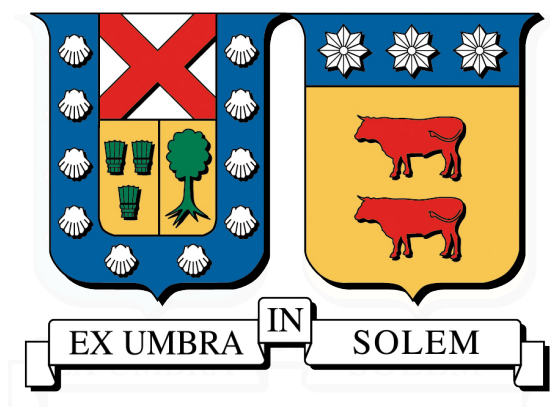


UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
DEPARTAMENTO DE INDUSTRIAS
SANTIAGO - CHILE

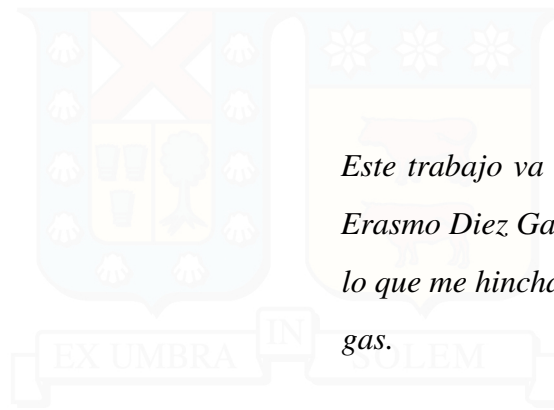


**Desarrollo de Caletas Sustentables Mediante
la Implementación de Plantas Generadoras de Energía
a Partir de Residuos Pesqueros**

Jaime Ignacio Diez Iruretagoyena

PROFESOR GUÍA : SRA. María Pilar Gárate Chateau
PROFESOR CORREFERENTE : SR. Hugo Osorio Zelada

AGOSTO 2017



*Este trabajo va dedicado a Don Jaime
Erasmio Diez Gallegos, después de todo
lo que me hinchaste, por fin somos cole-
gas.*

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quisiera agradecer a mis padres, Jaime y Mirenxtu Amaia, quienes me han enseñado a lo largo de mi vida lo que realmente importa, y que frente a la adversidad lo único que queda es seguir luchando, con una sonrisa. Gracias por el apoyo durante toda la carrera y en este proceso. Mencionar también a mis hermanas, Amaia, Maite y Tinidad, que aun cuando tengamos diferencias, sabemos que siempre estaremos para apoyarnos.

Agradecer a mi abuelo Jaime Erasmo Diez, quien me enseñó a disfrutar la vida (y jugar al fútbol). Gracias por estar siempre con tus historias y anécdotas, como también con tus enseñanzas. Mencionar además a mi abuela Nila Yañez (Q.E.P.D), por todo lo que enseñaste a lo largo de mi infancia, y por llevarnos a la playa aun cuando odiabas la arena.

Gracias a mis profesores de la universidad, que a lo largo de estos 6 años me ayudaron a formar criterio, carácter, y me entregaron las herramientas necesarias para poder soñar con ser un profesional de excelencia. Gracias a mi profesora Pilar Gárate por darme la oportunidad de llevar a cabo este proyecto, y a Gonzalo Rojas por compartir su experiencia y su conocimiento.

Gracias a mis compañeros de universidad, que hicieron de esta etapa la más entretenida y memorable de mi vida. Mencionar especialmente a Maria Jesus Quirland, que me acompañaste en las buenas y en las malas durante tanto tiempo, con la universidad, mis dramas amorosos, o las salidas al Burger King. Eres la mejor amiga que alguien podría tener.

Finalmente, gracias a todos los que estuvieron conmigo, o se hicieron presentes de alguna u otra forma durante este proceso. Estoy infinitamente agradecido por su apoyo. En especial del Milo, que nunca va a entender nada de esto, pero es quien me entrega cariño incondicional siempre.

RESUMEN EJECUTIVO

La pesca artesanal, en Chile y en el mundo, ha perdido importancia debido al surgimiento de métodos industriales de extracción de recursos, la escases de recursos en zonas cercanas a la costa, y a un aumento de la importancia de la acuicultura. Esto provoca que as comunidades dependientes de estas actividades tengan problemas económicos, principalmente de desarrollo productivo y de sustentabilidad. Por otro lado, las localidades donde se practican estas actividades no experimentan la rentabilidad esperada a partir de la pesca, lo que no permite generar un desarrollo social, económico y ambiental en torno a la pesca artesanal, y a la comunidad general, debido a falta de recursos.

El presente trabajo desarrolla una propuesta replicable y sustentable, en donde se generan ingresos y ahorros a través de los residuos obtenidos de la actividad pesquera. Mediante la implementación de proyecto energético en base a residuos pesqueros se busca generar el sustento necesario tanto para la comunidad pesquera, como para la localidad de implementación, mediante la venta de energía eléctrica generada a partir de los residuos pesqueros. El proyecto consiste en la implementación de una planta de biogás, en un terreno apto dentro de la quinta región, donde se utilizará como insumos los residuos provenientes de la actividad pesquera, junto a otros residuos o materiales orgánicos disponibles dentro de la localidad.

En primera instancia se realiza un levantamiento social de las caletas pertenecientes a la quinta región, con el objetivo de determinar en cual localidad el impacto que se podría generar a través del proyecto será mayor. Luego de seleccionar la localidad, se realiza un estudio técnico y económico profundo, para determinar tanto la factibilidad de instalación, como los beneficios económicos que se generarían a partir del proyecto. Los valores de inversión, ingresos y costos asociados al proyecto dependen netamente de la capacidad productiva que presente el lugar de implementación, pero cabe destacar que el objetivo es implementar una metodología de trabajo la cual pueda ser replicada a lo largo del país. El análisis anterior se ve complementado con una evaluación multicriterio para evaluación de proyectos, la cual es necesaria debido a que el proyecto no solo presenta factores cuantitativos, sino que, dentro de la factibilidad de instalación, influyen elementos

cualitativos, principalmente sociales, ambientales y económicos. El análisis se realiza tomando criterios y sub criterios definidos para el caso estudiado, y evaluados por expertos en evaluación de proyectos ambientales, sociales, y energéticos. El objetivo principal es demostrar a partir de los factores cualitativos, que la implementación del proyecto es rentable para la sociedad y la comunidad pesquera, frente a la alternativa de continuar el funcionamiento actual.

Aun cuando el proyecto es teórico, la metodología de trabajo y el caso de estudio demuestran que el proyecto es conveniente tanto para las autoridades de la localidad, como para la comunidad pesquera y de la localidad. El resultado obtenido es el primer paso para llegar a un proyecto replicable, que permita aumentar la sustentabilidad de la actividad pesquera a lo largo del país.

Palabras clave: Residuos pesqueros, biogás, energías renovables no convencionales, evaluación económica, evaluación multicriterio.

ABSTRACT

Artisanal fisheries in Chile and in the world have lost importance due to the emergence of industrial methods of resource extraction, scarce resources in near-coastal areas, and an increase in the importance of aquaculture. This causes that the communities dependent on these activities suffer economic problems, regarding productive development and sustainability. On the other hand, the locations where these activities are practiced do not generate the expected profit from artisanal fisheries, which does not allow to generate social, economic and environmental development towards the general community, due to lack of resources.

The present study develops a replicable and sustainable proposal, where income and savings are generated through waste obtained from the fishing activity. The implementation of an energy project based on fishery waste seeks to generate resources to cover the need of both the fishing community and the local community, through the sale of electric energy generated from the fishing waste. The project consists of the implementation of a biogas plant, in a suitable land within the fifth región of Chile, where the waste from the fishing activity will be used as inputs, along with other residues or organic materials available within the locality.

In the first instance a social survey of the fishing entities belonging to the fifth region is carried out, in order to determine in which locality the impact that could be generated through the project will be greater. After selecting the locality, a deep technical and economic study is carried out to determine both the feasibility of installation and the economic benefits that would be generated from the project. The investment values, revenues and costs associated with the project depend on the productive capacity of the implementation area, but it is important to emphasize that the objective is to implement a working methodology that can be replicated throughout the country. The economic and technical analysis is complemented by a multi-criteria evaluation, which is necessary because the project not only presents quantitative factors, but also qualitative, mainly social, environmental and economic elements. The analysis is carried out taking criteria and sub-criteria defined for the case studied, and evaluated by experts in the evaluation of environmental, social, and

energy projects. The main objective is to demonstrate from the qualitative point of view, that the implementation of the project is profitable for the society and the fishing community, as opposed to the alternative to continue the current operation. Although the project is theoretical, the work methodology and the case study show that the project is suitable for the local authorities, the fishing community and the local Community in general. The result obtained is the first step to a replicable project, that allows to increase the sustainability of the fishing activity throughout the country.

Key words: Fishing waste, biogas, unconventional renewable energies, economic evaluation, multicriteria evaluation.

