglar de Isla Chira R-SINAC-CONAC-024-2020 [53] dentro de este se establecieron 5 elementos focales de manejo los cuales son: manglares, moluscos de interés comercial, aves, peces de importancia comercial y crustáceos (jaibas y camarones). En la zona definida por el plan como zona de mediana intervención y la cual se utilizó para este estudio, se determina que se permiten acciones de conservación y desarrollo de actividades productivas de interés socioeconómico para las comunidades relacionadas con el ecoturismo y extracción de pianguas, cangrejos, mejillones y almejas.

3.3 RECOLECCIÓN DE DATOS

La recolección de datos se realizó mediante dos visitas de campo a Isla Chira.

La primera se realizó el 26 de mayo del 2023, se coordinó con el proyecto ECOMAR y se contó con la ayuda de Melanie Corrales estudiante de Biotecnología del ITCR. Durante esta se realizaron grupos focales con las asociaciones productoras de ostras (ASOPECUPACHI) y con las de mejillones (Asociación del Cultivo de Mejillones y Mariscos).

La gira inició con el grupo focal de la asociación de mejillones, durante la cual se visitó su finca de producción en Puerto Palito (Figura 3.2), se contó con la presencia de 6 personas y junto con la compañera Melanie Corrales se les explicó a las personas presentes en qué consistía el proyecto y los resultados esperados. Se les solicitó que nos explicaran todas las etapas del proceso productivo y posteriormente se aplicó la herramienta de Quick Scan.



Figura 3.2: Primera visita de campo realizada en el lugar de producción de mejillones en Isla Chira, el 26 de mayo.

En la misma fecha durante horas de la tarde, se realizó el grupo focal con las 3 productoras de la asociación encargadas de las ostras (Figura 3.3). Al igual que mejillones, explicaron el proceso productivo completo y se les aplicó la herramienta de Quick Scan. Para conocer y

profundizar más sobre el proceso productivo, se les acompañó en un recorrido por panga a las líneas de producción como se muestra en la Figura 3.4.



Figura 3.3: Primera visita de campo realizada en el lugar de producción de ostras en Isla Chira, el 26 de mayo.



Figura 3.4: Reconocimiento en panga de las líneas de producción de ostras en Isla Chira, el 26 de mayo.

La segunda visita se realizó el 15 de marzo del 2024, para esta se realizó el primer grupo focal en horas de la mañana con la asociación de ostras (ASOPECUPACHI) en su espacio de trabajo en Puerto Palito y se contó con la presencia de las 3 productoras. Durante esta se

les realizaron preguntas puntuales de datos pendientes del proceso y confirmación de datos obtenidos durante la primera gira.

El mismo día en la tarde se realizó el segundo grupo focal se realizó con la asociación de mejillones (Asociación del Cultivo de Mejillones y Mariscos) en su espacio de trabajo. Al igual que con el grupo de producción de ostras se realizaron preguntas puntuales de datos faltantes y se confirmaron datos obtenidos de la primera visita. Además, a ambas asociaciones se les solicitó nuevamente los recibos existentes de consumo de agua y luz. Específicamente para el dato de consumo de agua también se realizó una consulta directa vía correo electrónico a la Asada con el número de medidor de la asociación. Los criterios del Eco Inspector se completaron posteriormente con la información recolecta durante las dos visitas.

Finalmente, para cumplir con el tercer objetivo del proyecto sobre proponer opciones de valorización para los residuos generados en la producción de ostras y mejillones, durante las visitas de campo también se conversó con los miembros de las asociaciones y se visitaron y documentaron los lugares de acumulación de residuos para identificar los residuos generados. Posteriormente se realizó una búsqueda bibliográfica para determinar posibles acciones de reutilización de residuos.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los datos se tabularon en hojas de papel durante las visitas y la sistematización de estos se realizó mediante el programa de Word para la herramienta de Quick Scan y Excel para la herramienta de Eco Inspector y posteriormente se analizaron los resultados para determinar las buenas prácticas para la gestión de los recursos. Las herramientas se utilizaron de manera tal que sirvieran de apoyo para identificar las potenciales mejoras y aplicaciones de P+L en el proceso.

4.1 SITUACIÓN ACTUAL DE LA PRODUCCIÓN DE OSTRAS Y MEJILLONES Y SUS IMPACTOS AMBIENTALES

Al realizar las visitas y analizar el proceso de producción de ostras y mejillones se pudo determinar que, en el caso de ambas asociaciones, el proceso es bastante artesanal [20] y sus clientes son negocios o particulares de la misma isla. Un pequeño porcentaje de la producción se comercializa fuera de la isla.

El volumen de producción que logran alcanzar estas asociaciones para ostras y mejillones es muy variable ya que dependen de las condiciones ambientales. La zona donde se encuentran las líneas de producción se ubica en medio de las corrientes del Río Tempisque y el Río Morote lo que provoca que en la época lluviosa se arrastren ramas y palos que se enredan en las linternas y pueden ocasionar la pérdida de la producción, daños en las linternas o cambios en la temperatura del agua debido a las corrientes. Además, las asociaciones indicaron que dentro de los factores que también afectan la producción están las lluvias, calentamiento global y el trasmallo para la pesca. Aunque las asociaciones no los tienen identificados, el aumento del nivel del mar, la acidez del océano, la frecuencia de las tormentas y la acción de las olas también son factores ambientales que podrían llegar a impactar el volumen de producción [27].

El proyecto de ostras inició en el 2011 con el apoyo de la UNA y está compuesto por 3 personas. Las semillas de las ostras se compran directamente en las instalaciones de la Escuela de Ciencias Biológicas (ECMAR) de la UNA ubicada en la margen sur del Estero Morales (Punta Morales de Chomes). Aproximadamente 7 veces al año se compran 50 000

semillas a 5 colones la unidad de 2,8mm lo cual implica una inversión anual en compra de semillas de 1 750 000 colones. Se estima que únicamente el 30% logra llegar a la talla comercial que resulta a partir de los 6,5cm en adelante como se muestran en la Figura 4.1. Se indica que en temporada baja pueden llegar a producir únicamente 500 ostras al mes, sin embargo, en otros meses pueden producir hasta 2 000 unidades por semana, lo que evidencia el potencial productivo que pueden llegar a tener esta asociación. Para que una ostra alcance la talla comercial mínima de 6,5cm tarda aproximadamente 6 meses y se vende a 350 colones la unidad, entre más grande sea la ostra mayor será su precio. Lo anterior significa que en los meses más bajos pueden generar 175 000 colones por mes, pero en los meses más buenos pueden generar hasta 700 000 colones por mes.



Figura 4.1: Ejemplo de ostras con tamaño adecuado para comercialización en Isla Chira.

La producción de mejillones se conforma por 8 personas e inició en el 2009 con el apoyo de la UNED. A diferencia de las ostras que manejan la venta por unidad, la asociación de mejillones maneja la venta por peso, indicaron que producen aproximadamente 5 000 g de mejillones sin concha por semana y 4 000 g de mejillones con concha por semana tal como la bolsa de venta que se muestra en la Figura 4.2.

Por mes se venden aproximadamente 80 bolsas de 250 g de mejillones sin concha a 2 000 colones por bolsa y 16 kg de mejillones con concha a 25 000 colones por kg. Lo cual significa un ingreso mensual total de 200 000 colones al mes.



Figura 4.2: Ejemplo de bolsa final de 250g para poner en venta de mejillones sin concha en Isla Chira.

La ASOPECUPACHI cuenta con su propio equipo de depuración para las ostras (Figura 4.3). Si no se contara con su propio equipo en la isla, tendrían que ir hasta la ECMAR y pagar 20 colones por cada ostra, además, de la inversión en combustible por el traslado hasta allá. Las ostras se ponen a depurar 24 horas antes de su venta en agua recirculada. El proceso de depuración en las ostras es fundamental antes de su consumo debido a que al ser organismos que filtran agua para alimentarse ellas pueden acumular microorganismos patógenos como bacterias, virus y parásitos o metales pesados y toxinas producidas por algas (biotoxinas). Por tal razón, se considera muy importante la calidad del agua donde se producen las ostras y por eso son tan importantes los estudios y análisis de agua como los que realizó el proyecto ECOMAR. El proceso de depuración antes del consumo es vital para garantizar que sean seguras y de alta calidad para el consumo humano. Los mejillones no se someten a depuración para su consumo.



Figura 4.3: Equipo de depuración ASOPECUPACHI.

4.1.1 Diagrama de Flujo del Proceso

Como uno de los resultados más **relevantes** de este estudio, se puede mencionar la elaboración de un diagrama de flujo del proceso productivo de las ostras el cual consta de 6 etapas y del proceso de producción de mejillones que consta de 4 etapas (Figura 4.4). Este diagrama permitirá tener una idea más clara del proceso productivo, poder identificar más fácilmente las etapas donde existen deficiencias y posibilidades de mejora.

Para la producción de ostras y mejillones las asociaciones cumplen con los 4 pasos que se mencionan en la literatura: laboratorio, cultivo, industria y mercado [29]. En lo concerniente al laboratorio el proyecto ECOMAR, se enfocó en el estudio de contaminantes emergentes en las aguas marinas donde se cultivan dichos organismos. Los restantes 3 pasos de la cadena productiva los realizan los propios acuicultores de las asociaciones, con todas las limitaciones que eso conlleva.

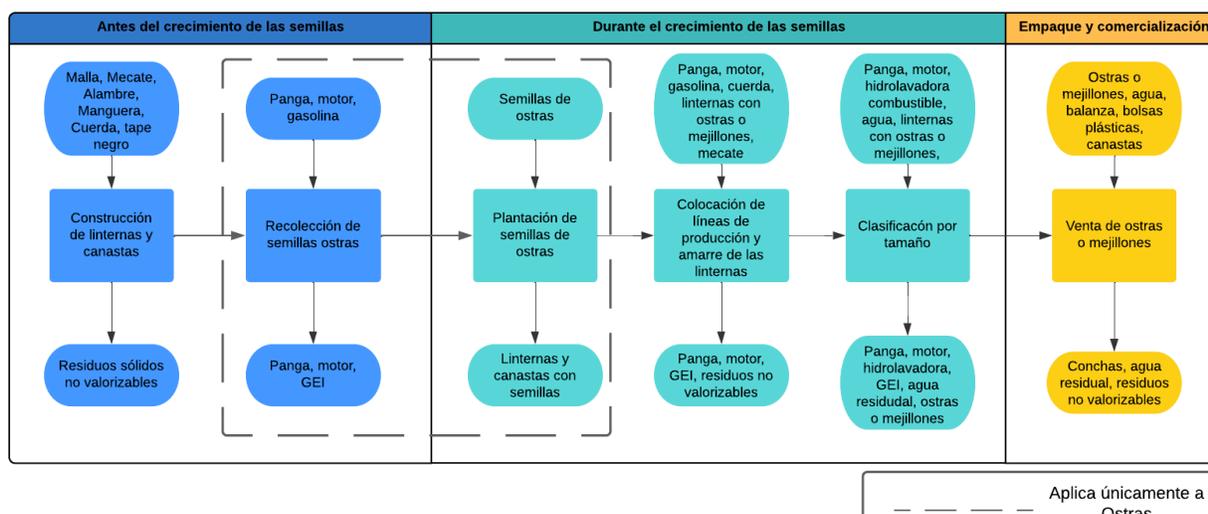


Figura 4.4: Diagrama de flujo del proceso de producción de ostras y mejillones en Isla Chira.

De acuerdo con el Diagrama de Flujo elaborado, el proceso inicia con la fabricación de las linternas (Figura 4.5) y las canastas (Figura 4.6). Esta etapa involucra la compra de todos los materiales y la confección de ambas, lo que representa la etapa más costosa del proceso y la que demanda más tiempo y esfuerzo. Al solicitar información para el Quick Scan las asociaciones indican que no cuentan con registros exactos de la cantidad de material que se necesita, según comentaron un costo aproximado es de 115 000 colones para producir 75 linternas, lo que implica un costo aproximado de 1 550 colones por linterna. Para el caso de las canastas no cuenta con un estimado del costo.



Figura 4.5: Linternas para producción de ostras en Isla Chira.



Figura 4.6: Canastas para producción de mejillones en Isla Chira.

Posteriormente se colocan las líneas de producción o líneas madre aproximadamente a 300 m de la costa y se anclan con los bloques (Figura 4.7). Estos bloques son construidos por ellos mismos, para lo que deben comprar piedra, cemento y arena, y fabricarlos en la misma isla. Si se compara el proceso de producción utilizado en Isla Chira con la literatura, el tipo de sistema corresponde al de línea larga [30], se cuenta con 5 líneas largas o madres y las linternas se colocan a 1,5 m una de la otra.



Figura 4.7: Bloques para anclar las lanternas y canastas en Isla Chira.

En el caso de mejillones, la asociación define períodos para traer el lote de producción a la costa, una vez ahí se les debe limpiar el material que se les adhiere conocido como abrojo y lana en invierno (Figura 4.8).



Figura 4.8: Mejillón con abrojo adherido, Isla Chira.

En el caso de los mejillones la etapa de limpieza representa una de las mayores dificultades debido a que el proceso es muy artesanal o rudimentario, el proceso es manual, muy lento,

poco automatizado y cansado para las productoras. Una vez los mejillones se traen a la costa y se abren las canastas, estas se colocan en la caja como se muestra en la Figura 4.9 y se limpian con hidrolavadora. El material que no se logra despegar se retira manualmente por cada mejillón con ayuda de cuchillas (Figura 4.10).



Figura 4.9: Proceso de limpieza en canasta de mejillones en Isla Chira.



Figura 4.10: Proceso de limpieza en mesa de mejillones en Isla Chira.

Para el caso de las ostras estrictamente se deben traer a la costa para colocarlas en agua dulce cada 8 días. Luego de limpiarse con la hidrolavadora (Figura 4.11) se realiza la clasificación por tamaño utilizando un vernier y a cada linterna se le coloca una tapa de color verde, amarilla o roja reutilizada de botellas plásticas, para identificar la producción según el tamaño de la ostra.



Figura 4.11: Proceso de limpieza de ostras en Isla Chira.

Para obtener una bolsa con 32 unidades de ostras les puede tomar hasta 4 horas y 30 minutos, ya que deben limpiarlas y clasificarlas manualmente utilizando el vernier, se realizan grupos de clasificación cada 5mm (Figura 4.12).



Figura 4.12: Proceso de clasificación de ostras por tamaño en Isla Chira.

4.1.2 Datos obtenidos a partir del Eco Inspector

A partir de la herramienta de Eco Inspector se obtuvieron los gráficos de la Figura 4.13 y 4.14. En ambos gráficos se observa que, para la etapa de construcción de linternas y canastas,

el factor de entradas tiene el mayor peso. Esto se debe a lo mencionado anteriormente que esta etapa involucra la compra de todos los materiales necesarios durante el proceso. Además, esta etapa demanda mucho tiempo y esfuerzo ya que es cuando se deben confeccionar las canastas y las linternas y garantizar que resistan durante el crecimiento de las ostras y mejillones.

En el gráfico de la Figura 4.13 se muestra que, en la producción de ostras, el factor con mayor peso durante la etapa de clasificación por tamaño es la tecnología como se mencionó anteriormente la etapa no se encuentra para nada automatizada, por lo tanto, se considera un factor primordial de mejora. En el caso de mejillones en la Figura 4.14 la etapa de clasificación por tamaño se obtuvo que los 3 factores de desechos/aguas de desecho/emisiones, tecnología y costos tienen el mismo peso, esto se debe porque a los mejillones se les adhiere mayor cantidad de abrojo o lana lo cual requiere un mayor tiempo de uso de la hidrolavadora. Por lo que se plantea la búsqueda de alternativas más eficientes para la gestión de la limpieza de los mejillones. Se comentó que se han planteado alternativas anteriormente para la construcción de un equipo tipo centrífuga, pero sigue pendiente.