Índice de Contenidos

1. Problema de Investigación	1
2. Objetivo General	6
3. Objetivos Específicos	7
3.1. Conocer el contexto actual de las caletas en funcionamiento de la región. .	7
3.2. Analizar las posibles localizaciones para implementar el proyecto.	7
3.3. Evaluar económicamente la implementación del proyecto	8
3.4. Comparar el funcionamiento actual con una posible implementación del proyecto	8
4. Marco Teórico	9
4.1. Descripción de la Industria Pesquera	9
4.1.1. Situación Internacional	10
4.1.2. Situación Nacional	13
4.1.3. Pesca Artesanal	16
4.1.4. Región de Valparaíso	19
4.2. Contexto Social de la Pesca Artesanal	20
4.2.1. Nacional	21
4.2.2. Actuales disputas	24
4.3. Fuentes de Financiamiento	27
4.3.1. FFAP	28
4.3.2. FAP	29
4.3.3. Dirección de Obras Portuarias	30
4.3.4. Fondo Nacional de Desarrollo Regional	31
4.3.5. Otros Fondos y Distribución de Inversión Total	32
4.4. Situación Energética	34
4.4.1. Situación Internacional	34
4.4.2. Situación Nacional	36
4.5. Generación de Energía a Partir de Residuos	39
4.5.1. Antecedentes de la biomasa	40
4.5.2. Tratamientos de biomasa	41
4.5.3. Generación de Biogas	45
4.5.3.1. Residuos pesqueros para la generación de biogás	47
4.5.4. Etapas del proceso de generación de biogás	51

4.5.5. Beneficios y valorización adicional	58
4.6. Análisis Multicriterio	60
4.6.1. Descripción	60
4.6.2. Metodología de evaluación multicriterio para proyectos	61
5. Metodología	69
6. Historia y contexto social de la pesca artesanal en la región de Valparaíso	74
6.1. Caleta Quintay	75
6.2. Caleta Laguna Verde	75
6.3. Caleta El Membrillo	76
6.4. Caleta Portales	77
6.5. Caleta Higuierillas	78
6.6. Caleta San Pedro	78
6.7. Caleta Montemar	79
6.8. Caleta Algarrobo	80
6.9. Caleta El Quisco	80
6.10. Caleta Las Cruces	81
6.11. Caleta Cartagena	82
6.12. Caleta Boca Rio Maipo	82
6.13. Caleta Puertecito	83
6.14. Caleta Playa Mostazal	84
7. Análisis de Indicadores	85
7.1. Sindicalización	85
7.2. Financiamiento Historico	86
7.3. Sustento Familiar	88
7.4. Economías de Escala	89
7.5. Total de Residuos Producidos	90
7.6. Resultado final de análisis de las caletas	92
8. Factibilidad de Instalación	94
8.1. Caleta San Pedro de Cartagena	95
8.2. Caleta Membrillo	100
8.3. Caleta Algarrobo	104
8.4. Comparación Final	109
9. Evaluación Técnico Económica	112
9.1. Identificación de Beneficios	112
9.2. Identificación de Costos	114
9.2.1. Inversión	114
9.2.2. Costos Variables	115
9.2.3. Costos Fijos	116
9.3. Depreciación de activos	117
9.4. Proyecciones	117
9.4.1. Caso Conservador	120

9.4.2. Caso Optimista	120
9.4.3. Caso Pesimista	121
9.5. Indicadores Económicos	122
9.6. Datos considerados	123
9.7. Resultados obtenidos	123
9.7.1. Caso Conservador	123
9.7.2. Caso Optimista	124
9.7.3. Caso Pesimista	124
10. Evaluación Social Moderna	126
10.1. Antecedentes	126
10.2. Evaluación Multicriterio	130
10.2.1. Objetivo de la evaluación	130
10.2.2. Grupo de expertos	130
10.2.3. Alternativas a evaluar	131
10.2.4. Descripción de criterios	131
10.2.4.1. Criterios Sociales	132
10.2.4.2. Criterios Ambientales	132
10.2.4.3. Criterios Económicos	134
10.2.5. Árbol de jerarquía	136
10.2.6. Puntuación y beneficio de los criterios	136
10.2.6.1. Criterios Sociales	137
10.2.6.2. Criterios Ambientales	138
10.2.6.3. Criterios Económicos	141
10.2.7. Ponderaciones para criterios y sub criterios	143
10.2.7.1. Criterios globales	143
10.2.7.2. Criterios sociales	144
10.2.7.3. Criterios ambientales	144
10.2.7.4. Criterios económicos	144
10.2.8. Procesamiento de información y resultado para criterios	145
10.2.9. Ponderaciones locales y globales para criterios y sub criterios	148
10.2.10. Nota de sub criterios y evaluación final de alternativas	149
11. Conclusiones	152
Bibliografía	157
A. Anexos	161
A.1. Historia y contexto social de la pesca artesanal en la región de Valparaíso	161
A.1.1. Caleta Quintay	161
A.1.2. Caleta Laguna Verde	163
A.1.3. Caleta Membrillo	164
A.1.4. Caleta Portales	166
A.1.5. Caleta Huigerillas	167
A.1.6. Caleta San Pedro	169

A.1.7. Caleta Montemar	170
A.1.8. Caleta Algarrobo	172
A.1.9. Caleta El Quisco	173
A.1.10. Caleta Las Cruces	175
A.1.11. Caleta Cartagena	176
A.1.12. Caleta Boca Rio Maipo	178
A.1.13. Caleta Puertecito	179
A.1.14. Caleta Playa Mostazal	181
A.2. Evaluación económica	182
A.2.1. Análisis de escenarios	182
A.3. Evaluación social moderna	184
A.3.1. Encuesta sustentabilidad para caletas pesqueras	184
A.3.2. Vector de prioridades para criterios sociales	192
A.3.3. Vector de prioridades para criterios ambientales	193
A.3.4. Vector de prioridades para criterios económicos	196

Índice de Tablas

4.1. Pesca de captura marina: principales países productores hasta 2012.	11
4.2. Producción de peces comestibles cultivados, según los 15 productores mas importantes del mundo hasta 2012.	13
4.3. Pescadores artesanales por región, categorizados por actividad y sexo, 2015.	18
4.4. Pescadores artesanales por región, 2015.	20
4.5. Composición promedio de biogás.	45
4.6. Producción promedio de biogás a partir de diferentes residuos pesqueros.	49
4.7. Producción promedio de biogás a partir de diferentes residuos pesqueros en codigestión con otros sustratos.	50
4.8. Datos técnicos de plantas industriales en Dinamarca, que producen biogás a partir de sustratos compuestos por residuos ganaderos y pesqueros.	51
4.9. Tabla de valores aleatorios para calcular el índice aleatorio IA.	67
7.1. Asignación de puntajes para ítem sindicalización	85
7.2. Ranking de caletas por ítem sindicalización	86
7.3. Ranking de caletas por ítem financiamiento histórico	87
7.4. Asignación de puntajes para ítem sustento familiar	88
7.5. Ranking de caletas por ítem sustento familiar	89
7.6. Ranking de caletas por ítem economías de escala	90
7.7. Ranking de caletas por ítem toneladas de residuos	91
7.8. Ponderación final indicadores de localización	92
8.1. Comparación financiera entre las tres opciones de localización.	109
9.1. Costos fijos relacionados con los sueldos de operarios en la planta de biogás	117
9.2. Valores obtenidos de la depreciación acelerada de activos utilizados en el proyecto	118
9.3. Tabla resumen de los datos considerados para la evaluación del proyecto	123
9.4. Indicadores económicos considerando el caso conservador, donde no existen cambios en la producción de residuos	124
9.5. Indicadores económicos correspondientes al escenario optimista, donde existe un aumento en la producción de residuos.	124
9.6. Indicadores económicos considerando una disminución en la producción de residuos.	125
10.1. Escala numérica para evaluar la potencialidad de empleos generados.	137

10.2. Escala numérica para evaluar el nivel de aceptabilidad de las alternativas.	137
10.3. Escala numérica para evaluar la conciencia ambiental generada en la comunidad.	138
10.4. Escala numérica para evaluar el nivel de importancia asignado al tratamiento de residuos.	138
10.5. Escala numérica para evaluar el impacto en el territorio generado por la implementación.	139
10.6. Escala numérica para evaluar el impacto sobre el cambio climático.	139
10.7. Escala numérica para evaluar la importancia que se le da a utilizar ERNC.	140
10.8. Escala numérica para evaluar el aporte generado hacia la sustentabilidad regional.	140
10.9. Escala numérica para evaluar el mejoramiento de la imagen ambiental de la localidad.	141
10.10 Escala numérica para evaluar el desarrollo del turismo a raíz de la implementación.	141
10.11 Escala numérica para evaluar la importancia que se le da a la maximización de recursos.	142
10.12 Escala numérica para evaluar la importancia que se le da al ahorro de costos operacionales.	142
10.13 Criterios globales obtenidos de la integración de respuestas dadas por los expertos.	143
10.14 Criterios sociales obtenidos de la integración de respuestas dadas por los expertos.	144
10.15 Criterios ambientales obtenidos de la integración de respuestas dadas por los expertos.	144
10.16 Criterios económicos obtenidos de la integración de respuestas dadas por los expertos.	144
10.17 Tabla demostrativa de los criterios y divisiones a realizar.	145
10.18 Tabla de resultados para la división de los criterios.	145
10.19 Resumen ponderaciones de criterios de evaluación, a partir de los juicios de expertos.	148
10.20 Puntaje promedio para cada subcriterio analizado dentro de las encuestas, en función de las alternativas propuestas.	149
10.21 Nota ponderada para la alternativa de implementar la planta de biogás. . .	150
10.22 Nota ponderada para la alternativa de no implementar la planta de biogás.	151
A.1. Valores de producción considerados para los tres escenarios estudiados. .	183
A.2. Tabla demostrativa de los criterios y divisiones a realizar.	192
A.3. Tabla de resultados para la división de los criterios.	192
A.4. Glosario de criterios ambientales	194
A.5. Tabla demostrativa de los criterios y divisiones a realizar.	194
A.6. Tabla de resultados para la división de los criterios.	195
A.7. Glosario de criterios económicos	197
A.8. Tabla demostrativa de los criterios y divisiones a realizar.	197
A.9. Tabla de resultados para la división de los criterios.	197