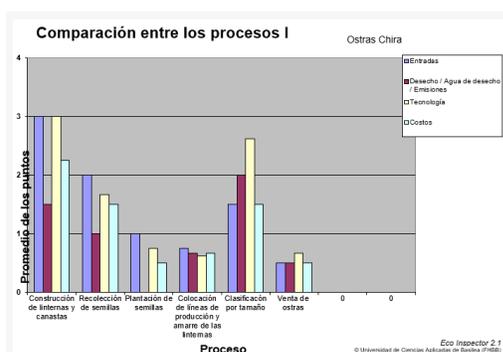


Figura 4.13: Comparación entre las etapas de los procesos de producción de ostras en Isla Chira, de acuerdo con la herramienta Eco Inspector.

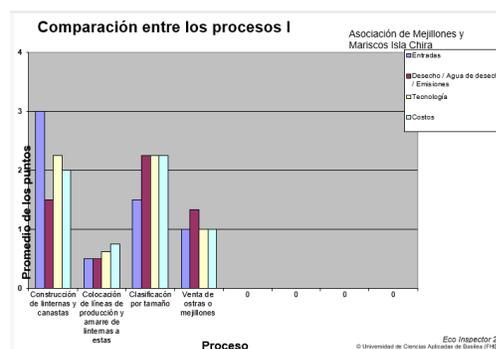


Figura 4.14: Comparación entre las etapas de los procesos de producción de mejillones en Isla Chira, de acuerdo con la herramienta Eco Inspector.

Al aplicar la herramienta Eco Inspector, también se obtuvieron los gráficos de la Figura 4.15 y 4.16 estos muestran las etapas con mayor potencial de mejora de la propuesta de P+L relacionando el aspecto ambiental y económico. Un importante hallazgo obtenido de los gráficos es que la etapa que representa el mayor potencial ambiental y económico de aplicación de P+L es la construcción de linternas y canastas. A la fecha de las visitas los

registros de esta etapa son inadecuados, no se muestra evidencia de planificación y optimización para la compra de material, ni la incorporación de criterios de sostenibilidad al realizar la compra de materiales. Además, se considera que la etapa está muy propensa a errores humanos por la falta de automatización, demanda mucho tiempo y durante esta se generan la mayor cantidad de residuos sólidos. La mayor cantidad de propuestas de P+L para el proceso de producción deberían de ir enfocadas en dicha etapa.

Para ambos casos la segunda etapa que presenta mejoras potenciales en P+L es la clasificación por tamaño, ya que esta etapa requiere gran cantidad de consumo hídrico, combustible, aceite y recurso humano.



Figura 4.15: Gráfico de los potenciales de P+L del proceso de producción de ostras en Isla Chira, de acuerdo con la herramienta Eco Inspector.



Figura 4.16: Gráfico de los potenciales de P+L del proceso de producción de mejillones en Isla Chira, de acuerdo con la herramienta Eco Inspector.

4.1.3 Impactos Ambientales

A continuación, se analizarán los impactos ambientales y posibles mejoras en temas de residuos, emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), energía y huella hídrica.

4.1.3.1 Residuos

Según indican las asociaciones de Isla Chira, el proceso de producción de ostras y mejillones generan una cantidad mínima de residuos sólidos; sin embargo, se pudo constatar que los residuos no se cuantifican y no se lleva ningún control sobre ellos. ASOPECUPACHI indica un aproximado de 6 bolsas de jardín en 2 años. Además, no cuentan con recipientes o un espacio para almacenamiento de residuos y para la primera visita en mayo del 2023 no se

contaba con ningún plan de gestión de residuos (PGIR), por lo tanto, mencionaron que todos sus residuos se quemaban. Según la Ley para la Gestión Integral de Residuos (N° 8839) [54] en Costa Rica toda empresa, institución u organización que produzca residuos sólidos en el curso de sus actividades debe implementar un PGIR.

En agosto de 2023, [55] publicó la noticia de que la Sala Constitucional de la Corte Suprema de Justicia (conocida como la Sala IV) ordenó a la Municipalidad de Puntarenas tomar una serie de acciones correctivas y educativas en materia de manejo de los desechos sólidos generados en Isla Chira y fue condenada a pagar los costos, daños y perjuicios causados por las denuncias. La Sala IV ordenó garantizar un servicio de recolección de residuos periódico y continuo.

Cuando se realizó la segunda visita en marzo del 2024 durante los grupos focales con las asociaciones indican que a partir de enero de 2024 por primera vez la Municipalidad de Puntarenas inició con un programa de recolección de residuos el cual se realiza cada 15 días; sin embargo, para el mes de mayo al comunicarse por llamada con las asociaciones y realizarle la consulta sobre la recolección, indicaron que la Municipalidad ya no realiza más la iniciativa y se desconoce la razón.

En la literatura se mencionan 3 tipos de residuos, la materia orgánica y nutrientes, químicos y sólidos [12]. Para el caso del residuo clasificado como materia orgánica y nutrientes este es inevitable generarlo y es producto del sistema digestivo de los bivalvos. Esta materia fecal metabólica se asienta y deposita como sedimento en el lecho marino [12] y no se le realiza ningún tratamiento, pero de momento se desconoce que represente un riesgo ambiental significativo.

En el caso de los residuos químicos al momento de las visitas se pudo verificar que en el proceso de producción no se utilizan antibióticos, alguicidas, pesticidas, entre otros [12] en el proceso de producción; sin embargo, en el tema de metales pesados estos se generan principalmente por las pinturas que se utiliza para repintar las pangas ya que para las líneas madre, linternas y canastas no se utiliza pintura. En el caso del aceite y la gasolina que se utiliza para el motor de la panga y la hidrolavadora de ostras a pesar de que se menciona que

los recipientes de almacenamiento siempre se reutilizan, cabe la posibilidad que en algún momento estos pueden averiarse y convertirse en un residuo sólido contaminado con químico el cual debería llevar una disposición diferenciada y adecuada.

Finalmente, para el tipo de residuos sólidos se identifica que estos son los que se generan en su mayoría en la etapa de construcción de linternas y canastas por los cortes de los materiales principalmente nylon de las cuerdas y plásticos HDPE (polietileno de alta densidad) de las boyas y las canastas. También, se genera plástico PVC (cloruro de polivinilo) de sus materiales de protección personal como lentes, guantes y botas. La vida útil de los materiales es de 8 años como las linternas y las canastas y de 3 meses hasta 2 años para el equipo de protección personal [38]. Las asociaciones mencionaron que cuando alguno de los equipos se daña, siempre lo primero que realizan es el intento de arreglarla, ASOPECUPACHI mencionó que en 10 años solamente se han desecho un aproximado de 15 linternas. Además, se menciona en el estudio [38] que para el bote y las líneas madre la vida útil puede ser de 30 a 50 años, las asociaciones mencionaron que para estos dos se tienen los mismos desde inicios de su operación. Durante las visitas se pudo observar un volumen importante de residuos sólidos corresponde a las conchas que se generan del proceso.

Por otro lado, para las ostras una vez se realiza la etapa de clasificación por tamaño se utilizan las bolsas de la Figura 4.17 para ser devueltas al mar dentro de las linternas. Estas bolsas originalmente se hicieron con un velcro para cierre el problema que se tuvo fue que a los pocos meses el velcro dejó de cumplir con su función lo cual provocó que fácilmente se abrieran y se llegaron a perder lotes de producción. Las productoras optaron por cocer con los hilos (Figura 4.18) cada una de las bolsas; sin embargo, esta es una labor 100% manual que les toma gran cantidad de tiempo y el tema con los residuos es que se genera el residuo del hilo cada vez que requiere abrir las bolsas. Entonces, aunque es un tema de optimización del proceso y disminución de la cantidad de residuos sólidos generados, también es necesario buscar alternativas que se implementen a nivel nacional o internacional para el cierre de las bolsas o de no ser posible, plantear la posibilidad de cambiar las bolsas en su totalidad, tal y como lo realizan otras fincas de producción de ostras.



Figura 4.17: Bolsas para la producción de ostras en Isla Chira.



Figura 4.18: Hilos que se utilizan para cierre de las bolsas para la producción de ostras en Isla Chira.

En el caso de mejillones también se utiliza un hilo más grueso para el cierre de cada canasta y han presentado problemas en las canastas al traerlas a la costa ya que tienen cortes por vandalismo (Figura 4.19) para robo de la producción y esto ocasiona que la canasta se convierta con un residuo sólido.



Figura 4.19: Canasta para producción de mejillones con apertura por vandalismo en Isla Chira.

De los residuos mencionados anteriormente la mayoría no se puede valorizar en la isla. Sin embargo, existe una excepción con los residuos de las conchas, y este representa uno de los hallazgos más representativos del trabajo.

Es importante aclarar que en el caso de las ostras estas se venden con concha y se pierde la trazabilidad del residuo. Sin embargo, en el caso de mejillones algunos de estos se venden con la concha y otros sin esta. Para los que se venden sin concha estas se acumulan en la costa como se muestra en la Figura 4.20 y se dejan para que se las lleve el mar cuando sube la marea. Al igual que las ostras, los mejillones que se venden con concha una vez se entrega la compra al cliente se pierde la trazabilidad de las conchas.



Figura 4.20: Residuos de conchas de ostras y mejillones en Isla Chira.

4.1.3.2 Energía

En el Cuadro 4.1 se observa el consumo de electricidad para la producción de ostras y mejillones. La empresa encargada del servicio es el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE).

Cuadro 4.1 Consumo de electricidad para el proceso productivo de ostras y mejillones en Isla Chira.

Período	Promedio consumo de electricidad de ostras mensual (kWh)	Promedio consumo de electricidad de mejillones mensual (kWh)
Febrero 2023	4	NSD
Abril 2023	NSD	145
Junio 2023	4	NSD
Agosto 2023	2	NSD
Febrero 2024	4	NSD

NSD: No se pudo determinar

En el caso de consumo eléctrico, ambas asociaciones utilizan espacios de trabajo abiertos y no cuentan con sistemas de aireación, aire acondicionado, ventiladores o dispositivos del personal como televisores o luces. El proceso de producción en este caso tampoco utiliza bombas de agua y no cuentan con un sistema de gestión de la energía (contabilidad energética o gestión de capacidad) implementado ni existe un plan de mantenimiento técnico para los sistemas energéticos.

En el caso de la producción de mejillones se tienen varios factores que dificultan el análisis y discusión del consumo de energía, primeramente, la asociación no lleva registro de los consumos, por lo tanto, el único dato presente en el Cuadro 4.1 se obtuvo de una factura en la primera visita. Segundo, el medidor de electricidad de la asociación corresponde al mismo medidor de una casa así que no se puede conocer con exactitud el porcentaje que corresponde exclusivamente a la producción de mejillones. Para realizar la solicitud de los consumos históricos al ICE es necesario contar con la cedula de identidad de la persona responsable del medidor por lo que, no se pudo obtener la información. Para implementar mejoras de P+L es de gran importancia que ambas asociaciones cuenten con sus respectivos medidores para poder tener un mejor estimado de los costos de operación, tener autonomía y no depender de un servicio personal.

De lo observado en las visitas, dentro de sus instalaciones la asociación de mejillones cuenta con los siguientes equipos eléctricos:

- Congelador horizontal (270 kWh/año)
- Cafetera Windmere
- Hidrolavadora Kärcher (1,305 kWh)
- Dos bombillos (120V)
- Dos luces LED (20W)

A manera general se plantean cambios en los hábitos de producción diarios, como mejorar en la eficiencia de los electrodomésticos y la implementación de tecnología para disminuir el impacto ambiental. El uso eficiente de todos los equipos, conectarlos únicamente cuando se vayan a utilizar y siempre desconectarlos cuando no se estén utilizando. Se considera pertinente en un futuro siempre optar por los electrodomésticos que cuenten con

certificaciones de eficiencia energética, así como bombillos LED o inteligentes que cuenten con temporizador o sensores de movimiento así en caso de que por seguridad sea necesario encenderlos de noche lo puedan realizar remotamente sin necesidad de ir hasta el sitio de trabajo.

A gran escala también se plantea realizar un estudio de viabilidad sobre el uso de energías renovables como la instalación de un panel solar que genere la cantidad necesaria de energía mensual. Según el cálculo realizado en la plataforma PVWatts del National Renewable Energy Laboratory (NREL) de Estados Unidos se consideran las coordenadas de la ubicación geográfica de la ubicación donde estaría el panel solar, el tamaño de la superficie del techo y los datos de estimación estándar para cálculo del panel solar (Figura 4.21).

The image shows a web form titled "SYSTEM INFO" with the instruction "Modify the inputs below to run the simulation." The form contains six input fields, each with an information icon (i) to its right:

Parameter	Value
DC System Size (kW)	6.8
Module Type	Standard
Array Type	Fixed (roof mount)
System Losses (%)	14.08
Tilt (deg)	20
Azimuth (deg)	180

Figura 4.21: Datos estándar para la estimación de generación de energía por

De acuerdo con la Figura 4.22 se estima que en Isla Chira en la ubicación de las granjas se puede llegar a generar 10 268 kWh al año de energía solar lo que corresponde a 855,67 kWh al mes. Lo que superaría el consumo necesario para las granjas.

RESULTS

Print Results

10,268 kWh/Year*

Month	Solar Radiation (kWh / m ² / day)	AC Energy (kWh)
January	6.93	1,083
February	7.26	993
March	7.06	1,067
April	6.13	891
May	4.82	736
June	4.49	666
July	4.52	693
August	4.90	749
September	5.06	756
October	5.36	832
November	5.53	831
December	6.22	972
Annual	5.69	10,269

Figura 4.22: Resultados de estimación de generación de energía solar en Isla Chira según PVWatts.

En el caso de la producción de ostras sí se lleva un control de los registros de consumo de electricidad por medio de los recibos de cobro; sin embargo, solo se obtuvo acceso a los meses que se muestran en el Cuadro 4.1. Con los 4 meses del Cuadro 4.1 se determinó un consumo promedio mensual es de 4,67 kWh y este consumo corresponde exclusivamente al equipo utilizado para la depuración.

La literatura indica que la producción de energía de las ostras es de 4 MJ/kg lo que equivale a 1,11 kWh/kg [41]. En el caso de ostras el peso varía mucho según la talla, realizando un estimado de que 25 ostras son 1kg y considerando el peor escenario que solo se producen 500 ostras en el mes y todas se ponen a depurar, al realizar el cálculo se tiene un estimado de 0,2335 kWh/kg de ostras lo cual sería inferior al dato de la literatura.

Para el caso de los mejillones la literatura menciona 3 MJ/kg lo que equivale a 0,83 kWh/kg [41]. Sin embargo, en este caso no es posible realizar un estimado ya que no se cuenta con el valor de consumo de energía real del proceso.

Por su ubicación geográfica la Isla de Chira dispone de un recurso significativo como lo es contar con un porcentaje muy alto de exposición solar al año, que permitiría generar más electricidad probablemente de la que necesitan. De nuevo la posibilidad de buscar donaciones de países o empresa privadas o alianzas estratégicas por ejemplo con el ICE podría

permitirles a las asociaciones conseguir paneles solares que permitan generar electricidad ya que aun teniendo en cuenta los costos iniciales de esta tecnología, la energía solar sigue siendo más barata que todas las demás fuentes de energía.

4.1.3.3 Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI)

Si analizamos el proceso productivo de ostras y mejillones que se realiza en Isla Chira se puede determinar que sí existen fuentes de emisión de GEI, sin embargo, su contribución es relativamente pequeña en comparación con otros tipos de acuicultura.

Los GEI generados en las etapas identificadas se deben al consumo de energía, el manejo inadecuado de residuos lo cual puede generar metano u óxido nitroso, la extracción y procesamiento de las materias primas necesarias para la fabricación de los equipos que genera CO₂ y en este caso la fuente de emisión principal se debe a la propulsión de las embarcaciones las cuales utilizan diésel o gasolina [40].

En el caso de producción de mejillones se requiere un galón diario de gasolina mezclada con ¼ de aceite para trabajar con 20 linternas. El motor de la panga se llena con una mezcla de 8 galones de gasolina y 3 onzas de aceite. Se indicó que cada galón tiene un costo de 3 000 colones y 24 onzas de aceite un costo de 4 500 colones. Por lo tanto, si 1 galón de gasolina equivale a 3,785 L y el factor de emisión de la gasolina es de 2,231 kg CO₂/L combustible según lo establecido por el Instituto Meteorológico Nacional en el 2020 [56] entonces al día se generan 8 kg CO₂ por el uso de combustible en el proceso de producción de mejillones.

En el caso de ostras el dato de consumo de gasolina es de 5,589 L al día lo que equivale a 12,47 kg CO₂. Es de esperar que las emisiones de CO₂ para el proceso de producción de ostras sean mayores que mejillones ya que la hidrolavadora de ostras también utiliza gasolina mientras la de mejillones es eléctrica. ASOPECUPACHI menciona que han intentado migrar a hidrolavadoras eléctricas, sin embargo, estas no alcanzan el nivel de presión de la actual por lo que deben gastar más agua para lavar las linternas, les toma más tiempo y disminuye su nivel de productividad.

También, para el caso de las ostras, 7 veces al año se debe realizar un viaje de 2 horas y 30 minutos a la ECMAR para comprar las semillas. Solo ese viaje representa 4 galones de gasolina lo que equivale a un 33,78 kg CO₂.

En enero del presente año se publicó el estudio [57] en el cual se analizó el uso de polvo de concha para la mineralización de CO₂ en agua de mar lo cual significa un avance tecnológico innovador para abordar el cambio climático y lo cual permitiría en un futuro realizar un análisis del nivel de compensación de las emisiones a través de las conchas.

Aplicando los principios de P+L se pueden buscar estrategias para reducir la huella de carbono del proceso productivo como incorporando energías renovables tal y como se mencionó en el apartado anterior, implementar un Plan de Gestión Integral de Residuos (PGIR), mejorar la eficiencia de los procesos para hacerlos óptimos, invertir en tecnologías y prácticas sostenibles.

4.1.3.4 Huella Hídrica

El acceso al recurso hídrico es fundamental para las asociaciones en el lavado de los moluscos y de equipos, dicho se obtiene gracias a la administración de la Asada de Isla Chira.

Para el caso de mejillones el promedio anual de consumo 2023 fue de 25 m³ y de enero a marzo 2024 se obtuvo un promedio de 27 m³ (Figura 4.23). Para este caso no se puede realizar un cálculo de consumo per cápita debido a que su operación es muy variable porque no trabajan todos los días de la semana y no siempre asisten la misma cantidad de personas. Al igual que con la electricidad también se dificulta porque la asociación de mejillones no cuenta con su propio medidor, el dato de consumo corresponde a su operación y a una casa, por lo tanto, no se sabe con exactitud qué porcentaje de ese consumo corresponde a la operación. Al igual que en el tema de la electricidad, cabe resaltar la importancia de que ambas asociaciones cuenten con sus respectivos medidores para poder tener un mejor estimado de los costos de operación, tener autonomía y no depender de un servicio personal.

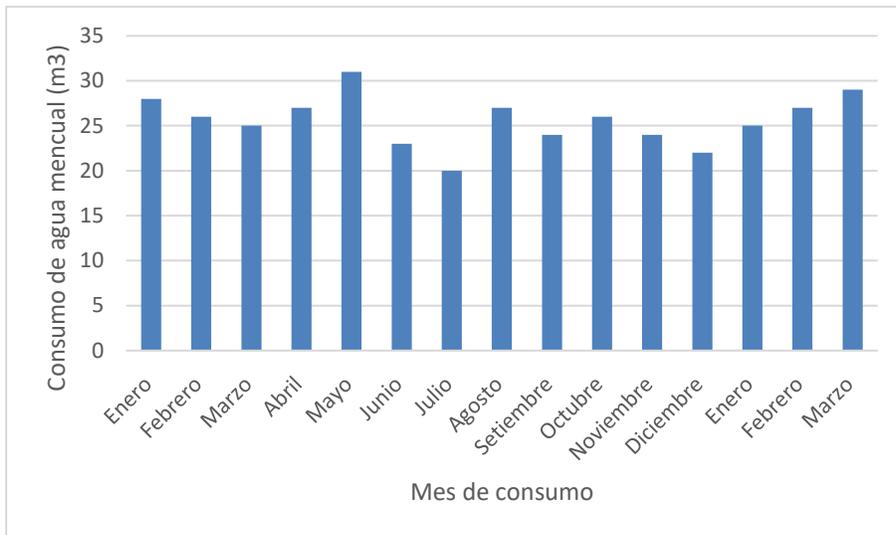


Figura 4.23: Gráfico consumo de agua durante el proceso de producción de mejillones en enero 2023 a marzo 2024, en Isla Chira.

En el caso de ostras, su consumo promedio mensual para el 2023 fue de 17,67 m³, se pudo observar en la Figura 4.24 un ligero incremento durante los meses de verano es mayor que en los meses de invierno, el máximo de esta diferencia fue de 5 m³. Los procesos que involucran el consumo de agua son el lavado de las linternas cuando se traen a la costa utilizando la hidrolavadora y el llenado de la mesa de trabajo donde se realiza la clasificación por tamaño. Para el caso del proceso de depuración este utiliza agua del mar.

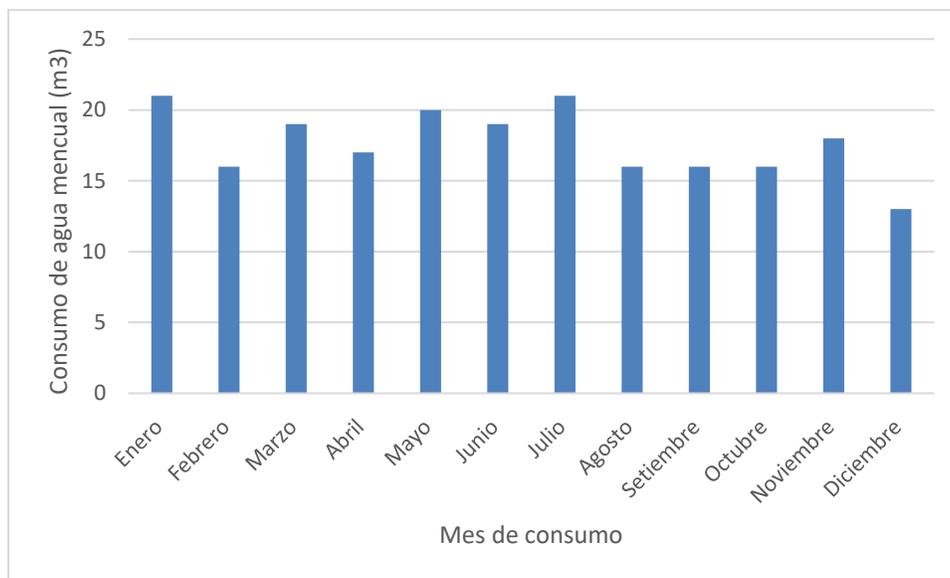


Figura 4.24: Gráfico consumo de agua durante el proceso de producción de ostras de enero a diciembre 2023 en Isla Chira.

La actividad de lavado de linternas que se realiza para las ostras no cuenta con un dato de la cantidad de agua dulce que se requiere. Además, cuentan con una mesa de trabajo la cual se llena con aproximadamente 162,5 L de agua dulce mientras se realiza la clasificación por tamaño de las ostras. Las ostras se colocan en esta mesa con agua dulce ya que eso les permite que se filtren y eliminen cualquier suciedad o lombriz que tengan adheridas como se muestra en la Figura 4.25. La mesa de trabajo se normalmente se llena dos veces al día y, además, se utiliza una corriente de agua para la limpieza de la mesa antes del segundo llenado y al terminar el trabajo. Se requiere gran cantidad de agua para la etapa, por lo que, una de las recomendaciones es buscar un remplazo para la mesa de trabajo con una mesa que tenga un desnivel y un tipo de rejillas de cribado que cumplan la función de filtro y permita mantener la mesa limpia sin la necesidad de vaciarla por completo y limpiarla para un segundo llenado y preferiblemente de algún metal como acero inoxidable, hierro forjado o aluminio que facilite su lavado. Realizando una búsqueda bibliográfica se encontró un modelo de mesa (Figura 4.26).

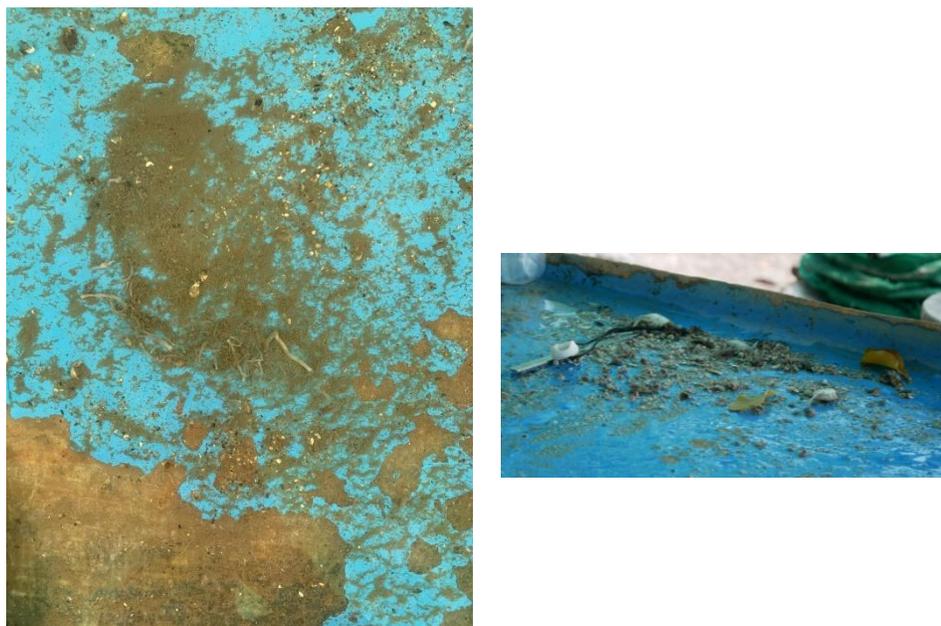


Figura 4.25: Agua residual de la mesa de trabajo de ostras al realizar la clasificación por tamaño en Isla Chira.



Figura 4.26: Propuesta de mejora para mesa de referencia. [58]

Si no se tratan las aguas, estas pueden llegar a tener un impacto toxicológico, causar eutrofización o resistencia bacteriana. Esto debido a que se sabe que la actividad metabólica de los animales acuáticos puede, bajo condiciones de alta densidad, producir cambios en la composición química del agua [42]. Sin embargo, las aguas residuales pueden llegar a tener un impacto toxicológico por la contaminación (Figura 4.25) y no se les da ningún tratamiento, se disponen directamente en el suelo natural.

4.1.4 Valorización de residuos de ostras y mejillones

Las conchas de las ostras y mejillones son uno de los residuos sólidos que más se generan durante el proceso de producción (Figura 4.20). El carbonato de calcio presente en las conchas de los bivalvos es un biomaterial sostenible que puede reemplazar minerales no renovables que se utilizan en distintas aplicaciones en la actualidad [44]. Sin embargo, tomando en consideración que la logística de almacenamiento, el traslado y sus costos fuera de la isla, resultan bastante complicados y a pesar de que en la literatura se indican muchos beneficios que se pueden obtener de tales residuos, como en procesos de desulfuración de gases [46], impresoras 3D de cerámica, entre otros [47]. En el presente estudio se plantea dos posibles soluciones o usos potenciales para las conchas generadas.

La primera propuesta implicaría el uso de las conchas en materiales de construcción. El plan sería triturar las conchas y mezclarlas con cemento, se ha visto que el uso de conchas de bivalvo trituradas puede mejorar en un rango de 5% al 15% la resistencia del hormigón [44]. En la isla esta iniciativa se puede aplicar en la construcción de los bloques para anclar las linternas (Figura 4.7) así como en los materiales para la construcción de viviendas y reparación de las calles. El único tema pendiente para poder implementar es la búsqueda de un mecanismo de trituración de las conchas; sin embargo, al dejarlas secar al sol es probable que este sea un trabajo relativamente sencillo. Lo ideal sería un equipo automatizado que permita la trituración, pero se podrían buscar alternativas más accesibles como un recipiente y un mazo.

La segunda propuesta es la acumulación de las conchas para ser utilizadas en el desarrollo de un arrecife artificial, según indica la literatura el CaCO_3 , extraído de las conchas de mejillón, es ideal para ser empleado como aditivo para producir cerámicas porosas y químicamente compatible con las cerámicas arcillosas [48]. Como se mencionó en Costa Rica ya existe la ley N° 41774-MINAE “Promoción de iniciativa de restauración y conservación para la recuperación de los ecosistemas coralinos” del SINAC, en conjunto con el Instituto Costarricense de Turismo y el Instituto Costarricense de Pesca y Acuicultura.

Para hacer realidad estas posibilidades de valorización de las conchas, se pueden realizar consultas a las asociaciones productoras y evaluar el interés y la viabilidad de la acumulación de las conchas en espacios adecuados para ser utilizadas posteriormente dentro de la isla. También, se podrían analizar la posibilidad de realizar alianzas estratégicas con entidades públicas y privadas que estén dispuestos a hacer uso de dichas conchas fuera de la isla y que estén dispuestos a cubrir los costos de envío y transporte.

4.2 OTROS ASPECTOS PARA CONSIDERAR

Al aplicar las herramientas de Quick Scan y Eco Inspector las dos asociaciones indicaron que en temas ambientales nunca han formulado una política, no tienen un encargado ambiental, nunca han realizado una auditoría ambiental y nunca han introducido otros sistemas de

gestión (Figura 4.27). Se comentó que hasta el momento de las visitas no han considerado la necesidad de implementar ninguna de las anteriores y no han planificado realizarlo.

Figura 4.27: Resultado apartado 2 "Política Ambiental" según la aplicación de la herramienta Quick Scan para ostras y mejillones en Isla Chira.

Como parte de los hallazgos al aplicar el Quick Scan (Apéndice 1 y 2) se determinó que ninguna de las dos asociaciones cuenta con roles de trabajo definidos. Contar con roles o tareas definidas le puede dar beneficios a la asociación en eficiencia operativa. Cada persona puede especializarse y volverse más eficiente en sus tareas, lo que mejora la productividad y calidad. Además, les facilita la coordinación, disminuye la posibilidad de conflictos y permite que cada jornada de trabajo la persona sepa exactamente su responsabilidad. Se podrían implementar cronogramas de roles mensuales.

Por otro lado, implementar mejoras en P+L en un proceso de producción no solo se centra en la reducción de los impactos ambientales, sino que también tiene un impacto significativo en la salud y seguridad de los trabajadores. Cuando los espacios de trabajo adoptan prácticas más limpias y sostenibles, se contribuye a la creación de ambientes de trabajo más seguros y saludables.

Las asociaciones mencionan que desconocen y por lo tanto, no realizan esfuerzos en el tema de higiene y seguridad laboral. Algunas personas cuentan con equipo de protección personal, sin embargo, no lo utilizan. En general mencionan problemas de salud relacionados a hongos en las manos, asma, alergia en manos y ojos por el material biológico que se adhiere a las canastas durante el proceso de cultivo. Problemas en espalda (lesiones musculoesqueléticas) por la posición en la que trabajan, los bancos que utilizan no cuentan con respaldar ni

almohadones en el asiento. Tienen problemas de irritación ocular por no utilizar lentes de seguridad ya que se les empañan.

También se pudo constatar que se encuentran expuestos al uso de productos químicos como gasolina, no cuentan con prácticas de manejo adecuado de químicos para evitar derrames y no realizan una gestión adecuada del residuo que se genera del envase de este químico.