Índice de Figuras

4.1. Producción mundial de la pesca de captura y acuicultura hasta 2012. (Fuente: (FAO, 2014))	10
4.2. Importancia relativa de la industria pesquera en la economía nacional, 2011. (Fuente: (Gonzalez et al., 2013))	14
4.3. Desembarque total de peces por área productiva, 2012. (Fuente: (Cox y Bravo, 2014))	14
4.4. Participación en el desembarque total de peces por área productiva, 2012. (Fuente: (Cox y Bravo, 2014))	15
4.5. Distribución porcentual de la cosecha de especies en acuicultura, 2014. (Fuente: (SERNAPESCA, 2015c))	16
4.6. Categorización de caletas inscritas, 2011. (Fuente: (Gonzalez et al., 2013))	17
4.7. Número de caletas artesanales por región, 2011. (Fuente: (Gonzalez et al., 2013))	19
4.8. Número de sindicatos en caletas artesanales por región, 2011. (Fuente: (Gonzalez et al., 2013))	22
4.9. Distribución porcentual de agrupaciones existentes en la pesca artesanal, 2011. (Fuente: (Gonzalez et al., 2013))	23
4.10. Distribución regional de la inversión del FFAP, 2000-2011. (Fuente: (Gonzalez et al., 2013))	28
4.11. Distribución de inversión del FAP por línea de acción, 2011. (Fuente: Gonzalez et al. (2013))	29
4.12. Distribución de inversión del FAP por región, 2011. (Fuente: (Gonzalez et al., 2013))	30
4.13. Distribución de inversión del DOP por región, 2011. (Fuente: (Gonzalez et al., 2013))	31
4.14. Distribución de inversión del FNRD por región, 2011. (Fuente: (Gonzalez et al., 2013))	32
4.15. Distribución porcentual del total invertido por los distintos fondos, 2011. (Fuente: (Gonzalez et al., 2013))	33
4.16. índice global de temperatura tierra-oceano, 1880-2015. (Fuente: (NASA, 2015b))	35
4.17. Variación en niveles de CO ₂ , por cada 50.000 años. (Fuente: (NASA, 2015a))	36
4.18. Crecimiento de la demanda energética y la expansión del PIB. (Fuente: (Ministerio de Energía, 2013))	37
4.19. Matriz energética secundaria o de consumo final. (Fuente: (Ministerio de Energía, 2013))	37

4.20. Generación eléctrica en Chile y el mundo. (Fuente: (Ministerio de Energía, 2015b))	38
4.21. Esquema de la digestión anaeróbica. (Fuente: (Carrasco, 2015))	44
4.22. Esquema de los tratamientos utilizados para generar energía a partir de biomasa. (Fuente: (Carrasco, 2015))	44
4.23. Esquema de las etapas que se realizan en la producción de biogás. (Fuente: (Carrasco, 2015))	52
4.24. Esquema simplificado del proceso de digestión anaeróbica. (Fuente: (Carrasco, 2015))	53
4.25. Diagrama de procesos y usos energéticos que se obtienen a partir de la generación de energía con biogás. (Fuente: (Carrasco, 2015))	56
4.26. Esquema del proceso de generación de energía mediante un sistema de cogeneración.. (Fuente: Carrasco (2015))	57
4.27. Esquema demostrativo del problema de decisión. (Fuente: (Pacheco y Contreras, 2008))	60
4.28. Esquema del proceso de una evaluación multicriterio. (Fuente: (Pacheco y Contreras, 2008))	62
4.29. Diagrama de criterios en un problema de decisión (Fuente: (Pacheco y Contreras, 2008))	63
4.30. Esquema jerárquico de los criterios identificados en el problema. (Fuente: (Pacheco y Contreras, 2008))	64
4.31. Matriz comparativa R de $n \times n$. (Fuente: Gaete Rosales (2016))	65
4.32. Escala de valores propuesta por Thomas Saaty. (Fuente: (Gaete Rosales, 2016))	65
4.33. Ejemplo de análisis de indicadores en un proceso multicriterio. (Fuente: (Pacheco y Contreras, 2008))	68
4.34. Ejemplo de ranking de alternativas para una evaluación multicriterio. (Fuente: (Gaete Rosales, 2016))	68
8.1. Imagen satelital de la ubicación de la caleta San Pedro de Cartagena. (Fuente: Google Earth)	95
8.2. Imagen satelital de la ubicación del terreno a implementar el proyecto en la comuna de Cartagena. (Fuente: Google Maps)	97
8.3. Imagen satelital de la ruta utilizada para el transporte de residuos. (Fuente: Google Maps)	97
8.4. Ubicación de la caleta Membrillo. (Fuente: Google Maps)	101
8.5. Ubicación del terreno correspondiente al primer terreno factible. (Fuente: Google Maps)	101
8.6. Ruta para disposición de residuos de la Caleta Membrillo. (Fuente: Google Maps)	102
8.7. Imagen satelital de la ubicación de la caleta Algarrobo. (Fuente: Google Earth)	104
8.8. Terreno en el cual se implementaría la planta de biogás en Algarrobo. (Fuente: Google Maps)	107
8.9. Ruta entre la caleta y el terreno designado para el proyecto en la comuna de Algarrobo. (Fuente: Google Maps)	108
9.1. Gráfico representativo de los niveles de desembarque artesanal a nivel nacional entre 2003 y 2015. (Fuente: Elaboración Propia)	118

9.2. Gráfico representativo de los niveles de desembarque artesanal en la región de Valparaíso entre 2003 y 2015. (Fuente: Elaboración Propia)	119
10.1. Mapa de accesos directos a la comuna de Algarrobo. (Fuente: (Profesionales, 2014))	127
10.2. Imagen del terreno destinado para la disposición de residuos orgánicos de Algarrobo. (Fuente: (Pizarro, 2017))	128
10.3. Imagen del estado en que se encuentran los residuos orgánicos en el terreno ubicado en el Tabo. (Fuente: (Pizarro, 2017))	128
10.4. Diagrama de jerarquías para los criterios y sub criterios seleccionados. (Fuente: Elaboración propia)	136
A.1. Género de los trabajadores. (Fuente: Elaboración Propia)	161
A.2. Actividades desarrolladas por los trabajadores. (Fuente: Elaboración Propia)	162
A.3. Dependencia económica de las labores pesqueras en Quintay. (Fuente: G. et al. (2013))	162
A.4. Género de los trabajadores. (Fuente: Elaboración Propia)	163
A.5. Actividades desarrolladas por los trabajadores. (Fuente: Elaboración Propia)	163
A.6. Dependencia económica de las labores pesqueras en Laguna Verde. (Fuente: G. et al. (2013))	164
A.7. Género de los trabajos. (Fuente: Elaboración Propia)	164
A.8. Actividades desarrolladas por los trabajadores. (Fuente: Elaboración Propia)	165
A.9. Dependencia económica de las labores pesqueras en Caleta Membrillo. (Fuente: G. et al. (2013))	165
A.10. Género de los trabajadores. (Fuente: Elaboración Propia)	166
A.11. Actividades desarrolladas por los trabajadores. (Fuente: Elaboración Propia)	166
A.12. Dependencia económica de las labores pesqueras en Portales. (Fuente: G. et al. (2013))	167
A.13. Género de los trabajadores. (Fuente: Elaboración Propia)	167
A.14. Actividades desarrolladas por los trabajadores. (Fuente: Elaboración Propia)	168
A.15. Dependencia económica de las labores pesqueras en Higuerrillas. (Fuente: G. et al. (2013))	168
A.16. Género de los trabajadores. (Fuente: Elaboración Propia)	169
A.17. Actividades desarrolladas por los trabajadores. (Fuente: Elaboración Propia)	169
A.18. Dependencia económica de las labores pesqueras en San Pedro. (Fuente: G. et al. (2013))	170
A.19. Género de los trabajadores. (Fuente: Elaboración Propia)	170
A.20. Actividades desarrolladas por los trabajadores. (Fuente: Elaboración Propia)	171
A.21. Dependencia económica de las labores pesqueras en Montemar. (Fuente: G. et al. (2013))	171
A.22. Género de los trabajadores. (Fuente: Elaboración Propia)	172
A.23. Actividades desarrolladas por los trabajadores. (Fuente: Elaboración Propia)	172
A.24. Dependencia económica de las labores pesqueras en Algarrobo. (Fuente: G. et al. (2013))	173
A.25. Género de los trabajadores. (Fuente: Elaboración Propia)	173

A.26. Actividades desarrolladas por los trabajadores. (Fuente: Elaboración Propia)	174
A.27. Dependencia económica de las labores pesqueras en Algarrobo. (Fuente: G. et al. (2013))	174
A.28. Género de los trabajadores. (Fuente: Elaboración Propia)	175
A.29. Actividades desarrolladas por los trabajadores. (Fuente: Elaboración Propia)	175
A.30. Dependencia económica de las labores pesqueras en Algarrobo. (Fuente: G. et al. (2013))	176
A.31. Género de los trabajadores. (Fuente: Elaboración Propia)	176
A.32. Actividades desarrolladas por los trabajadores. (Fuente: Elaboración Propia)	177
A.33. Dependencia económica de las labores pesqueras en Cartagena. (Fuente: G. et al. (2013))	177
A.34. Género de los trabajadores. (Fuente: Elaboración Propia)	178
A.35. Actividades desarrolladas por los trabajadores. (Fuente: Elaboración Propia)	178
A.36. Dependencia económica de las labores pesqueras en Boca Rio Maipo. (Fuente: G. et al. (2013))	179
A.37. Género de los trabajadores. (Fuente: Elaboración Propia)	179
A.38. Actividades desarrolladas por los trabajadores. (Fuente: Elaboración Propia)	180
A.39. Dependencia económica de las labores pesqueras en Puertecito. (Fuente: G. et al. (2013))	180
A.40. Género de los trabajadores. (Fuente: Elaboración Propia)	181
A.41. Actividades desarrolladas por los trabajadores. (Fuente: Elaboración Propia)	181
A.42. Dependencia económica de las labores pesqueras en Playa Mostazal. (Fuente: G. et al. (2013))	182
A.43. Escala de valores propuesta por Thomas Saaty. (Fuente: Gaete Rosales (2016))	184