En las dos etapas identificadas como críticas para la aplicación de P+L, Construcción de canastas y Clasificación por tamaño, no se implementan tecnologías que automatizan tareas repetitivas o peligrosas que reduce la exposición de los trabajadores a condiciones de trabajo peligrosas y a la fatiga. Además, durante su jornada laboral no cuentan con protocolos de hidratación considerando que según el “Reglamento para la prevención y protección de las personas trabajadoras expuestas a estrés térmico por calor” [59] establecido por el Ministerio de Trabajo y el Consejo de Salud Ocupacional, la zona de Isla Chira tiene un Nivel de riesgo de III y IV lo que significa que deben tener acceso a agua potable durante toda la jornada, contar con bebidas rehidratantes y establecer horarios de trabajo y descanso.

Considerando todos los resultados mencionados en este apartado se creó la “Guía de producción más limpia y mejores prácticas del proceso productivo de ostras y mejillones en Isla Chira” como se muestra en el Apéndice 3.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Esta investigación permitió dimensionar la situación actual del proceso de producción de ostras y mejillones en Isla Chira aplicando las herramientas de QuickScan y Eco Inspector. Se pudo evidenciar que la producción que se realiza en ostras y mejillones es bastante artesanal, pero con posibilidades de mejora en uso eficiente de recursos naturales como electricidad y agua, gestión adecuada de materias primas y residuos sólidos.

Debido a que ambas asociaciones carecen de registros precisos de compras y consumos del proceso productivo, se imposibilitó brindar mejoras de P+L con mayor profundidad para cada etapa del proceso. Por lo tanto, se sugiere a las asociaciones registros precisos en aspectos relacionados con la producción, costos, electricidad, agua, así como la definición de roles de trabajo.

Las asociaciones productoras de ostras y mejillones en Isla Chira deben priorizar sus esfuerzos ambientales y económicos en las etapas de construcción de linternas y canastas y clasificación por tamaño del proceso de producción.

Las asociaciones no disponen de un área exclusiva para la acumulación de residuos y no cuentan con un Plan de Gestión Integral de Residuos (PGIR) incumpliendo con lo establecido por la Ley para la Gestión Integral de Residuos (N° 8839).

Particularmente, los residuos de conchas generados en esta actividad productiva se podrían utilizar dentro de la misma isla, por ejemplo: en la construcción de los bloques para anclar las linternas, así como en los materiales para la construcción de viviendas y reparación de las calles.

La guía elaborada cuenta con una serie de buenas prácticas para la gestión de los recursos durante el proceso productivo de ostras y mejillones y además, promueve un modelo productivo sostenible que impulse la economía circular y verde.

La guía de P+L creada en este trabajo permitirá una contribución en la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible relacionado a los ODS: 1 Fin de la pobreza, 2 Hambre Cero, 12

Producción y consumo responsable y 14 Vida submarina. Además, permite la mejora en materia de sostenibilidad del proceso.

Se recomienda realizar un análisis FODA con ambas asociaciones con el fin de profundizar en la situación actual de su proceso productivo. Además, que se implementen lo más pronto posible las oportunidades de mejora de la guía propuesta, con el fin de lograr un proceso productivo más sostenible.

Se recomienda a las 2 asociaciones acondicionar un espacio adecuado para el almacenamiento de los diferentes residuos, especialmente los relacionados con las concha, que se gestione la visita de un profesional en Salud Ocupacional que evalúe el espacio de trabajo y capacite al personal en esta temática.

Por último, se propone realizar un estudio sobre la viabilidad de expansión del mercado fuera de la isla y analizar la posibilidad de adquirir sellos de calidad, por ejemplo, en la parte ambiental.

6. REFERENCIAS

- [1] Naciones Unidas, “La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible”, dic, 2018. Consultado: 6 mar. 2023. [En línea]. Disponible: <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/cb30a4de-7d87-4e79-8e7a-ad5279038718/content>
- [2] FAO, “The State of World Fisheries and Aquaculture 2022”, Towards Blue Transformation, Rome, 2022. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.4060/cc0461en>
- [3] PACÍFICO, “Costa Rica amplía Parque Nacional Isla del Coco y Área Marina de manejo del bicentenario”, Red Pacífico, <https://redpacifico.net/es/costa-rica-amplia-parque-nacional-isla-del-coco-y-area-marina-de-manejo-del-bicentenario/>
(Consultado 6 mar., 2023)
- [4] R. Quesada, S. Arias, O. Pacheco, G. Zúñiga, O. Pacheco, H. Vega, E. Calvo, y K. Berrocal, "Retos de la acuicultura marina litoral: Caso cultivo de ostras en el Golfo de Nicoya, Costa Rica," Universidad Nacional de Costa Rica, 2019. [En línea]. Disponible: <https://repositorio.una.ac.cr/handle/11056/27121>
- [5] P. Ureña y C. Peralta, “Cultivo en suspensión de *Mytella guyanensis* (Bivalvia: Mytilidae) en Isla Chira, Costa Rica: implicaciones ambientales y biológicas”, *Repertorio Científico*, vol. 23, no. 2, p. 76-88, 2020. Disponible: <https://doi.org/10.22458/rc.v23i2.3029>
- [6] T. Silva, J. Mesquita, B. Henriques, F. Silva y M. Fredel, "The Potential Use of Oyster Shell Waste in New Value-Added By-Product", *Resources*, vol. 8, no. 1, p. 13, ene., 2019. Consultado: 6 mar. 2023. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.3390/resources8010013>
- [7] J. Herrera, F. Bolaños, y A. Mora, " Efecto de los contaminantes emergentes en los ecosistemas marinos de la Isla de Chira y Paquera: Bio-monitoreo mediante maricultura, para la mejora de la conservación de la biodiversidad, la salud y la actividad productiva de la zona

(ECOMAR)," Instituto Tecnológico de Costa Rica, 2020. [En línea]. Disponible: https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/15100/PI77_BIB312383_Informe_analisis_lineamientos_politica_publica.pdf?sequence=3&isAllowed=y.

[8] C. Golden, E. Allison, W. Cheung, M. Dey, B. Halpern, D. McCauley, M. Smith, B. Vaitla, D. Zeller y S. Myers, "Fall in fish catch threatens human health", *Natural*, vol. 534, no.7607, p.317–20, 2016. Consultado: 6 mar. 2023. [En línea]. Disponible: [10.1038/534317a](https://doi.org/10.1038/534317a)

[9] C. L. Delgado, N. Wada, M. W. Rosegrant, S. Meijer, y M. Ahmed, "Fish to 2020: Supply and Demand in Changing Global Markets," International Food Policy Research Institute and WorldFish Center, 2003. [En línea]. Disponible: <https://www.ifpri.org/publication/fish-2020-supply-and-demand-changing-global-markets>.

[10] R. Hilborn, J. Banobi, S. Hall, T. Pucylowski y T. Walsworth, "The environmental cost of animal source foods". *Frontiers in Ecology and the Environment*, vol. 16, no. 6, p. 329–335, 2018. Consultado: 12 abr. 2023. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.1002/fee.1822>

[11] X. Wang, A. Cuthbertson, C. Gualtieri y D. Shao, "A Review on Mariculture Effluent: Characterization and Management Tools", *Water*, vol. 12, no. 11, p. 2991, 2020. Consultado: 12 abr. 2023. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.3390/w12112991>

[12] A. Balmford, J. Beresford, J. Green, R. Naidoo, A. Walpole, y A. Manica, "What conservationists need to know about farming", *Science*, vol. 336, no. 6086, pp. 1368-1370, 2012. Consultado: 12 abr. 2023. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.1126/science.1223389>.

[13] R. Watson, T. Pitcher y S. Jennings, "Plenty more fish in the sea?", *Fish and Fisheries*, vol. 18, n.º 1, p. 105– 13, 2015. Consultado: 12 abr. 2023. [En línea]. Diponible: <https://doi.org/10.1111/faf.12128>

- [14] M. Oyinlola, G. Reygondeau, C. Wabnitz, M. Troell y W. Cheung, “Global estimation of areas with suitable environmental conditions for mariculture species”, PLoS ONE vol. 13, no. 1, 2018. Consultado: 12 abr. 2023. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0191086>
- [15] FAO, “El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2020”. La sostenibilidad en acción. Roma, 2019. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.4060/ca9229es>
- [16] FAO, “Coordinating working party on fishery statistics”. Handbook of fishery statistical standards, Vol. 260, Rome, Italy, 2004. [En línea]. Disponible: https://www.fao.org/fi/static-media/MeetingDocuments/cwp/cwp_20/SEAFDECReport.pdf
- [17] M. Boix, “Impacto de la acuicultura marina en el medio ambiente y análisis de posibles soluciones”, Trabajo Fin de Grado, Fac. de Vet, Universidad de Zaragoza, Zaragoza, ESP, 2022
- [18] FAO, “Acuicultura”, FAO, <https://www.fao.org/fishery/es/aquaculture> (Consultado 14 abr., 2023)
- [19] Unión Europea, “La ostra en la UE”, https://www.eumofa.eu/documents/20178/517783/PTAT+Oyster_ES.pdf (Consultado 14 abr., 2023)
- [20] N. Peña y J. Chacón, “Acuicultura en Costa Rica”, World Aquaculture, p. 24-28, 2019. Consultado: 20 abr. 2023. [En línea]. Disponible: <http://179.0.219.172/bitstream/handle/20.500.13077/345/Acuicultura%20en%20Costa%20Rica.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [21] INCOPECA y SEPSA, “Plan estratégico de la acuicultura en Costa Rica, 2019-2023”, http://www.infoagro.go.cr/documents/Plan_Estrategico_Acuicultura_Costa_Rica_2019-2023.pdf (Consultado 10 abr. 2023)

[22] K. Castañeda y R. Aguirre, “Implicaciones y desafíos del desarrollo del cultivo de mejillón (*Mytella guyanensis*: Mytilidae) en la comunidad de Isla Venado, Golfo de Nicoya”, *Biocenosis*, vol. 33, no. 2, p. 79-85, 2022. Consultado: 15 abr. 2023. [En línea]. Disponible: <https://revistas.uned.ac.cr/index.php/biocenosis/article/view/4550/6280>

[23] R. Quesada, “Identificación de los sitios óptimos para el cultivo de ostras en el golfo de Nicoya, Costa Rica utilizando los sistemas de información geográfica como insumo para el ordenamiento espacial marino”, Trabajo Fin de Grado, Ciencias Geográficas, Universidad Nacional de Costa Rica, Heredia, CR, 2018. Disponible: <http://hdl.handle.net/11056/14285>

[24] P. Ureña, “Condiciones ambientales y biológicas del cultivo en suspensión del mejillón (*Mytella guyanensis*) en Puerto Palito, Isla Chira, Costa Rica”, Trabajo Fin de Grado, Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Estatal a Distancia, San José, CR, 2020. Disponible: <https://investiga.uned.ac.cr/urbanecology/wp-content/uploads/sites/30/2020/07/TFG-de-Paul-Ure%C3%B1a.pdf>

[25] O. Córdoba y W. Barrantes, “Estudio de Mercado para la actividad ostrícola Región Pacífico Central”, Informe Comisión de Regionalización Interuniversitaria del Pacífico Central y Programa de Desarrollo Integral de las Zona Rural del Golfo de Nicoya, 2011.

[26] V. Gallego, "Determinación de moluscos bivalvos mediante el uso de clave dicotómica", *Ciencia y Tecnología Animal*, Universitat Politècnica de València, 2021. Disponible: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/170190/Gallego%20-%20Determinacion%20de%20moluscos%20bivalvos%20mediante%20el%20uso%20de%20clave%20dicotomica.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

[27] M. Oyinlola, G. Reygondeau, C. Wabnitz y W. Cheung, “Projecting global mariculture diversity under climate change”, *Global Change Biology*, vol. 26, no. 4, p. 2134-2148, 2020. Consultado: 15 abr. 2023. [En línea]. Disponible: 10.1111/gcb.14974

- [28] H. Froehlich, R. Gentry y S. Halpern, “Global change in marine aquaculture production potential under climate change”, *Nature Ecology & Evolution*, vol. 2, no. 11, p. 1745–1750, 2018. Consultado: 15 abr. 2023. [En línea]. Disponible: <https://www.nature.com/articles/s41559-018-0669-1>
- [29] L. Ilasaca, “Manejo de residuos sólidos acuícolas y su influencia en el nivel de riesgo ambiental del centro de acuicultura Morro Sama-Tacna, 2018”, Trabajo Fin de Grado, Gestión ambiental y desarrollo sostenible, Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, Tacna, PE, 2021. Disponible: http://www.repositorio.unjbg.edu.pe/bitstream/handle/UNJBG/4306/332_2021_ilasaca_apa_zale_espg_maestria_en_gestion_ambiental_y_desarrollo_sostenible.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- [30] Centro de Desarrollo de la Pesca y Acuicultura (CENDEPESCA), “Guía para el cultivo de Ostra del Pacífico (*Crassostrea gigas*)”, San Salvador, El Salvador, 2007. Consultado: 18 abr. 2023. [En línea]. Disponible: https://www.jica.go.jp/project/elsalvador/2271029E1/materials/pdf/2007/2007_04.pdf
- [31] B. Giannetti, et al., “Cleaner production for achieving the sustainable development goals”, *Journal of Cleaner Production*, vol. 271, p. 122127, 2020. Consultado: 18 abr. 2023. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122127>
- [32] H. Oliveira, J. Alves, F. de Melo, y D. de Medeiros, “An approach to implement cleaner production in services: Integrating quality management process”, *Journal of Cleaner Production*, vol. 246, 2020. Consultado: 18 abr. 2023. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2019.118985>
- [33] I. Varela y M. Vargas, Centro Nacional de Producción más Limpia, RepositorioTEC, 2009. Consultado: 19 abr. 2023. [En línea]. Disponible: <https://hdl.handle.net/2238/6300>

[34] A. Ratih, B. Suhardi y R. Astuti, “Feasibility Study of Cleaner Production Application Planning in CV Valasindo Sentra Usaha”, Asian Journal of Social Science and Management Technology, vol. 4, 2022. Consultado: 19 abr. 2023. [En línea]. Disponible: https://www.researchgate.net/publication/362860136_Feasibility_Study_of_Cleaner_Production_Application_Planning_in_CV_Valasindo_Sentra_Usaha

[35] M. Ávalos, M. Cruz y S. Fuentes, “Propuesta de una metodología de producción más limpia para la pequeña y mediana empresa de la industria de artes gráficas en El Salvador”, Trabajo Fin de Grado, Ingeniería Industrial, Universidad de El Salvador, San Salvador, SLV, 2008.

[36] M. Guilian, “Análisis de las potencialidades de producción más limpia en la UEB producciones mineras ‘Placetas’”, Ingeniería en Metalurgia y Materiales, Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa, Moa, Cuba, 2019. Disponible: <http://ninive.ismm.edu.cu/bitstream/handle/123456789/3734/GuilianMojicaA2019.pdf?sequence=1&iAllowed=y>

[37] Ministerio de Salud, Municipalidad de Puntarenas, Universidad Técnica Nacional e Instituto Nacional de Aprendizaje, Plan Municipal para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos del Cantón Central de Puntarenas, Puntarenas, Costa Rica. Disponible: <https://www.puntarenas.go.cr/images/2018/Publicaciones/pmgirs2018%20actualizacin.pdf>

[38] E. Tamburini, E. Fano, G. Castaldelli, y E. Turolla, “Life Cycle Assessment of Oyster Farming in the Po Delta, Northern Italy”, Resources, vol. 8, no. 4, p. 170, 2019. Consultado: 19 abr. 2023. [En línea]. Disponible: 10.3390/resources8040170.

[39] Ministerio de Salud y Ministerio de Ambiente y Energía, “Plan Nacional de residuos marinos 2021-2030”, <http://www.digeca.go.cr/documentos/plan-nacional-de-residuos-marinos-2021-2030> (Consultado 20 abr., 2023)

[40] M. MacLeod, M. Hasan, D. Robb y M. Mamun, Quantifying greenhouse gas emissions from global aquaculture, *Sci Rep*, vol. 10, no. 11679, 2020. Consultado: 19 abr. 2023. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.1038/s41598-020-68231-8>

[41] T. Thu, H. Ko, J. Huh y N. Park, “Overview of Solar Energy for Aquaculture: The Potential and Future Trends”, *Energies*, vol. 14, no. 21, p. 6923, 2021. Consultado: 21 abr. 2023. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.3390/en14216923>

[42] A. Latif, J. Yi, M. Hazarel y S. Chun, “Environmental impacts and imperative technologies towards sustainable treatment of aquaculture wastewater: A review”, *Journal of Water Process Engineering*, vol. 46, no. 102553, 2022. Consultado: 21 abr. 2023. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2021.102553>

[43] R. Lounas, H. Kasmi, S. Chernai, N. Amarni, L. Ghebriout, N. Meslem y B. Hamdi, “Towards Sustainable Mariculture: some Global Trends”, *Thalassas*, vol. 36, p. 447–456, 2020. Consultado: 21 abr. 2023. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.1007/s41208-020-00206-y>

[44] A. Alonso, X. Álvarez y L. Antelo, “Assessing the impact of bivalve aquaculture on the carbon circular economy”, *Journal of Cleaner Production*, vol. 279, 2021. Consultado: 18 mar. 2023. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123873>

[45] H. Nadiah, K. Muthusamy, S. Maszura, R. Jose y R. Omar, “Oyster shell waste as a concrete ingredient: A review”, *Materials Today: Proceedings*, vol. 48, no. 4, p. 713-719, 2022. Consultado: 18 mar. 2023. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.02.208>

[46] M. Santín, “Evaluación del uso del residuo de concha de mejillón como fuente de Carbonato Cálcico para procesos de desulfuración de gases”, Proyecto Fin de Máster, Ingeniería Química y Ambiental, Universidad de Sevilla, Sevilla, ESP, 2019.

[47] A. Otero, “Cocinas, residuos e impresión 3D. Biomateriales con cáscaras de huevo y conchas de mejillón”, INMATERIAL. Diseño, Arte y Sociedad, vol. 7, no. 13, p. 55-74, 2022. Consultado: 18 mar. 2023. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.46516/inmaterial.v7.145>

[48] P. Simeon, “Estudio de la usabilidad del material extraído de las conchas de mejillón para la construcción de un arrecife artificial”, Trabajo Final de Grado, Ingeniería, Universidad Politécnica de Cataluña, Cataluña, ESP, 2023.

[49] Asamblea Legislativa de la República de Costa Rica, “Ley 41774, Promoción de iniciativa de restauración y conservación para la recuperación de los ecosistemas coralinos”, <https://www.icriforum.org/wp-content/uploads/2020/11/Promocio%CC%81n-de-iniciativa-de-restauracio%CC%81n-y-conservacio%CC%81n-para-la-recuperacio%CC%81n-de-los-ecosistemas-coralinos.pdf> (Consultado 15 abr. 2023)

[50] SINAC-GIZ, “Protocolo para la restauración de arrecifes y comunidades coralinas de Costa Rica”, <https://www.sinac.go.cr/ES/docu/ASP/Protocolo%20Restauraci%C3%B3n%20Arrecifes%20y%20Comunidades%20Coralinas%20CR%202020.pdf> (Consultado 18 abr. 2023)

[51] YoViajoCR, “Ubicación de Isla Chira”, IslaChira, <https://islachira.com/historia/> (Consultado 18 abr. 2023)

[52] A. Vázquez, “Desarrollo de un programa de producción más limpia”, <https://ecologia.unibague.edu.co/cursopml.pdf> (Consultado 11 sep. 2023)

[53] SINAC, “Plan General de Manejo del Manglar de Isla Chira R-SINAC-CONAC-024-2020”, https://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=92758&nValor3=122881&strTipM=TC (Consultado 11 sep. 2023)

[54] Gobierno de Costa Rica, "Ley para la Gestión Integral de Residuos (Ley N° 8839)", https://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?nValor1=1&nValor2=74462. (Consultado: 13-May-2024).

[55] L. Madrigal, "Sala IV condena a Municipalidad de Puntarenas por no recolectar basura en Isla Chira", Delfino.cr, <https://delfino.cr/2023/08/sala-iv-condena-a-municipalidad-de-puntarenas-por-no-recolectar-basura-en-isla-chira> (Consultado 22 de abr. 2024)

[56] Instituto Meteorológico Nacional, "Factores de emisión de gases de efecto invernadero, San José, Costa Rica", <http://cglobal.imn.ac.cr/documentos/publicaciones/factoresemission/factoresemission2020/ofline/FactoresEmision-GEI-2020.pdf> (Consultado 22 de abr. 2024)

[57] N. Yuto y M. Suzuki, "Atmospheric CO₂ Sequestration in Seawater Enhanced by Molluscan Shell Powders." Environmental Science & Technology (2024). Disponible: <https://doi.org/10.1021/acs.est.3c09273>

[58] Tropegal, "2,3 m mesa de trabajo con ruedas MFW1000-AT / 120 cm profundidad / 890 - 1.290 mm altura / 2 niveles / baldas/ rejilla / panel posterior perforado", Tropegal, <https://www.topregal.es/es/mesas-trabajo/2-3-m-mesa-de-trabajo-con-ruedas-mfw1000-at-120-cm-profundidad-890-1-290-mm-altura-2-niveles-baldas-rejilla-panel-posterior-perforado.html> (Consultado 15 may., 2024)

[59] Ministerio de Salud y Ministerio de Trabajo, "Reglamento para la prevención y protección de las personas trabajadoras expuestas a estrés térmico por calor N° 39147-S-TSS", https://www.cso.go.cr/divulgacion/construccion/documentos/3.%20Guia_Reglamento_para_la_preencion_estres_termico.pdf (Consultado 6 may., 2024).

APÉNDICES

APÉNDICE 1: QUICK SCAN OSTRAS

1. Información de la asociación	
Fecha	26/5/2023 y 15/3/2024
Personas presentes durante el Quick Scan	Equipo Evaluador: Adriana Rojas y Melanie Corrales
Nombre de la asociación	Ostras Chira
Dirección, TEL, Fax, Correo electrónico	<u>Puerto Palito, Isla Chira, Costa Rica</u> <u>TEL: 8567 7487</u>
Contactos	Lorena, Shirley y Eugenia
Volumen de venta/ingresos	Considerando que se vendan 2.000 ostras por semana de 6.5cm a 350 colones sería un total de 700.000 colones
No. de empleados y horarios de turnos de trabajo	3 personas 7am – aprox. 4:30pm
Departamentos/Divisiones /Roles de trabajo	No hay
Productos, volumen de producción.	Aprox. de 500 mensual hasta 2000 ostras por semana
Clientes	Yajaira Jimenez (empresa Blue Mar), turistas y vecinos de la isla
Proveedores	En Mantenimiento y equipo: Vecino de la zona (mantenimiento hidrolavadora) Servicios de Outsourcing: (servicios por terciarios, subcontratan) no hay Suministros: Universidad Nacional (ECMAR) Proveedores en manejo de residuos: Municipalidad de Puntarenas

2. Política Ambiental

¿La asociación ha formulado una política ambiental y ha la comunicado (visión, misión, metas)?	<input type="checkbox"/> Si, implementada →
	<input type="checkbox"/> no escrita
	<input checked="" type="radio"/> no
¿Tiene un encargado ambiental?	<input type="checkbox"/> Si →
	<input type="checkbox"/> no oficialmente
	<input checked="" type="radio"/> no
¿Se ha realizado una auditoria ambiental?	<input type="checkbox"/> Si.....
	<input checked="" type="radio"/> no
¿Se han introducido otros sistemas de gestión?	<input type="checkbox"/> Si, implementada <input type="checkbox"/> EMS <input type="checkbox"/> QMS <input type="checkbox"/> H&SMS <input type="checkbox"/> otros
	<input type="checkbox"/> implementándose
	<input checked="" type="radio"/> no
¿Existen recursos adicionales financieros y humanos para otras auditorías?	<input type="checkbox"/> Si, suficientes
	<input type="checkbox"/> limitados
	<input checked="" type="radio"/> no

3. Estimación de áreas potenciales de mejora por parte de la empresa

¿Adónde considera ustedes que existen posibilidades de mejora?	En el lavado de las linternas En el cierre de las bolsas En la mesa de trabajo Distribución del trabajo
¿Existen pérdidas obvias de insumos y energía?	Gasto de hilo en el cierre de las bolsas y pérdidas de combustible en la hidrolavadora.
¿Se realizan suficientes esfuerzos para asegurar el eficiente uso de la materia prima y recursos energéticos?	No, en cuanto a los recursos energéticos se intenta realizar un esfuerzo para disminuir el consumo, pero la maquinaria con la que cuentan no lo permite. En materia prima de cada 100 semillas cultivadas solo 35 se logran vender, se podría investigar a que se debe el rendimiento tan bajo.
¿Que procesos y materias primas son costosas?	La gasolina, el aceite, la cuerda y el mantenimiento de la hidrolavadora.

4. Administración energética

1)

Tipo de energía	<input checked="" type="radio"/> Electricidad	<input checked="" type="radio"/> Aceite	<input type="checkbox"/> Gas	<input type="checkbox"/> Madera	<input checked="" type="radio"/> Gasolina
Consumo mensual4..... kWh0,0425..... m ³ m ³0,17..... m ³	
Procesos que demandan energía (excluyendo iluminación y calentamiento)	Bombeo de agua, lavado de vehículos (compresores), revisión y reparación de vehículos Depuración de ostras, lancha, hidrolavadora				
Consumo de energía de proceso*	<input type="checkbox"/> baja <input checked="" type="radio"/> moderada <input type="checkbox"/> alta				
<small>*vrs. calefacción, iluminación interna.</small>					
¿La asociación ha implementado un sistema de gestión de energía (contabilidad energética, gestión de capacidad)?	<input type="checkbox"/> existe (registro de información, evaluada, verificada) <input type="checkbox"/> parcialmente <input checked="" type="radio"/> no disponible				
¿Existe un plan de mantenimiento técnico para los sistemas energéticos?	<input type="checkbox"/> mantenimiento preventivo (interno, externo) <input type="checkbox"/> parcialmente <input checked="" type="radio"/> no esta disponible				
Información adicional					

¹⁾ ver tambien listados de verificación de la 11 a la 13

5. Seguridad e higiene ocupacional

¿Sufren de problemas de salud los trabajadores?	<input type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> ocasionalmente <input checked="" type="radio"/> si	→ .Hongos en las manos, asma
¿Se informa a los empleados sobre temas de higiene y seguridad industrial?	<input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> no siempre <input checked="" type="radio"/> no	

¿Los trabajadores utilizan equipo protector? si
 no siempre
 no

6. Seguridad industrial y prevención de accidentes

¿La compañía ha realizado estudios de riesgo para prevención de accidentes? ¿La empresa esta sujeta a normativas sobre accidentes graves (reducción de riesgos y riesgos potenciales)? si
 no saben
 no →

¿Hay indicadores sobre la prevención de accidentes? si
 no saben
 no →

¿Están los empleados informados sobre la prevención de accidentes? si
 no saben
 no
¿Las sesiones de entrenamiento son impartidas frecuentemente?

7. Manejo de insumos ²⁾

¿El traslado interno de los insumos es minimizado? si
 necesitan ser optimizados
 no

¿Como se efectúa el traslado? manual
 automático

¿Ocurren pérdidas obvias durante el traslado?* no
 perdidas mínimas
 si →

* fugas, derrames, llenados incorrectos, consume excesivo etc.

¿Existen insumos que necesitan cuidado especial en el traslado? no si → ...ostras.....

Comentarios:

²⁾ Llenado, bombeo, limpieza etc.

8. Transporte

<p>¿Que tipo de transporte existe en la empresa?</p> <p><input type="radio"/> Entrega de materias primas*</p> <p><input type="radio"/> Entrega de productos*</p> <p><input type="checkbox"/> Transporte interno de productos en la empresa*</p> <p><input type="checkbox"/> Transporte de personal**</p> <p><input type="radio"/> Transporte para clientes**</p> <p style="text-align: right;">* Bienes transportados ** Transporte de personal</p>	
Bienes transportados	<p>¿Quien es responsable de los productos que se transportan?</p> <p><input type="radio"/> Departamento de transporte propio</p> <p><input type="checkbox"/> Otros* →</p> <p style="font-size: small;">cia. de transporte, contratista, proveedor, cliente</p>
	<p>¿Que medios de transporte se utilizan?</p> <p><input type="checkbox"/> principalmente por barco y tren</p> <p><input type="radio"/> combinado (tren, barco, terrestre)</p> <p><input type="checkbox"/> solamente terrestre</p>
	<p>¿Existe un manual de procedimientos para el transporte*?</p> <p style="font-size: x-small;">*escoger mejor ruta, calenderizar envíos, minimizar flete falso</p> <p><input type="checkbox"/> si, existe →</p> <p><input type="checkbox"/> parcialmente (experiencia)</p> <p><input type="radio"/> no hay procedimientos</p>
	<p>¿Los conductores reciben entrenamiento especial? (entrenamiento para conducir debidamente)</p> <p><input type="checkbox"/> si No. de conductores3.....</p> <p><input type="radio"/> no</p>
Transporte de empleados	<p>¿La empresa brinda transporte para sus empleados?</p> <p><input type="checkbox"/> si, lo proporciona →</p> <p><input type="checkbox"/> introducido parcialmente (experiencia)</p> <p><input type="radio"/> no se contempla</p>
	<p>¿Cual es el consumo total de combustible en el año o las distancias recorridas?</p> <p>No. transportes Combustible** [l/a]N/A..... Distancia [km/a]</p> <p style="font-size: x-small;">** Tipo especifico de combustible (Diesel / Gasolina)</p>
	<p>¿Reciben los conductores cursos</p> <p><input type="checkbox"/> si No. de conductores</p> <p><input type="radio"/> no</p>

sobre ahorro al conducir?