1 | Problema de Investigación

La actividad pesquera en Chile es una de las más importantes a nivel país. Esto debido principalmente a lo extenso del territorio costero presente en casi todas las regiones. Según la ODEPA, el sector Pesca y Acuícola representa un 1,05 % del PIB nacional (Cox y Bravo, 2013). Existen 3 principales ramas de esta actividad, la pesca industrial, la acuicultura, y la pesca artesanal. Según la Ley General de Pesca y Acuicultura, la pesca artesanal está definida como

"actividad pesquera extractiva realizada por personas naturales que, en forma personal, directa y habitual, trabajan como pescadores artesanales inscritos en el Registro Pesquero Artesanal, con o sin el empleo de una embarcación artesanal." (de Pesca, 2013)

En Chile, la pesca en general es una profesión que está muy regulada, ya que los recursos marítimos existentes en la región han ido disminuyendo en el último tiempo, derivando en que la actividad pierda cierta rentabilidad y fuerza dentro del país. Adicionalmente, una gran parte de los recursos existente son explotados por el área de pesca industrial. Según la ODEPA:

"la producción pesquera ha presentado una situación similar al panorama mundial, con una tendencia a la disminución debida a la baja en muchas especies, como la anchoveta y el jurel. Al igual que ha ocurrido en la mayor parte del mundo, los orígenes de esta reducción son la sobreexplotación y la mencionada corriente del Niño." (Cox y Bravo, 2013)

La escasez de recursos va acompañada de la competencia existente dentro de la industria pesquera nacional la cual se caracteriza por tener 3 áreas definidas: Pesca Industrial, Pesca Artesanal, y Acuicultura. La actividad principal de la industria ha sido históricamente la pesca industrial, aunque en el último tiempo la acuicultura ha experimentado altos niveles

de explotación. Estas dos últimas corresponden al 73,6 % de los desembarques totales en el país. (Cox y Bravo, 2014), dejando a la pesca artesanal como el método menos rentable para la extracción de recursos.

Esta realidad dentro de la pesca artesanal se ve expresada en una cantidad de problemas a los cuales se tienen que exponer los actores dentro de esta actividad. El poco poder competitivo que tiene esta área frente a los otros métodos extractivos, se traduce en la necesidad de financiamiento estatal para realizar actividades. Esto se traduce en una cantidad de reglamentos, regulaciones y legislatura dedicada a discriminar a actores relevantes dentro de la pesca artesanal. Este financiamiento es necesario debido no solo a los proyectos de infraestructura y maquinaria requeridos para la pesca artesanal, sino también por el consumo energético dentro de la misma actividad. La necesidad energética en factores como luminaria, calefacción y refrigeración principalmente, son un costo que con la producción actual no es viable en el largo plazo. Adicionalmente, la producción no se traduce solo en ganancia, sino que de los recursos extraídos existe solo un porcentaje que puede ser utilizado dentro del mercado. La materia residual actualmente no tiene un beneficio claro para la pesca artesanal, sino que se transforma en un costo extra tanto para la organización como para el gobierno. Estos dos últimos temas son un aporte sustancial a la reducción de contaminación tanto a nivel nacional, como a nivel mundial. A continuación, se expone de manera detallada estos tres problemas principales, y sus repercusiones dentro de la pesca artesanal.

Financiamiento y regulación Para que un pescador artesanal pueda ejercer sus actividades, debe estar registrado en el Registro Pesquero Artesanal¹ el cual permite llevar un registro de las actividades realizadas artesanalmente. Por otro lado, formar parte del registro de pescadores es el primer requerimiento para optar a algún fondo gubernamental de financiamiento. Estos tienen como objetivo fomentar la pesca, y dar recursos necesarios para que las organizaciones puedan realizar sus actividades de manera óptima. Entre estos

¹ En el RPA se encuentran inscritos los/as pescadores/as artesanales, donde se pueden diferenciar por categorías y género. También en el RPA se registran las embarcaciones inscritas por personas naturales, personas jurídicas (EIRL y sociedades de Responsabilidad limitadas) y comunidades, de estas es posible diferenciar la participación de las mujeres como armadoras. El registro de organizaciones inscritas en el RPA, nos permite también diferenciar cuantas de éstas están constituidas sólo por mujeres, cuantas sólo por hombres y cuales son mixtas (hombres y mujeres)(SERNAPESCA, 2016)

se pueden mencionar principalmente el Fondo de Administración Pesquero, FAP², y el Fondo de Fomento para la Pesca Artesanal, FFPA³. El gobierno, o los municipios en cada región tienen presupuestos limitados, con los cuales se puede trabajar en las diferentes actividades regionales. En el caso de la pesca artesanal se debe discriminar a quienes pueden formar parte de este registro, limitando tanto el número de trabajos disponibles que se originan a partir de la actividad pesquera en el país, como el monto de financiamiento que se destinan para el fomento la pesca artesanal. En la actualidad, sin un financiamiento externo o ayuda gubernamental, es muy difícil surgir a partir de las actividades pesqueras. Esta discriminación económica, en donde la ayuda o fomento de la pesca artesanal se ha visto mermada por la preferencia de otras actividades pesqueras, como la pesca industrial o la acuicultura por parte de privados y el gobierno, han originado una gran cantidad de roces sociales, que terminan en movilizaciones y en paralizaciones por parte de los afectados, quienes demandan oportunidades similares a las grandes pesqueras del país. Es claro que si el gobierno, por ejemplo, declara un recurso como apto para la pesca industrial (es el caso de la Merluza del Sur, en el actual conflicto existente en Chiloé) ([DiarioUchile, 2016](#)), es posible extraer un mayor beneficio de la actividad. Pero al mismo tiempo se limita el trabajo de los pescadores artesanales, los cuales se ven despojados de una fuente de recurso invaluable para ellos, originando así las distintas manifestaciones sociales que se han visto recientemente en Chile. Con una manera distinta de generar beneficio para el área artesanal, se podrían evitar estos roces existentes con las otras áreas pesqueras, y también evitar los problemas que afectan al gobierno cuando estallan estas manifestaciones.

Requerimientos Energéticos La pesca artesanal es una actividad que necesita una gran cantidad de energía para poder ser llevada a cabo de la manera más óptima. Desde la bencina

²Créase el Fondo de Administración Pesquero en el Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción, destinado a financiar proyectos de investigación pesquera y acuicultura, y de fomento y desarrollo a la pesca artesanal; y programas de vigilancia, fiscalización y administración de las actividades pesqueras; de capacitación, apoyo social, y reconversión laboral para los trabajadores que, durante el período de vigencia de la ley N° 19.713, hayan perdido su empleo, y de capacitación para los actuales trabajadores de las industrias pesqueras extractivas y de procesamiento. ([FAP, 2016](#))

³La misión del Fondo de Fomento para la Pesca Artesanal, está centrada en promover el desarrollo sustentable del sector pesquero artesanal chileno, y apoyar los esfuerzos de las organizaciones de pescadores artesanales legalmente constituidas de todo Chile, que buscan mejorar las condiciones de vida y laborales de sus asociados, respetando los recursos y el medioambiente, mediante el co-financiamiento de proyectos gestionados por las propias organizaciones. ([FFAP, 2016](#))

que utilizan los botes para extraer los recursos, hasta la electricidad que se emplea en las caletas para iluminación, refrigeración y aseo, estas fuentes de energía son indispensables para la actividad. La eficiencia energética aplicada tanto en sectores industriales como de servicio, ayuda a disminuir los requerimientos energéticos, y maximizar la utilización de recursos. El impacto que tiene mejorar el uso energético dentro de una empresa, en cuanto a costos, puede generar un cambio enorme en los beneficios recibidos, así como también convertirse en una ventaja competitiva que permita desarrollarse de la mejor manera dentro del mercado. Dentro del sector pesquero, una implementación de esta metodología de operación ayudaría a disminuir los requerimientos energéticos mencionados anteriormente. Actualmente existen una gran cantidad de demandas realizadas por los distintos sindicatos pesqueros (específicamente en la región de Valparaíso), que toman estos temas energéticos y de eficiencia en cuenta, a la hora de optar por un financiamiento externo (G. et al., 2013). Esto con el fin de disminuir costos operacionales, para obtener una mayor rentabilidad de la actividad pesquera.