¿La empresa exhorta a que los empleados utilicen el transporte público?

si

→

Traslado al sistema de transporte público

Bus de la empresa, continuo(ir y venir)

Automóvil compartido

otros medios

no

9. Estadísticas de producción y consumo

		por mes		por año		Comentarios Principales consumidores, origen de los desechos, aguas residuales, emisiones
		Cant. [Unidades]	Costo [\$]	Cant. [Unidades]	Costo [\$]	
Producción	Ostras	--	--	--	--	
	Agua	Abastecimiento público	18 m3	12.34	216 m3	148.08
Materias primas y auxiliares	Semillas	50 000	0.01	350 000	3 500	
	Malla	--	--	--	--	
	Mecate grueso y delgado	--	--	--	--	
	Hilo nylon	--	--	--	--	
	Cuerda	--	--	--	--	
	Alambre forrado galvanizado con velcro	--	--	--	--	
Desechos	Conchas	--	--	--	--	
	Hilo nylon	--	--	--	--	
	Linternas	--	--	--	--	

*Tipo de cambio: ₡510

10. Procesos

Departamento		Procesos			
Diagrama del proceso, información de las entradas, salidas, energías					
<p>El diagrama muestra el flujo de un proceso de cultivo de ostras en tres etapas:</p> <ul style="list-style-type: none"> Antes del crecimiento de las semillas: Insumos: Malla, Mecate, Alambre, Manguera, Cuerda, tape negro. Actividad: Construcción de linternas y canastas. Residuos: Residuos sólidos no valorizables. Durante el crecimiento de las semillas: <ul style="list-style-type: none"> Actividad 1: Recolectión de semillas ostras. Insumos: Panga, motor, gasolina. Residuos: Panga, motor, GEI. Actividad 2: Plantación de semillas de ostras. Insumos: Semillas de ostras. Residuos: Linternas y canastas con semillas. Actividad 3: Colocación de líneas de producción y amarre de las linternas. Insumos: Panga, motor, gasolina, cuerda, linternas con ostras o mejillones, mecate. Residuos: Panga, motor, GEI, residuos no valorizables. Actividad 4: Clasificación por tamaño. Insumos: Panga, motor, hidrolavadora combustible, agua, linternas con ostras o mejillones. Residuos: Panga, motor, hidrolavadora, GEI, agua residual, ostras o mejillones. Empaque y comercialización: Insumos: Ostras o mejillones, agua, balanza, bolsas plásticas, canastas. Actividad: Venta de ostras o mejillones. Residuos: Conchas, agua residual, residuos no valorizables. <p>Una leyenda indica que los residuos generados en las actividades de recolectión, plantación y clasificación se aplican únicamente a las ostras.</p>					
Entradas	Materiales problemáticos (eco-toxicos)	<input type="radio"/> ningunos	<input type="checkbox"/> pequeñas cantidades	<input type="checkbox"/> grandes cantidades	
	Materia prima y auxil. de operación	<input type="checkbox"/> ninguno	<input type="checkbox"/> pequeñas cantidades	<input checked="" type="radio"/> grandes cantidades	
	Consumo de energía(procesos)	<input checked="" type="radio"/> bajo	<input type="checkbox"/> moderado	<input type="checkbox"/> alto	
	Costos (entrada de materiales, energía)	<input checked="" type="radio"/> bajo	<input type="checkbox"/> moderado	<input type="checkbox"/> alto	
Desechos	Desechos sólidos (incl. mat. empaque)	<input type="checkbox"/> ninguno	<input checked="" type="radio"/> pequeñas cantidades	<input type="checkbox"/> grandes cantidades	
	Desechos peligrosos o especiales	<input type="checkbox"/> ninguno	<input checked="" type="radio"/> pequeñas cantidades	<input type="checkbox"/> grandes cantidades	
Agua Res.	Aguas residuales	<input type="checkbox"/> ninguno	<input checked="" type="radio"/> pequeñas cantidades	<input type="checkbox"/> grandes cantidades	
	Componentes problemáticos*	<input checked="" type="radio"/> ninguno	<input type="checkbox"/> pequeñas cantidades	<input type="checkbox"/> grandes cantidades	
Emisiones	Emisiones al aire	<input type="checkbox"/> ninguno	<input checked="" type="radio"/> pequeñas cantidades	<input type="checkbox"/> grandes cantidades	
	Costos de disposición**	<input checked="" type="radio"/> bajo	<input type="checkbox"/> moderado	<input type="checkbox"/> alto	
* en aguas residuales ** de los desechos, desechos peligrosos, aguas residuales, emisiones, etc.					
Tecnología	Estado de la maquinaria	<input type="checkbox"/> apropiado	<input type="checkbox"/> conveniente p. optimización	<input checked="" type="radio"/> inapropiado	
	Nivel de automatización	<input type="checkbox"/> apropiado	<input type="checkbox"/> conveniente p. optimización	<input checked="" type="radio"/> inapropiado	
	Lote defectuoso, desecho, etc.	<input type="checkbox"/> ninguno	<input type="checkbox"/> pequeñas cantidades	<input checked="" type="radio"/> grandes cantidades	
	Limpieza, mantenimiento, servicio	<input type="checkbox"/> apropiado	<input checked="" type="radio"/> conveniente p. optimización	<input type="checkbox"/> inapropiado	
	Costo de mantenimiento incl. paro de equipo	<input type="checkbox"/> bajo	<input checked="" type="radio"/> moderado	<input type="checkbox"/> alto	

11. Almacenamiento y manejo de inventario

Bodega 1 ¿Materiales, materias primas, productos, desechos almacenados?

Materias primas:

- Semillas (UNA)

Materiales:

- Rollo de malla
- Mecate grueso
- Mecate delgado
- Hilo Nylon
- Cuerda
- Lentes de seguridad
- Guantes
- Boyas
- Delantales
- Tapas de botella
- Linternas
- Canastas
- Bancos
- Cuchillo
- Cajas para tamiz
- Vernier
- Alambre Forrado Galvanizado con velcro (bolsas)

Equipo:

- Manguera
- Hidrolavadora
- Panga
- Motor de la panga
- Mesa de trabajo

Insumos:

- Gasolina
- Aceite

Bodega 1	¿Sistema de manejo inventario?	<input type="checkbox"/> si	<input type="checkbox"/> parcialmente	<input checked="" type="radio"/> no
	Organización para almacenar, limpiar	<input type="checkbox"/> excelente	<input type="checkbox"/> necesita optimizar	<input checked="" type="radio"/> inadecuado
	Concepto de seguridad	<input type="checkbox"/> cumple	<input type="checkbox"/> necesita optimizar	<input checked="" type="radio"/> no cumple
	Medidas de seguridad	<input type="checkbox"/> Alarma/incendio	<input type="checkbox"/> Extintores de fuego	<input type="checkbox"/> Rociadores
		<input type="checkbox"/> Canaleta de goteo	<input type="checkbox"/> Depósitos/almacenamiento	<input checked="" type="radio"/> ninguno

APÉNDICE 2: QUICK SCAN MEJILLONES

1. Información de la asociación	
Fecha	26/5/2023 y 15/3/2024
Personas presentes durante el Quick Scan	Equipo Evaluador: Adriana Rojas y Melanie Corrales
Nombre de la asociación	Asociación de Mejillones y Mariscos Isla Chira
Dirección, TEL, Fax, Correo electrónico	<u>Puerto Palito, Isla Chira, Costa Rica</u> <u>TEL: 8442 3157</u>
Contactos	María Cruz Cruz Geaneth Gutiérrez Gutiérrez Agapito Medina Medina Miriam Díaz Fernández Maria de los Angeles Martínez Diaz Cinthia Díaz Peralta Christian Marín Pérez Ricardo Medina Cruz
Volumen de venta/ingresos	20 bolsas de 250g por semana sin concha (2.000 colones por bolsa) / Ingresos: 40.000 colones por semana 4 kg por semana con concha, 2.500 colones por 1 kg
No. de empleados y horarios de turnos de trabajo	8 personas 7am-3pm
Departamentos/Divisiones /Roles de trabajo	No tienen roles asignados como tal sin embargo se pueden evidenciar los siguientes: <ul style="list-style-type: none"> • Manejo de la panga para traer las canastas • Apertura y clasificación de mejillones • Limpieza de los mejillones • Relleno de canastas para retornar al mar • Cierre de las canastas • Empaquetamiento de los mejillones • Manejo de panga para devolver canastas • Entrega de pedidos • Tesorería
Productos, volumen de producción.	20 bolsas de 250g de mejillones sin concha por semana 4 kg de mejillones con concha por semana Estas cantidades pueden variar mucho dependiendo de la demanda y de la producción.
Clientes	Los habitantes de Isla Chira (chireños)

Proveedores	En Mantenimiento y equipo: ellos mismos realizan las reparaciones Servicios de Outsourcing: (servicios por terciarios, subcontratan) no hay Suministros: Ferretería APUI SRL Proveedores en manejo de residuos: Municipalidad de Puntarenas
-------------	--

2. Política Ambiental

¿La asociación ha formulado una política ambiental y ha la comunicado (visión, misión, metas)?	<input type="checkbox"/> Si, implementada → <input type="checkbox"/> no escrita <input checked="" type="radio"/> no
¿Tiene un encargado ambiental?	<input type="checkbox"/> Si → <input type="checkbox"/> no oficialmente <input checked="" type="radio"/> no
¿Se ha realizado una auditoria ambiental?	<input type="checkbox"/> Si..... <input checked="" type="radio"/> no
¿Se han introducido otros sistemas de gestión?	<input type="checkbox"/> Si, implementada <input type="checkbox"/> EMS <input type="checkbox"/> QMS <input type="checkbox"/> H&SMS <input type="checkbox"/> otros <input type="checkbox"/> implementándose <input checked="" type="radio"/> no
¿Existen recursos adicionales financieros y humanos para otras auditorías?	<input type="checkbox"/> Si, suficientes <input type="checkbox"/> limitados <input checked="" type="radio"/> no

3. Estimación de áreas potenciales de mejora por parte de la empresa

¿Adónde considera ustedes que existen posibilidades de mejora?	En el lavado de los mejillones En la mesa de trabajo
¿Existen pérdidas obvias de insumos y energía?	...No.....
¿Se realizan suficientes esfuerzos para asegurar el eficiente uso de la materia prima y recursos energéticos?	Se trata en la medida de lo posible de reutilizar todos los materiales.
¿Que procesos y materias primas son costosas?	El rollo de malla, la cuerda, el cemento, el mecate y las pichingas.

1)

4. Administración energética

Tipo de energía	<input checked="" type="radio"/> Electricidad	<input checked="" type="radio"/> Aceite	<input type="checkbox"/> Gas	<input type="checkbox"/> Madera	<input checked="" type="radio"/> otro (Gasolina)
Consumo semanal	<u>36.25</u> kWh	<u>0,00038</u> m ³ m ³		<u>0,015</u> m ³
Procesos que demandan energía (excluyendo iluminación y calentamiento)	Bombeo de agua, lavado de vehículos (compresores), revisión y reparación de vehículos Hidrolavadora, olla arrocera, coffe maker, congelador				
Consumo de energía de proceso*	<input checked="" type="radio"/> baja <input type="checkbox"/> moderada <input type="checkbox"/> alta				
<small>*vrs. calefacción, iluminación interna.</small>					
¿La asociación ha implementado un sistema de gestión de energía (contabilidad energética, gestión de capacidad)?	<input type="checkbox"/> existe (registro de información, evaluada, verificada) <input type="checkbox"/> parcialmente <input checked="" type="radio"/> no disponible				
¿Existe un plan de mantenimiento técnico para los sistemas energéticos?	<input type="checkbox"/> mantenimiento preventivo (interno, externo) <input type="checkbox"/> parcialmente <input checked="" type="radio"/> no esta disponible				
Información adicional					

¹⁾ ver tambien listados de verificación de la 11 a la 13

5. Seguridad e higiene ocupacional

¿Sufren de problemas de salud los trabajadores?	<input type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> ocasionalmente <input checked="" type="radio"/> si	<p>→ Alergia en manos y ojos al material biológico que se adhiere a las canastas durante el proceso de cultivo. Problemas en espalda por la posición en la que trabajan no cuentan con respaldar ni almohadones en el asiento. Tienen problemas de irritación ocular por no utilizar lentes de seguridad ya que se les empañan.</p>
¿Se informa a los empleados sobre temas de higiene y seguridad industrial?	<input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> no siempre <input checked="" type="radio"/> no	

¿Los trabajadores utilizan equipo protector? si
 no siempre
 no

6. Seguridad industrial y prevención de accidentes

¿La compañía ha realizado estudios de riesgo para prevención de accidentes? ¿La empresa esta sujeta a normativas sobre accidentes graves (reducción de riesgos y riesgos potenciales)? si
 no saben
 no →

¿Hay indicadores sobre le prevención de accidentes? si
 no saben
 no →

¿Están los empleados informados sobre la prevención de accidentes? ¿Las sesiones de entrenamiento son impartidas frecuentemente? si
 no saben
 no

7. Manejo de insumos ²⁾

¿El traslado interno de los insumos es minimizado? si
 necesitan ser optimizados
 no

¿Como se efectúa el traslado? manual
 automático

¿Ocurren pérdidas obvias durante el traslado? no
 perdidas mínimas
 si →

* fugas, derrames, llenados incorrectos, consume excesivo etc.

¿Existen insumos que necesitan cuidado especial en el traslado?

- no
 si

→ Gasolina y otros insumos protegidos del agua de sal y lluvia.

Comentarios:

²⁾ Llenado, bombeo, limpieza etc.

8. Transporte

<p>¿Que tipo de transporte existe en la empresa?</p> <p><input type="checkbox"/> Entrega de materias primas* <input checked="" type="radio"/> Entrega de productos* <input checked="" type="radio"/> Transporte interno de productos en la empresa* <input checked="" type="radio"/> Transporte de personal** <input type="checkbox"/> Transporte para clientes**</p> <p style="text-align: right;">* Bienes transportados ** Transporte de personal</p>	
Bienes transportados	<p>¿Quien es responsable de los productos que se transportan?</p> <p><input checked="" type="radio"/> Departamento de transporte propio <input type="checkbox"/> Otros* →*</p> <p style="font-size: small;">cia. de transporte,,contratista, proveedor, cliente</p>
	<p>¿Que medios de transporte se utilizan?</p> <p><input checked="" type="radio"/> principalmente por panga <input type="checkbox"/> combinado (tren, barco, terrestre) <input type="checkbox"/> solamente terrestre</p>
	<p>¿Existe un manual de procedimientos para el transporte*?</p> <p style="font-size: small;">*escoger mejor ruta, calenderizar envíos, minimizar flete falso</p> <p><input type="checkbox"/> si, existe → <input type="checkbox"/> parcialmente (experiencia) <input checked="" type="radio"/> no hay procedimientos</p>
	<p>¿Los conductores reciben entrenamiento especial? (entrenamiento para conducir debidamente)</p> <p><input type="checkbox"/> si No. de conductores1..... <input checked="" type="radio"/> no</p>
Transporte de empleados	<p>¿La empresa brinda transporte para sus empleados?</p> <p><input type="checkbox"/> si, lo proporciona → <input type="checkbox"/> introducido parcialmente (experiencia) <input checked="" type="radio"/> no se contempla</p>
	<p>¿Cual es el consumo total de combustible en el año o las distancias recorridas?</p> <p>No. transportes Combustible** [l/a]N/A..... Distancia [km/a]</p> <p style="font-size: small;">** Tipo especifico de combustible (Diesel / Gasolina)</p>
	<p>¿Reciben los conductores cursos sobre ahorro al conducir?</p> <p><input type="checkbox"/> si No. de conductores <input checked="" type="radio"/> no</p>

¿La empresa exhorta a que los empleados utilicen el transporte publico?

si

→

Traslado al sistema de transporte publico

Bus de la empresa, continuo(ir y venir)