Materia Residual Otro problema relevante relacionado con la pesca artesanal y el funcionamiento de las caletas del país, son los residuos provenientes de los recursos marítimos, principalmente del proceso de fileteado y limpieza de los pescados. Este problema es común para toda la industria pesquera, aunque es muy visible en las caletas artesanales a lo largo de Chile. Uno de los focos principales de la actividad pesquera dentro del país es la región de Valparaíso, la cual concentra un número total de 34 caletas artesanales. Según la revista AQUA, Acuicultura + Pesca, alrededor de un 40 por ciento del peso de los pescados extraídos corresponde finalmente a residuos (AQUA, 2015b). Aun así, estos residuos tienen propiedades necesarias para volver a ser utilizados y así disminuir no solo la contaminación, pero también costos en cuanto a manejo y traslado de basura por parte de las municipalidades. El Dr. Manuel Young de la Universidad Técnica Federico Santa María, que lideró un proyecto para la reutilización de residuos en la Caleta Portales de la Quinta Región, señaló:

"Todos estos desechos contienen proteínas, grasas, carbohidratos; lo que es muy bienvenido en la industria salmonicultora y en la industria de los petfood como complemento

alimenticio dada la intensidad de su sabor y olor”. (AQUA, 2015b)

El desafío principal, que conlleva estos tres problemas, es identificar una metodología la cual ayude a las organizaciones artesanales a realizar sus actividades de una manera más sustentable. Con un método adecuado de transformación, se podría convertir estos residuos que son inevitables, en una fuente de ingreso o ahorro para las caletas. De esta manera no solo existiría una inyección de recursos, sino que, dependiendo del método elegido, se podrían crear nuevos puestos de trabajo dentro del funcionamiento de las caletas. Además, esta reducción o eliminación de residuos, disminuye los costos que debe realizar el municipio en cuanto a traslado y manejo de basura, aumentando de cierta forma el presupuesto disponible. Así, la institución tendría mayor capital para destinarlo a otras actividades, que no necesariamente estén relacionadas con la pesca, pero que ayudarían a aumentar la calidad de servicio y las opciones que entrega la municipalidad a los habitantes de la región para surgir. Paralelamente, una reducción en los residuos provenientes de la actividad pesquera, así como también la generación de energía a partir de materia biodegradable, aportan concretamente a la disminución de contaminación, no solo por la eliminación de basura, sino que la energía utilizada por las organizaciones pesqueras se obtendría de manera alternativa, y no de las fuentes fósiles. Según estudios de la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica de Estados Unidos (NOAA) (NASA, 2015a), los niveles de CO₂ han llegado a un máximo histórico de 403,28 partes por millón, por lo que cualquier alternativa energética sería un progreso hacia procesos más sustentables.

2 | Objetivo General

Estudiar la implementación de una planta de generación de energía a partir de residuos pesqueros en la quinta región. El proyecto se evaluará mediante estudios técnicos, económicos y sociales, relacionados con la localización, puesta en marcha y el funcionamiento de la planta, con el objetivo de generar un modelo sustentable replicable para caletas pesqueras.

3 | Objetivos Específicos

3.1. Conocer el contexto actual de las caletas en funcionamiento de la región.

Recopilar información relevante del funcionamiento actual de las caletas pesqueras, mediante investigación de fuentes primarias y secundarias, para tener una imagen general sobre los requerimientos energéticos, económicos y contexto social.

3.2. Analizar las posibles localizaciones para implementar el proyecto.

Estudio de localidades con las características necesarias para la implementación del proyecto, mediante análisis técnicos y económicos, para encontrar los puntos óptimos de edificación.

3.3. Evaluar económicamente la implementación del proyecto

Evaluar económicamente el proyecto, a través de análisis de sensibilidad y proyecciones futuras, para generar un modelo replicable en distintas caletas de la región.

3.4. Comparar el funcionamiento actual con una posible implementación del proyecto

Mediante un análisis multicriterio, evaluar la implementación de la planta en función de los beneficios y factores no cuantificables, y comparar los resultados con el funcionamiento actual.

4 | Marco Teórico

Para entender de manera plena la problemática previamente expuesta que afecta al sector artesanal pesquero, es necesario entender primero la actualidad de la industria en la cual se realiza esta actividad, tanto internacionalmente, como a nivel nacional y específicamente en la región de Valparaíso. Además, se debe tener una noción de las entidades o actores más importantes en el contexto social, ya que son estos los que regulan y determinan el comportamiento del sector frente a diferentes situaciones. Una descripción de la actualidad energética que afecta no solamente a la pesca artesanal pero también a nivel global, entrega una visión sobre los posibles cambios necesarios para poder desarrollar la sustentabilidad en las caletas de la región de Valparaíso, y además como se involucran la generación de energía como solución al problema energético. El conjunto de estas descripciones y definiciones entregara la información necesaria para desarrollar una solución factible al problema de sustentabilidad del sector pesquero artesanal, tomando en cuenta a los actores sociales y a las diferentes regulaciones que rigen sobre la industria.

4.1. Descripción de la Industria Pesquera

La industria pesquera es una actividad que se realiza globalmente, y que tiene muchos actores involucrados. El comercio nacional y los acontecimientos que se desarrollan dentro de Chile, son, en parte, producto de cambios a nivel internacional dentro de la industria. Es necesario conocer la realidad global y nacional, además de sus actores y métodos extractivos más importantes, con el fin de comprender de manera más concreta la situación en la que se encuentra la pesca artesanal dentro de la región de Valparaíso.

4.1.1. Situación Internacional

La pesca es una de las actividades más antiguas realizadas en el mundo, junto con la agricultura y la ganadería. La extensión del territorio marítimo, y la gran cantidad de especies que se pueden extraer, hacen que la mayoría de los países costeros en el mundo tengan un desarrollo extenso en este sector. En 2012, alrededor de 200 países del mundo exportaban productos pesqueros, las cuales representaron un 10 % del total de exportaciones agrícolas mundiales (FAO, 2014). En las últimas décadas, se ha experimentado un aumento creciente en el nivel de explotación de estos recursos, ya sea pesca extractiva o acuicultura, que va de la mano con el aumento de la población mundial, tal como muestra la figura 4.1. El consumo per cápita llegó a 19,2 kg en 2012, y con una tasa media anual de aumento del suministro de peces comestible de 3,2 % (FAO, 2014). Entre las razones que se pueden encontrar para esos aumentos consistentes, se puede asociar la explotación de este recurso por parte de países potencia (China llegó a un consumo per cápita de 35,2 kg en 2010 (FAO, 2014)), como también la gran cantidad de tratados de comercio entre diferentes naciones, facilitando la distribución de productos a una escala mundial.



Figura 4.1: Producción mundial de la pesca de captura y acuicultura hasta 2012.

(Fuente:(FAO, 2014))

La industria pesquera tiene 2 ramas principales, la producción de la pesca de captura, que a su vez se puede dividir en captura marina y captura en aguas continentales, y la acuicultura. La pesca de captura es el principal método de extracción a nivel mundial, ya

Tabla 4.1: Pesca de captura marina: principales países productores hasta 2012.

Clasificación de 2012	País	Continente	2003	2011	2012	Variación	
			(Toneladas)			2003-2012	2011-2012
1	China	Asia	12 212 188	13 536 409	13 869 604	13,6	2,4
2	Indonesia	Asia	4 275 115	5 332 862	5 420 247	27,0	1,7
3	Estados Unidos de América	Américas	4 912 627	5 131 087	5 107 559	4,0	-0,5
4	Perú	Américas	6 053 120	8 211 716	4 807 923	-20,6	-41,5
5	Federación de Rusia	Asia/ Europa	3 090 798	4 005 737	4 068 850	31,6	1,6
6	Japón	Asia	4 626 904	3 741 222	3 611 384	-21,9	-3,5
7	India	Asia	2 954 796	3 250 099	3 402 405	15,1	4,7
8	Chile	Américas	3 612 048	3 063 467	2 572 881	-28,8	-16,0
9	Viet Nam	Asia	1 647 133	2 308 200	2 418 700	46,8	4,8
10	Myanmar	Asia	1 053 720	2 169 820	2 332 790	121,4	7,5
11	Noruega	Europa	2 548 353	2 281 856	2 149 802	-15,6	-5,8
12	Filipinas	Asia	2 033 325	2 171 327	2 127 046	4,6	-2,0
13	República de Corea	Asia	1 649 061	1 737 870	1 660 165	0,7	-4,5
14	Tailandia	Asia	2 651 223	1 610 418	1 612 073	-39,2	0,1
15	Malasia	Asia	1 283 256	1 373 105	1 472 239	14,7	7,2
16	México	Américas	1 257 699	1 452 970	1 467 790	16,7	1,0
17	Islandia	Europa	1 986 314	1 138 274	1 449 452	-27,0	27,3
18	Marruecos	África	916 988	949 881	1 158 474	26,3	22,0
Total 18 países principales			58 764 668	63 466 320	60 709 384	3,3	-4,3
Total mundial			79 674 875	82 609 926	79 705 910	0,0	-3,5
Proporción 18 países principales (%)			73,8	76,8	76,2		

(Fuente:(FAO, 2014))

que, para desarrollar la acuicultura, el nivel de inversión tanto en infraestructura como en I&D es mucho mayor. Es por esto que el desarrollo de la acuicultura se ve más en los países asiáticos y europeos que en el resto de las regiones del mundo.

Producción de la Pesca de Captura Marina Para el año 2012, se extrajeron un total de 79,7 millones de toneladas mediante este método (FAO, 2014). Asia es el continente que presenta mayor producción a nivel mundial, siendo China el principal extractor de recursos, el cual representa cerca del 16 % de la producción mundial. La tabla 4.1 muestra a los 18 principales productores de pesca marítima.

Chile fue segundo productor más grande de Sudamérica, solo superado por Perú. Entre los 18 países, produjeron más del 75 % del total mundial, cifra que se ha mantenido constante en los últimos años. Esto refuerza la idea de que el aumento global del consumo

de recursos pesqueros se da principalmente por exportaciones de los grandes productores, y facilidades de distribución para el resto de los países.

Producción de la pesca de captura en aguas continentales La producción en aguas continentales llegó en 2012 a 11,6 millones de toneladas. Esto en comparación a la producción marítima representa cerca de un 13 % de la producción mundial (FAO, 2014). En dimensiones este método es claramente menor a la pesca marina, ya que el nivel de recursos y especies que se pueden explotar de manera viable son mucho menores, así como también las localidades en donde es posible desarrollar pesca dentro del continente. Los niveles de extracción son menores en estas áreas, y se relacionan con un método de extracción más artesanal que a una escala industrial, como lo es la pesca marina. Los 15 principales productores en aguas continentales en 2012 representaban el 79,5 % de la producción total, dominado nuevamente por los países asiáticos (China producía en esos años el 19,8 % del total mundial) (FAO, 2014).

Acuicultura La Acuicultura según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) se define como:

"El cultivo de organismos acuáticos tanto en zonas costeras como del interior que implica intervenciones en el proceso de cría para aumentar la producción." (FAO, 2016).

Para el año 2013, la producción de esta rama llegó a los 96,6 millones de toneladas, experimentando un aumento en comparación con los 90,4 millones de toneladas en el año 2012 (FAO, 2014). De la producción total, un 73 % corresponde a peces comestibles, mientras que el 27 % restante corresponde al cultivo de algas marinas.

El mayor productor de cultivos fue China, que para el 2013 produjo 43,5 millones de toneladas de peces comestibles, y 13,5 millones de toneladas de algas (FAO, 2014). En la tabla 4.2, se puede ver que Chile está dentro de los 15 principales productores de peces comestibles (salmoneras a lo largo del sur del país), con una producción de 1 millón de toneladas el año 2012.

Tabla 4.2: Producción de peces comestibles cultivados, según los 15 productores mas importantes del mundo hasta 2012.

Productor	Peces de escama		Crustáceos	Moluscos	Otras especies	Total nacional	Proporción del total mundial
	Acuicultura continental	Cultivo marino					
	(toneladas)						
China	23 341 134	1 028 399	3 592 588	12 343 169	803 016	41 108 306	61,7
India	3 812 420	84 164	299 926	12 905	...	4 209 415	6,3
Viet Nam	2 091 200	51 000	513 100	400 000	30 200	3 085 500	4,6
Indonesia	2 097 407	582 077	387 698	...	477	3 067 660	4,6
Bangladesh	1 525 672	63 220	137 174	...	...	1 726 066	2,6
Noruega	85	1 319 033	...	2 001	...	1 321 119	2,0
Tailandia	380 986	19 994	623 660	205 192	4 045	1 233 877	1,9
Chile	59 527	758 587	...	253 307	...	1 071 421	1,6
Egipto	1 016 629	...	1 109	...	...	1 017 738	1,5
Myanmar	822 589	1 868	58 981	...	1 731	885 169	1,3
Filipinas	310 042	361 722	72 822	46 308	...	790 894	1,2
Brasil	611 343	...	74 415	20 699	1 005	707 461	1,1
Japón	33 957	250 472	1 596	345 914	1 108	633 047	1,0
República de Corea	14 099	76 307	2 838	373 488	17 672	484 404	0,7
Estados Unidos de América	185 598	21 169	44 928	168 329	...	420 024	0,6
Subtotal de los 15 productores principales	36 302 688	4 618 012	5 810 835	14 171 312	859 254	61 762 101	92,7
Resto del mundo	2 296 562	933 893	635 983	999 426	5 288	4 871 152	7,3
Mundo	38 599 250	5 551 905	6 446 818	15 170 738	864 542	66 633 253	100

(Fuente: [FAO \(2014\)](#))

4.1.2. Situación Nacional

Tal como se vio en el panorama internacional, Chile está en la elite en cuanto a la producción y explotación de los recursos pesqueros, ya sea por captura o por cultivo. Los niveles no son comparables con superpotencias como China, en el cual la cantidad de mano de obra y recursos económicos le permite invertir y desarrollar esta actividad al máximo, pero aun así Chile se ha mantenido durante más de una década entre los países más influyentes en la producción pesquera.

A nivel nacional, las industrias con mayor impacto en la economía de Chile (% del PIB)⁴ son la manufacturera y de Servicios financieros y empresariales, siendo además la minería la principal actividad extractiva de recursos. En esa categoría, la pesca está dentro de las primeras 5, entonces, aunque no sea la más importante a nivel país, sigue teniendo

⁴el % del PIB presentado en la figura 4.2 difiere con los datos arrojados por la ODEPA, mencionados en el problema de investigación, en un 0,75 %. Esto se puede deber a que se calcularon con una diferencia de 3 años, como también que se hayan considerado factores distintos para el cálculo.

un impacto dentro de la riqueza y estabilidad económica de Chile. Chile es el 6 exportador más grande de recursos pesqueros del mundo, con 5.106 millones de dólares en el año 2015, con un volumen de 1,24 millones de toneladas ([SERNAPESCA, 2015c](#)).

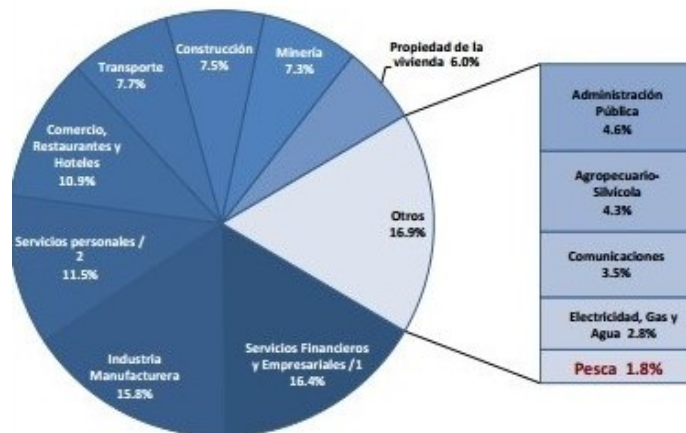


Figura 4.2: Importancia relativa de la industria pesquera en la economía nacional, 2011.
(Fuente: ([Gonzalez et al., 2013](#)))

Dentro de la industria pesquera nacional, se distinguen 2 métodos de recolección de recursos aparte de la pesca artesanal, que se realizan a lo largo del país.

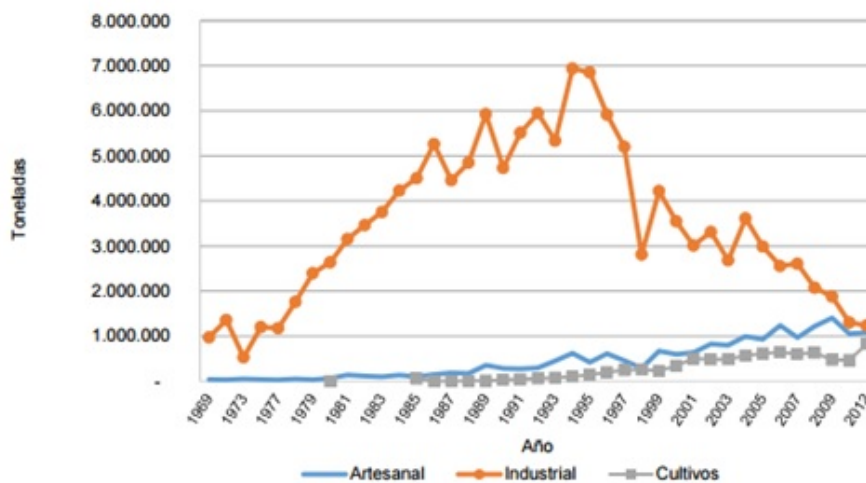


Figura 4.3: Desembarque total de peces por área productiva, 2012.
(Fuente: ([Cox y Bravo, 2014](#)))

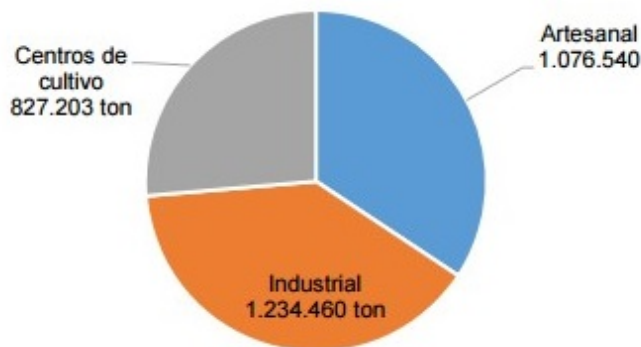


Figura 4.4: Participación en el desembarque total de peces por área productiva, 2012.

(Fuente: (Cox y Bravo, 2014))

Pesca Industrial Como se puede ver en la figura 4.4, la pesca industrial es el método principal y más lucrativo de extracción, que ha llevado a Chile a ser uno de los países productores y exportadores más grandes del mundo. En los recientes años, el nivel de producción extractivo por sector industrial y artesanal se ha ido equiparando, tal como se puede apreciar en la figura 4.3, lo que se puede atribuir a una escasez de recursos pesqueros, o a la inversión en otras industrias más lucrativas. Según la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, la pesca industrial se define como

"Pesca industrial se considera a la actividad extractiva realizada por embarcaciones de una eslora superior a los 18 metros, con sistemas de pesca tecnologizados, tales como los de arrastre, palangre y de cerco, que permiten la captura masiva de una amplia variedad de recursos pesqueros. Esta actividad se realiza en aguas jurisdiccionales por fuera del área de reserva exclusiva para la pesca artesanal (correspondiente a las primeras 5 millas marítimas medidas desde la línea de costa o de las aguas interiores del territorio marítimo nacional)" (SUBPESCA, 2016a)

Aparte de la actividad extractiva, dentro de la pesca industrial se consideran otras actividades que no necesariamente se realizan en el territorio marítimo. Procesos y plantas de elaboración que usan como materia prima recursos extraídos directamente de la pesca de captura, se consideran también dentro del rubro de la pesca industrial. Las flotas pesqueras generan alrededor de 3.500 puestos de trabajo a nivel nacional, mientras que los procesos y plantas de elaboración incluidos en este sector son fuente de alrededor de 26.500 puestos

de trabajo (SUBPESCA, 2016b).