Automóvil compartido

otros medios

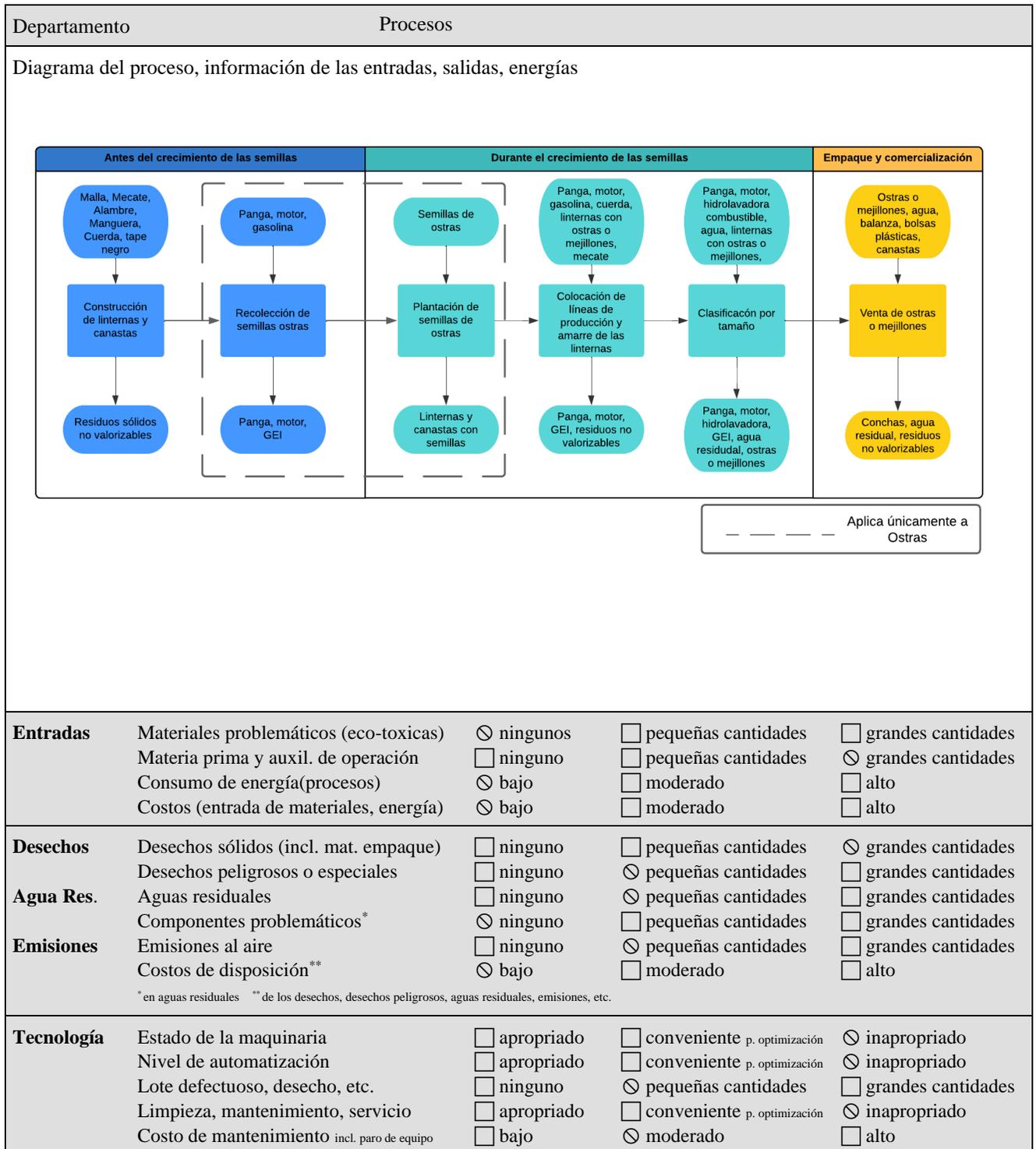
no

9. Estadísticas de producción y consumo

		por mes Cant. [Unidades]	Costo [\$]	por año Cant. [Unidades]	Costo [\$]	Comentarios Principales consumidores, origen de los desechos, aguas residuales, emisiones
Producción	Mejillones sin concha	20 kg	314	240 kg	3 768	Principales consumidores: vecinos de la comunidad
	Mejillones con concha	16 kg	78.43	192 kg	941	Principales consumidores: vecinos de la comunidad
Agua	Abastecimiento público	26 m3	15.17	312 m3	182.04	Proveniente de Acueducto Isla Chira
Materias primas y auxiliares	Semillas	--	N/A	--	N/A	Material principal
	Malla	--	--	--	--	
	Mecate delgado y grueso	--	--	--	--	
	Cuerda	--	--	--	--	
	Piedra, cemento y arena	--	--	--	--	
Desechos	Conchas	--	--	--	--	
	Sobros de malla de canasta	--	--	--	--	
	Sobros de cuerda	--	--	--	--	
	Guantes	--	--	--	--	
	Boyas rotas	--	--	--	--	
	Canastas rotas	--	--	--	--	

*Tipo de cambio: ¢510

10. Procesos



11. Almacenamiento y manejo de inventario

Bodega 1 ¿Materiales, materias primas, productos, desechos almacenados?

Materias primas:

- Semillas (mar)

Materiales:

- Rollo de malla
- Mecate grueso
- Mecate delgado
- Cuerda
- Lentes de seguridad
- Guantes
- Boyas
- Estañones
- Bolsas de plástico (ziploc)
- Piedra
- Cemento
- Arena
- Delantales
- Prensas
- Balanza
- Tapas de botella
- Bombillos
- Lámparas
- Palanganas de metal
- Palanganas de plástico
- Linternas
- Canastas
- Bancos
- Cuchillo
- Extensión eléctrica

Equipo:

- Manguera
- Hidrolavadora
- Panga
- Motor de la panga
- Mesa de metal de trabajo

Insumos:

- Gasolina
- Aceite

Bodega 1	¿Sistema de manejo inventario?	<input type="checkbox"/> si	<input type="checkbox"/> parcialmente	<input type="radio"/> no
	Organización para almacenar, limpiar	<input type="checkbox"/> excelente	<input type="checkbox"/> necesita optimizar	<input type="radio"/> inadecuado
	Concepto de seguridad	<input type="checkbox"/> cumple	<input type="checkbox"/> necesita optimizar	<input type="radio"/> no cumple
Medidas de seguridad		<input type="checkbox"/> Alarma/incendio	<input type="checkbox"/> Extintores de fuego	<input type="checkbox"/> Rociadores
		<input type="checkbox"/> Canaleta de goteo	<input type="checkbox"/> Depósitos/almacenamiento	<input type="radio"/> ninguno

**APÉNDICE 3: GUÍA DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA Y MEJORES
PRÁCTICAS DEL PROCESO PRODUCTIVO DE OSTRAS Y MEJILLONES
EN ISLA CHIRA**

GUÍA DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA Y MEJORES PRÁCTICAS DEL PROCESO PRODUCTIVO DE OSTRAS Y MEJILLONES EN ISLA CHIRA, GOLFO DE NICOYA, COSTA RICA



I Edición
Adriana Rojas Chacón
ECOMAR



DERECHOS DE AUTOR

@ECOMAR

Cartago, Costa Rica

Guía de producción más limpia y mejores prácticas del proceso productivo de ostras y mejillones en Isla Chira

Adriana Rojas Chacón

Primera Edición 2024



SOBRE ECOMAR

Ecomar es una investigación que realizó el primer estudio de contaminantes emergentes en aguas marinas de Costa Rica y Centroamérica, a la vez que culminó con capacitaciones y un manual de buenas prácticas, para que las personas que cultivan estos moluscos puedan asegurar a sus clientes la inocuidad en sus productos.

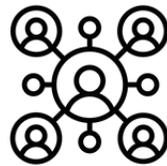
El proyecto Ecomar es liderado por el Tecnológico de Costa Rica (TEC), y cuenta con la participación de otras universidades públicas, como lo son la Universidad Nacional (UNA), la Universidad Estatal a Distancia (UNED) y la Universidad de Costa Rica (UCR); junto a la Universidad de Montpellier (Francia) y la Universidad Federal de Sao Paulo (Brasil).

Este proyecto es financiado por la Unión Europea (UE), bajo la coordinación del Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica (Mideplan).



SOBRE ESTA GUÍA

Esta guía proporciona una serie de recomendaciones para el proceso productivo de ostras y mejillones en Isla Chira aplicando los principios de producción más limpia (P+L). Esta guía es un complemento al proyecto ECOMAR.



Alcance de la guía

Esta guía está específicamente creada para el proceso productivo de ostras realizado por ASOPECUPACHI y mejillones por la Asociación del Cultivo de Mejillones y Mariscos en Isla Chira. Las recomendaciones acá presentes son de carácter opcional.



Contacto

Si se tienen consultas específicas respecto a la guía se puede contactar a los autores a través de los medios oficiales de la escuela de Ingeniería Ambiental del Instituto Tecnológico de Costa Rica (ITCR).



ÍNDICE

01

Introducción

02

Objetivos

03

Situación Actual

04

**Oportunidades
de mejora**

05

**Otros
aspectos para
considerar**

06

Referencias



INTRODUCCIÓN

La Organización de las Naciones Unidas (ONU) en el 2018 [1] propone en su Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) número 14, sobre Vida Submarina, aumentar para el 2030 los beneficios económicos que obtienen los pequeños Estados insulares en desarrollo y los países menos adelantados del uso sostenible de los recursos marinos, en particular mediante la gestión sostenible de la acuicultura.



INTRODUCCIÓN

Costa Rica que posee más de un 90% de su territorio en superficie marina [2], también ha visto como esta actividad se ha incrementado, especialmente en el Golfo de Nicoya con el cultivo de peces, moluscos y crustáceos. Según el estudio de Quesada et al. [3], la acuicultura a pequeña escala o de escala microempresarial son mecanismos de resiliencia socio-ambiental, para la superación de la pobreza, la seguridad alimentaria y mitigación del impacto ambiental en zonas marino-costeras, debido a la dependencia de recursos pesqueros cada vez más escasos.



INTRODUCCIÓN

¿QUÉ ES P+L?

La Producción más Limpia (P+L) es la aplicación continua de una estrategia ambiental preventiva integrada a los procesos, productos y servicios para aumentar la eficiencia global y reducir los riesgos para los seres humanos y el medio ambiente [4].

- **En los procesos de producción** permite el ahorro de materias primas.
- **En el desarrollo y diseño del producto** busca la reducción de impactos negativos a lo largo del ciclo de vida del producto desde la extracción de la materia prima hasta la disposición final.
- **En los servicios** promueve la incorporación de consideraciones ambientales en el diseño y entrega de los servicios.

Utilizando las herramientas de evaluación de producción más limpia “Eco Inspector” y “Quick Scan”, se creó esta guía para el mejoramiento del proceso y manejo adecuado de los subproductos generados que garantice una gestión ambiental sostenible.





BENEFICIOS DE IMPLEMENTAR P+L

1

Mejoras en la productividad y la rentabilidad

Mejoras en el desempeño ambiental

2

3

Optimización del uso de materia prima e insumos

Permite la posibilidad de acceso a nuevos mercados

4

5

Facilitan la diversificación de productos a partir del aprovechamiento de los residuos.



APLICACIONES DE P+L

1. Buenas prácticas operativas
2. Substitución de insumos
3. Mejor control de los procesos
4. Modificación del equipo
5. Cambio en tecnología
6. Reutilización, recuperación y reciclaje
7. Producción de sub productos útiles
8. Reformulación/rediseño del producto



OBJETIVOS

Objetivo General:

Ser una herramienta estratégica que ayude a las asociaciones productoras de ostras y mejillones de Isla Chira a integrar la sostenibilidad en sus operaciones diarias.

01 **Objetivo específico 1**
Reducir los impactos ambientales

02 **Objetivo específico 2**
Determinar buenas prácticas para la gestión de los recursos.

03 **Objetivo específico 3**
Proponer opciones de valorización para los residuos de las ostras y mejillones.



SITUACIÓN ACTUAL

A NIVEL MUNDIAL

El consumo per cápita de alimentos acuáticos de origen animal aumentó de los 9,0 kg (equivalente en peso vivo) en 1961 a los 20,2 kg en 2020, un 1,4 % al año y se espera que para el 2030 aumente un 15% y el suministro promedio per cápita sea de 21,4 kg [5].

Los moluscos bivalvos como lo son las ostras y los mejillones representaron un total de 2,8% de las exportaciones mundiales [5]. Entre 2011 y 2020, la producción mundial de ostra aumentó un 39%, principalmente debido al fuerte incremento de la producción acuícola (+43%). En el 2020 se produjeron 6,4 millones de toneladas de ostras, prácticamente en su totalidad procedentes de la acuicultura (98% de la producción mundial) [6]. Por otro lado, la producción mundial de mejillones fue de 1,5 millones de toneladas en el 2020 [5].

En temas sociales de la maricultura, se ha observado que específicamente en la producción de bivalvos (como las ostras y los mejillones) las comunidades involucradas están formadas principalmente por unidades familiares y pequeñas empresas, como un mecanismo de resiliencia social y económica para minimizar las pérdidas de bienestar ante la falta del recurso pesquero [7].



SITUACIÓN ACTUAL

EN COSTA RICA

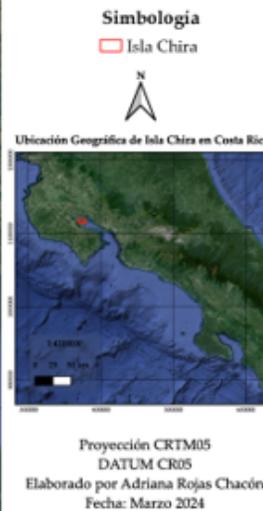
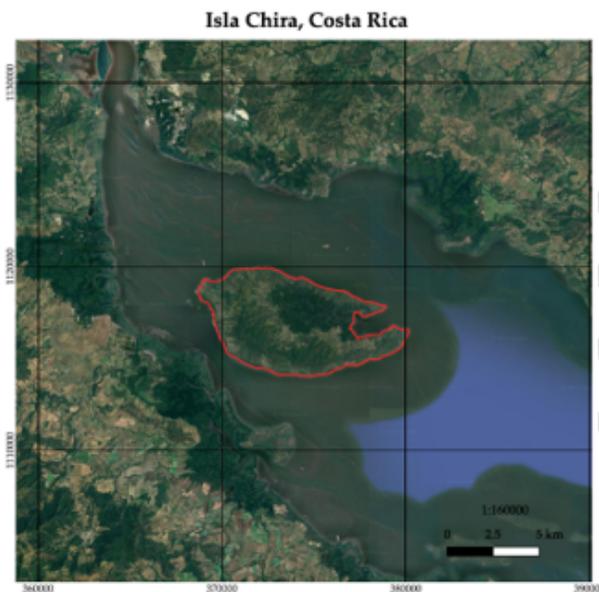
En el 2014 se publicó el registro de la existencia de 287 productores acuícolas que generan alrededor de 2.005 empleos directos y junto con la pesca contribuyen con el 0,10% del PIB y un promedio del 1,70% de las exportaciones del país [8].

En el país existen muchas debilidades en la gestión, limitaciones técnico-administrativas y legales para impulsar con mayor eficiencia y eficacia la actividad productiva [9], se debe superar: una reacción institucional lenta, duplicidad de trámites, falta de criterio técnico - financiero para el desarrollo de programas integrales que promuevan el fomento de la acuicultura en el país; poca claridad en la estructuración de los criterios técnicos para mitigar integralmente el impacto socioeconómico y ambiental en comunidades marino-costeras [2].

Actualmente, se cuenta con el “Plan Estratégico de la Acuicultura en Costa Rica 2019-2023” realizado por INCOPECA, SEPSA y la Universidad Nacional en el gobierno 2018-2022 de Carlos Alvarado, el objetivo primordial es enfocar estrategias, planes, programas y acciones dirigidas a mejorar la eficiencia de la acuicultura en sus diferentes fases de desarrollo [10].



SITUACIÓN ACTUAL EN ISLA CHIRA



Ubicación de Isla Chira

La producción de ostras y mejillones se ubica en el pueblo de Puerto Palito y se realiza mediante el tipo de sistema de línea larga.

La zona donde se encuentran las líneas de producción se ubica en medio de las corrientes del Río Tempisque y el Río Morote.

SITUACIÓN ACTUAL

EN ISLA CHIRA



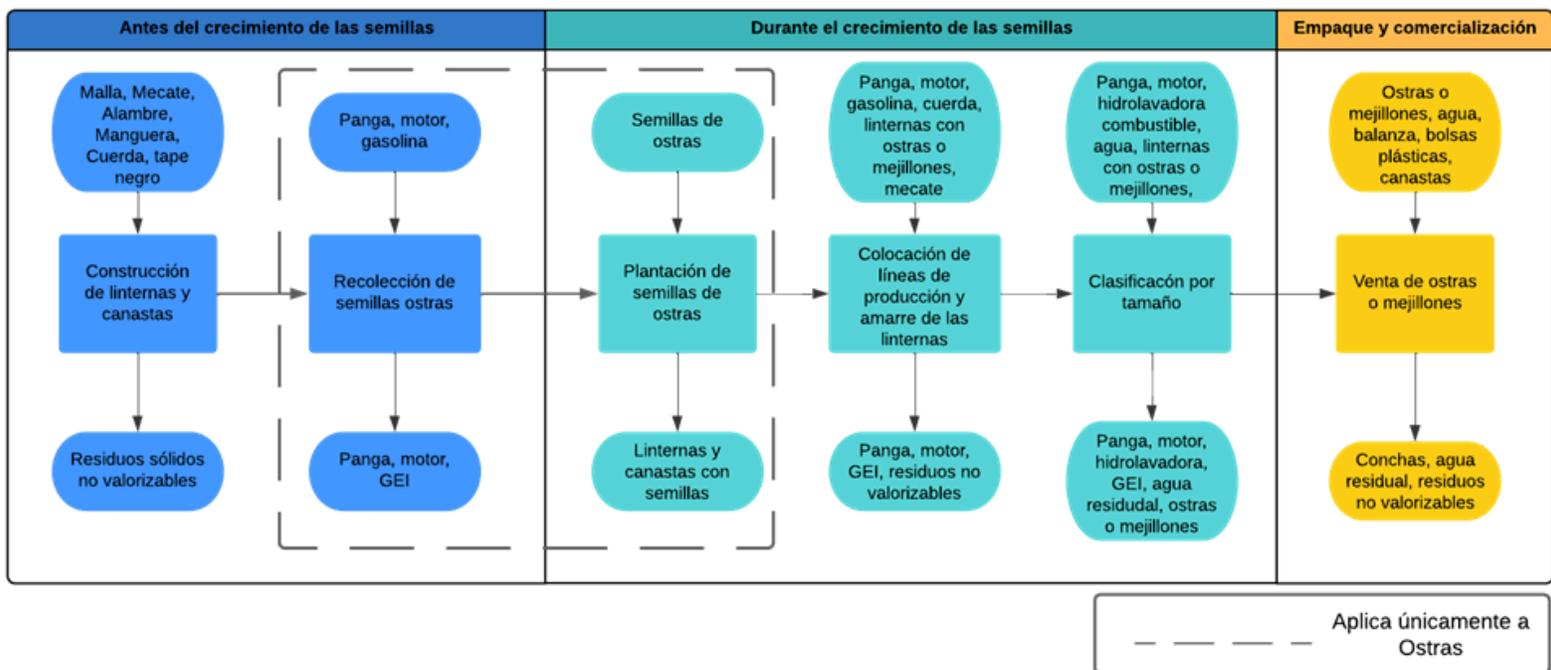
Equipo para depuración de ASOPECUPACHI

El proceso de depuración en las ostras es fundamental antes de su consumo debido a que al ser organismos que filtran agua para alimentarse ellas pueden acumular microorganismos patógenos como bacterias, virus y parásitos o metales pesados y toxinas producidas por algas (biotoxinas).