Acuicultura La acuicultura en el país ha aumentado en su importancia y su producción en los últimos años, tal como se puede ver en la figura 4.3. Existen cerca de 3000 centros de operación, que producen continuamente durante el año o en algunas operaciones solo por estaciones, generando un total de 1,14 millones de toneladas para el año 2015. Existen 14 especies diferentes que se trabajan mediante este método, donde la cosecha de salmónidos sigue siendo la más reconocida y la de mayor producción, alcanzando 840 mil toneladas el año 2015 (SERNAPESCA, 2015c).

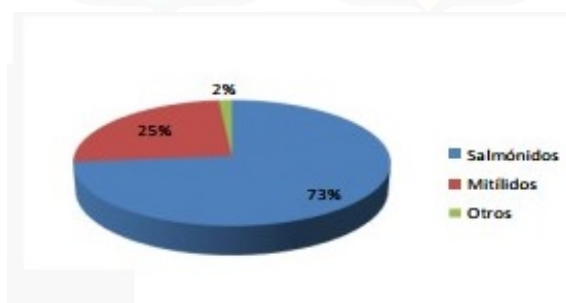


Figura 4.5: Distribución porcentual de la cosecha de especies en acuicultura, 2014.

(Fuente: (SERNAPESCA, 2015c))

Como se puede apreciar en la figura 4.5, la cosecha de salmónidos representa el 73 % del total de producción de la acuicultura, mientras que el 25 % corresponde a la cosecha de mitilidos, donde se conglomeran toda la producción de moluscos, principalmente Choros (SERNAPESCA, 2015c).

4.1.3. Pesca Artesanal

Tal como se definió anteriormente, la pesca artesanal corresponde a la actividad extractiva realizada por personas naturales o jurídicas, operando bajo restricciones de tamaño y peso de embarcaciones. Según establece la Ley de Pesca,

"La pesca artesanal tiene reservadas las primeras cinco millas para realizar su labor, llamada Área de Reserva para la Pesca Artesanal. Además, la Ley de Pesca establece la primera milla marítima para el uso exclusivo de embarcaciones de menos de 12 metros de

eslora, desde el límite norte del país hasta el límite sur de la isla de Chiloé." (SUBPESCA, 2016a).

Existe distinta legislatura dependiendo de la actividad principal que se realiza, siendo los dos grupos más grandes las Áreas de Manejo de Recursos Bentónicos (AMERBs), el Régimen Artesanal de Extracción (RAE) y los planes de manejo. Durante el año 2015, los desembarques informados por el sector artesanal pesquero llegaron a un total de 1.284.645 toneladas. Estos registros muestran una disminución del 14 % en comparación al año anterior, lo que habla de una contracción general del sector pesquero (las otras dos áreas productivas también presentaron disminuciones en sus volúmenes anuales)(SERNAPESCA, 2015c).

Donde normalmente se desempeña la actividad extractiva artesanal son en puertos de pequeña envergadura conocidos como Caletas. “La Caleta es el centro productivo, económico y social donde se articula y funciona la base del sector pesquero artesanal.” (Gonzalez et al., 2013). Los registros del año 2013 de SERNAPESCA, indican que existe un total de 455 caletas registradas a lo largo del país, donde la mayor concentración se encuentra en la VIII y X región. Existen dos categorías para caletas, urbanas y rurales. Las urbanas se caracterizan por tener infraestructura portuaria, y estar dentro de sectores urbanos. Las caletas rurales no cuentan con ninguna de estas características y no necesariamente tiene infraestructura portuaria (Gonzalez et al., 2013). De las caletas registradas por SERNAPESCA, la mayoría son urbanas, normalmente asociadas a una región y balneario, tal como muestra la figura 4.6.

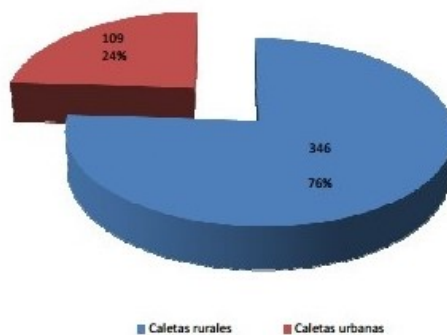


Figura 4.6: Categorización de caletas inscritas, 2011.
(Fuente: (Gonzalez et al., 2013))

Dentro del sector artesanal existen 4 funciones principales, Armador, Buzo, Pescador Artesanal, y recolector de orilla. Según el servicio nacional de pesca y agricultura,

“Un pescador artesanal es aquél que se desempeña como patrón o tripulante en una embarcación artesanal. Si éste es dueño de hasta dos embarcaciones será armador artesanal; si su actividad principal es la extracción de mariscos, será mariscador y si realiza recolección y segado de algas será alguero.” (SERNAPESCA, 2015c)

La diferencia entre los otros dos grupos, buzo y recolector de orilla, radica principalmente en el método de extracción (como su nombre lo indica), y en los recursos que obtienen. Un buzo normalmente se dedica a la pesca de peces de roca y mariscos, mientras que el recolector de orilla es principalmente alguero (en algunos registros se denomina con este nombre).

Cerca de 94 mil pescadores están inscritos en el Registro Pesquero Artesanal, aunque un pescador puede estar en más de una categoría, dependiendo de las actividades en las cuales se desempeña. Del número total, un 24 % corresponde a mujeres, mientras que el 76 % restante son hombres. (SERNAPESCA, 2015b)

Tabla 4.3: Pescadores artesanales por región, categorizados por actividad y sexo, 2015.

Región	Alguero		Armador		Buzo		Pescador	
	Mujer	Hombre	Mujer	Hombre	Mujer	Hombre	Mujer	Hombre
XV	79	382	10	177		129	38	1057
I	419	1125	13	276	1	412	36	966
II	447	1724	17	466	3	773	44	1440
III	684	2643	21	385	6	608	54	1730
IV	645	2155	29	1084	8	1327	107	3366
V	353	988	27	801	4	600	130	4244
VI	317	700	3	58	2	120	16	329
VII	342	756	14	392	1	170	139	1814
VIII	6727	3588	177	2325	4	2331	1856	13463
IX	516	728	6	110	1	56	63	577
XIV	1273	967	26	423	9	814	129	2020
X	5770	6233	97	3417	23	5313	1330	11953
XI	150	263	39	718	7	827	397	2288
XII	200	212	65	652		1044	286	4631

(Fuente: (SERNAPESCA, 2015b))

Según la tabla 4.3, se puede ver que las regiones con mayor participación artesanal en la extracción de recursos son la Región del Biobío, y la Región de Los Lagos. Esto se debe a la gran cantidad de accesos que tienen estas regiones particulares a salidas marítimas, como también a la posibilidad de establecer pesca artesanal en cuerpos de agua continentales.

4.1.4. Región de Valparaíso

La Región de Valparaíso es la tercera más grande en cuanto a caletas artesanales a nivel nacional, superada por la Región de Los Lagos y la Región de Biobío, como se puede ver en la figura 4.7. Por otro lado, la región cuenta con el cuarto registro más alto de pescadores inscritos, tal como muestra la tabla 4.4. Estos datos demuestran que la región de Valparaíso presenta una gran importancia a nivel nacional en cuanto a la actividad artesanal.

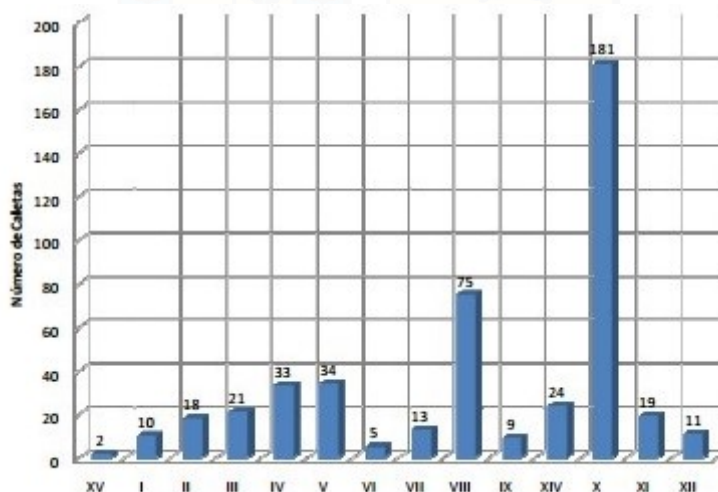


Figura 4.7: Número de caletas artesanales por región, 2011.

(Fuente: (Gonzalez et al., 2013))

La región cuenta con un total de 34 caletas dedicadas a la pesca artesanal, y con 5375 pescadores inscritos en el RPA (SERNAPESCA, 2015b). De las 34 caletas, 26 son urbanas y las restantes rurales. Las caletas urbanas en este caso cuentan con la mayoría de los servicios básicos: luz, agua, alcantarillado, y teléfono/fax. Solo algunas no cuentan con servicio de alcantarillado, por ejemplo, todas las consideradas dentro de la zona insular de la región (Isla de Pascua, Robinson Crusoe y Alejandro Selkirk), como también algunas otras del continente. En las caletas rurales es más común no tener los servicios básicos por estar aisladas de centros urbanos. (SERNAPESCA, 2016)

Tabla 4.4: Pescadores artesanales por región, 2015.