Los mejillones de Isla Chira no se depuran antes de consumirlos.

SITUACIÓN ACTUAL

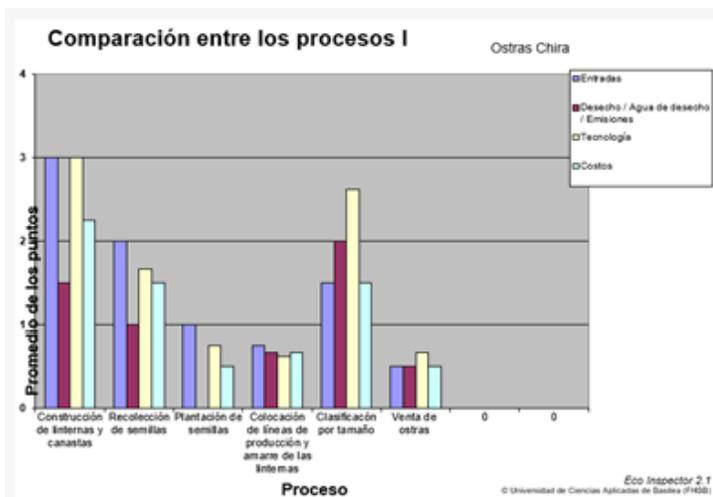
DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO PRODUCTIVO



Para la producción de ostras y mejillones las asociaciones cumplen con los 4 pasos que se mencionan en la literatura: laboratorio, cultivo, industria y mercado [11]. En lo concerniente al laboratorio el proyecto ECOMAR, se enfocó en el estudio de contaminantes emergentes en las aguas marinas donde se cultivan dichos organismos. Los restantes 3 pasos de la cadena productiva los realizan los propios acuicultores de las asociaciones.



OPORTUNIDADES DE MEJORA



Ostras

- El factor con mayor peso durante la etapa de clasificación por tamaño es la tecnología.
- La automatización de la etapa, se considera un factor primordial de mejora.

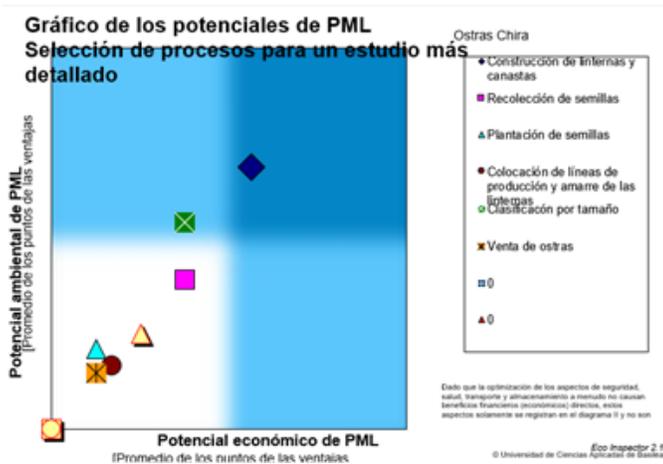


Mejillones

- La etapa de Clasificación por tamaño muestra que los 3 factores de desechos/aguas de desecho/emisiones, tecnología y costos tienen el mismo peso, debido a que a los mejillones se les adhiere abrojo o lana lo cual requiere un mayor tiempo de uso de la hidrolavadora.
- Como mejora se plantea la búsqueda de alternativas más eficientes para la gestión de la limpieza de los mejillones. Se plantea como alternativa la construcción de un equipo tipo centrífuga.



OPORTUNIDADES DE MEJORA



Ostras



Mejillones

La etapa que representa el mayor potencial ambiental y económico de aplicación de P+L es la **construcción de linternas y canastas**.

- Propuesta de mejora:
 - Llevar registros de las compras y procesos de construcción en bitácoras
 - Planificar la compra y construcción de estas y optimizar el uso de los materiales
 - Incorporar criterios de sostenibilidad al realizar las compras de materiales
 - Buscar opciones de automatización de la etapa para evitar errores humanos

Para ambos casos la segunda etapa que presenta mejoras potenciales en P+L es la **clasificación por tamaño**, ya que esta etapa requiere gran cantidad de consumo hídrico, combustible, aceite y recurso humano.



OPORTUNIDADES DE MEJORA

RESIDUOS



Mejoras propuestas:

- Cuantificar los residuos que se generan
- Contar con recipientes o un espacio para almacenamiento de residuos
- Hacer un programa de gestión de residuos para la adecuada disposición de los mismos y eliminar las quemas
- Gestionar de manera diferenciada y adecuada los residuos contaminados con químicos como los envases de aceite y gasolina

Además, evaluar la posición de la Municipalidad de Puntarenas respecto a la recolección de residuos.



OPORTUNIDADES DE MEJORA

RESIDUOS

La mayoría de residuos sólidos se generan producto de la construcción de linternas y canastas por los cortes de los materiales, tales como:

- nylon de las cuerdas
- plásticos HDPE (polietileno de alta densidad) de las boyas y las canastas
- plástico PVC (cloruro de polivinilo) de sus materiales de protección personal como lentes, guantes y botas.

Mejoras propuestas:

- Siempre que sea posible reparar las canastas y linternas dañadas para reutilizarlas
- Buscar alternativas para el cierre de las bolsas de ostras
- Evaluar maneras para disminuir la cantidad de canastas que se roban





OPORTUNIDADES DE MEJORA RESIDUOS



Propuesta 1:

Uso de las conchas en materiales de construcción. Se deben triturar las conchas y mezclarlas con cemento, lo cual puede mejorar en un rango de 5% al 15% la resistencia del hormigón.

En la isla esta iniciativa se puede aplicar en la construcción de los bloques para anclar las linternas así como en los materiales para la construcción de viviendas y reparación de las calles.

Se debe buscar un mecanismo de trituración de las conchas, y dejarlas secar al sol. **20**



OPORTUNIDADES DE MEJORA RESIDUOS



Propuesta 2:

Utilizarlas en el desarrollo de un arrecife artificial, según indica la literatura el CaCO_3 , extraído de las conchas de mejillón, es ideal para ser empleado como aditivo para producir cerámicas porosas y químicamente compatible con las cerámicas arcillosas.

En Costa Rica ya existe la ley N° 41774-MINAE "Promoción de iniciativa de restauración y conservación para la recuperación de los ecosistemas coralinos" del SINAC, en conjunto con el Instituto Costarricense de Turismo y el Instituto Costarricense de Pesca y Acuicultura.

OPORTUNIDADES DE MEJORA

ENERGÍA

Mejoras propuestas:

- Implementar un sistema de gestión de la energía (contabilidad energética o gestión de capacidad)
- Contar con su propio medidor de electricidad
- Crear un plan de mantenimiento técnico para los sistemas energéticos
- Mejorar en la eficiencia de los electrodomésticos
- Hacer uso eficiente de todos los equipos
- Conectar los equipos únicamente cuando se vayan a utilizar
- Siempre desconectar los equipos cuando no se estén utilizando
- Incorporar criterios de compras sostenibles y optar por los electrodomésticos que cuenten con certificaciones de eficiencia energética, así como bombillos LED o inteligentes que cuenten con temporizador o sensores de movimiento así en caso de que por seguridad sea necesario encenderlos de noche lo puedan realizar remotamente sin necesidad de ir hasta el sitio de trabajo



OPORTUNIDADES DE MEJORA ENERGÍA

Mejoras propuestas:

- Estudiar la viabilidad de colocar un panel solar para generación de energía

Se utilizó la plataforma PVWatts del National Renewable Energy Laboratory (NREL) para hacer un análisis preliminar de factibilidad.

SYSTEM INFO

Modify the inputs below to run the simulation.

DC System Size (kW):	<input type="text" value="6.8"/>	
Module Type:	<input type="text" value="Standard"/>	
Array Type:	<input type="text" value="Fixed (roof mount)"/>	
System Losses (%):	<input type="text" value="14.08"/>	
Tilt (deg):	<input type="text" value="20"/>	
Azimuth (deg):	<input type="text" value="180"/>	

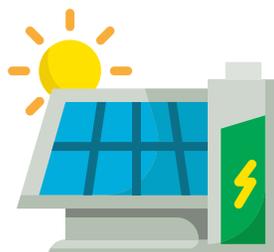
RESULTS

Print Results

10,268 kWh/Year*

Month	Solar Radiation (kWh / m ² / day)	AC Energy (kWh)
January	6.93	1,083
February	7.26	993
March	7.06	1,067
April	6.13	891
May	4.82	736
June	4.49	666
July	4.52	693
August	4.90	749
September	5.06	756
October	5.36	832
November	5.53	831
December	6.22	972
Annual	5.69	10,269

Se puede llegar a generar **10 268 kWh** **al año** de energía solar lo que corresponde a **855.67 kWh al mes**.



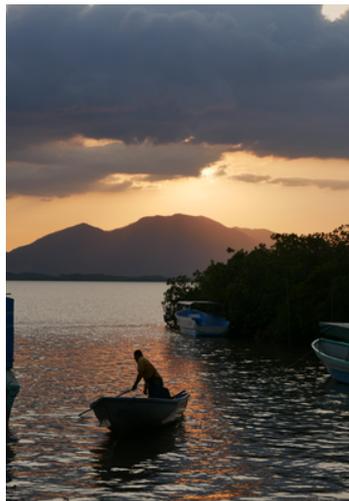
OPORTUNIDADES DE MEJORA

EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO (GEI)

Su fuente de emisión principal se debe a la propulsión de las embarcaciones

Mejoras propuestas:

- Llevar un registro exacto de la cantidad de combustible y aceite utilizado
- Implementar un Plan de Gestión Integral de Residuos (PGIR)
- Mejorar la eficiencia de los procesos para hacerlos óptimos
- Invertir en tecnologías y prácticas sostenibles por ejemplo en hidrolavadoras eléctricas



OPORTUNIDADES DE MEJORA

RECURSO HÍDRICO



Servicio lo brinda la asada de Isla Chira.

Mejoras propuestas:

- Contar con un medidor de agua propio para el proceso
- Buscar un remplazo para la mesa de trabajo con una mesa que tenga un desnivel y un tipo de rejillas de cribado que cumplan la función de filtro y permita mantener la mesa limpia sin la necesidad de vaciarla por completo y limpiarla para un segundo llenado y preferiblemente de algún metal como acero inoxidable, hierro forjado o aluminio que facilite su lavado. Realizando una búsqueda bibliográfica se encontró un modelo de mesa, tal y como se muestra en la siguiente Figura:





OTROS ASPECTOS PARA CONSIDERAR

- Tener registros precisos (producción, costos, electricidad, agua, etc)
- Crear roles de trabajo
- Elaborar una política ambiental
- Tomar medidas para subsanar la falta de seguridad e higiene ocupacional por ejemplo implementar un protocolo de hidratación para el personal



REFERENCIAS

- [1] Naciones Unidas (2018, diciembre). La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe (LC/G.2681-P/Rev.3), Santiago.
- [2] R. Quesada, S. Arias, O. Pacheco, G. Zúñiga, O. Pacheco, H. Vega, E. Calvo y K. Berrocal, Retos de la acuicultura marina litoral: Caso cultivo de ostras en el Golfo de Nicoya, Costa Rica, En Y. Morales-López (Ed.), Memorias del I Congreso Internacional de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad Nacional, Costa Rica, 2019 (e212, pp. 1-9). Heredia: Universidad Nacional. Disponible: <http://dx.doi.org/10.15359/cicen.1.70>
- [3] P. Ureña y C. Peralta, "Cultivo en suspensión de *Mytella guyanensis* (Bivalvia: Mytilidae) en Isla Chira, Costa Rica: implicaciones ambientales y biológicas", Repertorio Científico, vol. 23, n.º 2, p. 76-88, 2020. Disponible: <https://doi.org/10.22458/rc.v23i2.3029>
- [4] DIGECA, "¿Qué es Producción Más Limpia?", Ministerio de Ambiente y Energía, 2023. [En línea]. Disponible: <http://www.digeca.go.cr/areas/que-es-produccion-mas-limpia>.
- [5] FAO, The State of World Fisheries and Aquaculture 2022. Towards Blue Transformation. Rome, FAO, 2022. Disponible: <https://doi.org/10.4060/cc0461en>
- [6] Unión Europea, La ostra en la UE, Luxemburgo, 2022, Disponible: https://www.eumofa.eu/documents/20178/517783/PTAT+Oyster_ES.pdf
- [7] R. Quesada, S. Arias, O. Pacheco, G. Zúñiga, O. Pacheco, H. Vega, E. Calvo y K. Berrocal, Retos de la acuicultura marina litoral: Caso cultivo de ostras en el Golfo de Nicoya, Costa Rica, En Y. Morales-López (Ed.), Memorias del I Congreso Internacional de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad Nacional, Costa Rica, 2019 (e212, pp. 1-9). Heredia: Universidad Nacional. Disponible: <http://dx.doi.org/10.15359/cicen.1.70>
- [8] N. Peña y J. Chacón, Acuicultura en Costa Rica, World Aquaculture, p. 24-28, 2019. Disponible: <http://179.0.219.172/bitstream/handle/20.500.13077/345/Acuicultura%20en%20Costa%20Rica.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [9] O. Córdoba y W. Barrantes, Estudio de Mercado para la actividad ostrícola Región Pacífico Central, Informe Comisión de Regionalización Interuniversitaria del Pacífico Central y Programa de Desarrollo Integral de las Zona Rural del Golfo de Nicoya, 2011.

REFERENCIAS

[10] INCOPESCA y SEPSA, Plan estratégico de la acuicultura en Costa Rica, 2019-2023, 2019. Disponible:http://www.infoagro.go.cr/documents/Plan_Estrategico_Acuicultura_Costa_Rica_2019-2023.pdf

[11] L. Ilasaca, "Manejo de residuos sólidos acuícolas y su influencia en el nivel de riesgo ambiental del centro de acuicultura Morro Sama-Tacna, 2018", Trabajo Fin de Grado, Gestión ambiental y desarrollo sostenible, Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, Tacna, PE, 2021. Disponible: http://www.repositorio.unjbg.edu.pe/bitstream/handle/UNJBG/4306/332_2021_ilasaca_apaza_le_espg_maestria_en_gestion_ambiental_y_desarrollo_sostenible.pdf?sequence=1&isAllowed=y