Región	Total Pescadores
XV	1441
I	2443
II	3655
III	4761
IV	5952
V	5375
VI	1222
VII	2589
VIII	23526
IX	1879
XIV	4435
X	25404
XI	3098
XII	5615
Total	91395

(Fuente: (SERNAPESCA, 2015b))

Durante el año 2015, los registros de SERNAPESCA notificaron un total de 100.228 toneladas desembarcadas en la región, donde los moluscos son el principal recurso extraído, específicamente las 63.000 toneladas de jibia obtenidas. (SERNAPESCA, 2015a)

La descripción de la industria en la cual se desarrolla la pesca artesanal, no solo aporta una idea de la situación actual de la pesca a nivel internacional, sino que también entrega una idea de los principales competidores a nivel nacional. La descripción del sector artesanal además entrega información del nivel productivo y de desarrollo que actualmente tiene, necesarios para pensar en la implementación de un plan de sustentabilidad.

4.2. Contexto Social de la Pesca Artesanal

Luego de una descripción del contexto productivo de la industria pesquera, específicamente del sector artesanal, es necesario contextualizar este sector en términos sociales. El proyecto de implementación busca generar un modelo sustentable que se pueda replicar, pero para esto no solo tiene que generar un beneficio económico rentable, sino que se debe tomar en cuenta el impacto social que este genera. Para esto, se debe entender la actualidad social que se vive en el contexto artesanal de esta actividad, y cuáles son los principales

actores u organizaciones que se involucran en esta faceta. Además, un repaso sobre las principales disputas o problemas recurrentes que se viven en la pesca artesanal, entrega información sobre cuáles son los intereses generales de los pescadores, y de esa manera tener una idea de cómo lograr que ellos se involucren de manera efectiva con el proyecto y con la visión sustentable que se quiere lograr.

4.2.1. Nacional

Dentro de las caletas artesanales, centros productivos en los cuales se desempeña la actividad de pesca artesanal a lo largo del país, se ha presentado una tendencia a la organización social. De esta manera, es más fácil acordar ciertas normativas, comportamientos, y requerimientos generales de los cuales el conjunto de pescadores pertenecientes a la caleta se verá beneficiado. Dado el número de conflictos que se originan a partir de las leyes que rigen a la industria pesquera, tener un nivel organizacional dentro del sector artesanal permite llevar a cabo de mejor manera todo tipo de negociaciones o demandas, con el fin de respetar a los trabajadores del rubro.

Las agrupaciones están en 3 niveles principales: nacional, regional y local. Hasta el año 2013, existían 3 organizaciones a nivel nacional que velan por los intereses de los pescadores, que al día de hoy siguen en actividad: la Confederación Nacional de Pescadores Artesanales de Chile (CONAPACH), la Confederación Nacional de Federaciones de Pescadores Artesanales de Chile (CONFEPACH) y el Consejo Nacional por la Defensa del Patrimonio Pesquero de Chile (CONDEPP). (Diagnóstico del Estado y Tendencias de la Pesca Artesanal en Chile, 2013)

CONAPACH define como misión “*representar a los pescadores artesanales de Chile, resguardar sus derechos y contribuir al mejoramiento de las condiciones de vida de éstos*”, donde sus áreas de interés es asegurar el uso responsable de recursos marinos, apoyar el establecimiento de áreas de manejo y explotación de recursos bentónicos, creación de áreas de reserva artesanal en el territorio marítimo, y unir y fortalecer las organizaciones sindicales de la pesca artesanal, entre otras funciones,([CONAPACH, 2015](#)).

CONFEPACH surge de una división dentro de CONAPACH, luego de disputas entre los pescadores artesanales y el sector industrial en 1998, en las que actuó el gobierno como

mediador. La postura del gobierno fue idear planes para dar mayor estabilidad al sector industrial, iniciativa en la que un porcentaje de CONAPACH se oponía, mientras que el resto concluyó que no afectaría su rubro de trabajo. Esta diferencia de posturas llevó a la creación de CONFEPACH. El objetivo de la confederación es similar a CONAPACH, representar a los pescadores artesanales de Chile, y mejorar las condiciones de trabajo y calidad de vida en el mar (CONFEPACH, 2013).

CONDEPP tiene como objetivo “*Promover e impulsar la protección y manejo sustentable del patrimonio hidrobiológico a través de la agrupación de los pescadores artesanales, interesadas en realizar un trabajo conjunto y comprometido con el desarrollo viable en sus dimensiones ambientales, económicas, productivas, laborales y sociales.*” (CONDEPP, 2015)

A nivel regional, existen diversas federaciones que actúan en nombre de sindicatos individuales de las caletas, y los representan para velar por las necesidades e intereses de la región. Como se puede ver en la figura 4.8, en el 2011, existían en los registros de la dirección del trabajo 45 federaciones de pescadores artesanales a lo largo del país. La región con mayor representación es la Región de Los Lagos, con 26 federaciones inscritas Gonzalez et al. (2013).

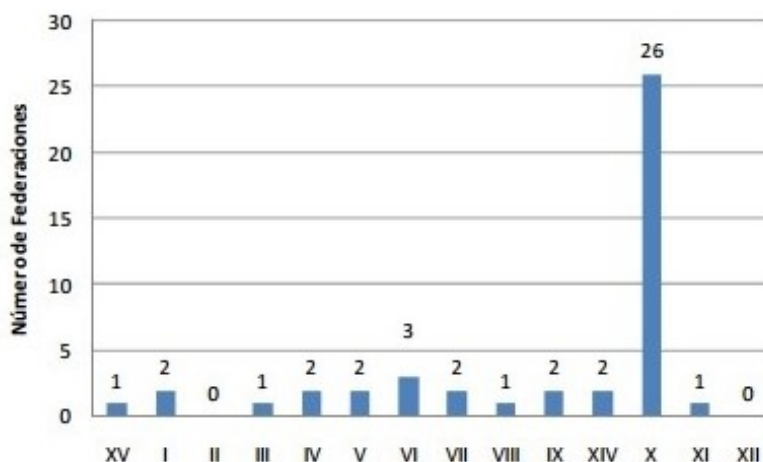


Figura 4.8: Número de sindicatos en caletas artesanales por región, 2011.

(Fuente: (Gonzalez et al., 2013))

Ya en el nivel más individual, es decir, referente a organizaciones locales, según SER-NAPESCA existen alrededor de 776 organizaciones en las 455 caletas a lo largo del

territorio nacional. Estas diferentes organizaciones buscan representar a los trabajadores e intentar lograr las mejores condiciones de trabajo posibles. (Gonzalez et al., 2013) De las organizaciones existentes, se puede ver en la figura 4.9 que un 78 % corresponden a sindicatos mientras que el 22 % restante se reparte entre agrupaciones gremiales, agrupaciones, corporativas, entre otros.

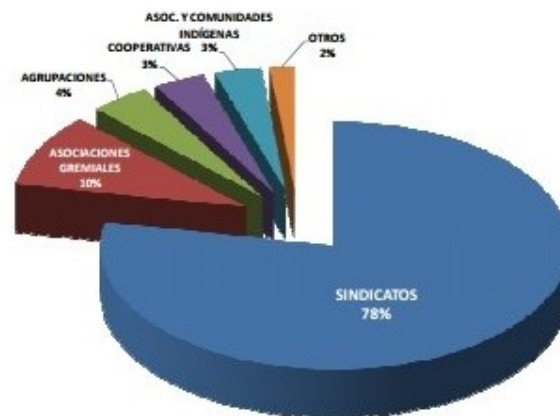


Figura 4.9: Distribución porcentual de agrupaciones existentes en la pesca artesanal, 2011.
(Fuente: (Gonzalez et al., 2013))

Actualmente, la pesca artesanal está regulada por cerca de 26 leyes jurídicas y normativas, de las cuales algunas están dirigidas específicamente a esta actividad en regiones (SUBPESCA, 2016b).

4.2.2. Actuales disputas

El objetivo final de formar organizaciones por parte del sector artesanal es formar mayor protagonismo y mayor presión en las disputas propias de una industria muy regulada por leyes, que en algunos casos benefician a unos pocos actores. Las disputas más importantes que ha tenido el sector artesanal históricamente es con la pesca industrial, ya que compiten por los mismos recursos. Un ejemplo que ha sido noticia desde hace ya algunos años, es el régimen de acceso y atribución para la conservación de recursos hidrobiológicos (de Pesca, 2013)

Según la Ley de Pesca, las primeras 5 millas desde el continente son destinadas exclusivamente para la pesca artesanal, pero hoy existen algunas excepciones a este reglamento, dada otras circunstancias. Según el gremio de los pescadores artesanales, el sector industrial aprovecha estas excepciones para hacer uso de las 5 millas, cuando no necesariamente se están cumpliendo las condiciones. Dirigentes de la CONAPACH aseguran que es urgente revisar las modificaciones en la nueva ley, porque aun cuando las modificaciones⁵ tomaron en cuenta muchas demandas históricas que han hecho los pescadores artesanales, aún existen puntos clave que deben ser revisados para que no se perjudique a un sector que ha sido históricamente importante para el país. Eduardo Quiroz, director de CONAPACH y de Caleta Portales (V Región), asegura que están a favor de la nueva ley pero que:

"Lo que nosotros realmente queremos es que se apuren los procedimientos para abrir la Ley de Pesca y los pescadores artesanales de cada región puedan hacer sus demandas.[...] Vamos a aplaudir cuando el Congreso se abra a la revisión de la ley, donde podremos plantear nuestras demandas, entre las cuales, las más importantes es el decreto de las 5 millas exclusivas para la pesca artesanal desde la cada punta saliente y terminar con las penetraciones en la costa chilena"(AQUA, 2015a).

Siguiendo la misma línea, hay artículos y estudios que hablan de la necesidad de ampliar las 5 millas a 12 (mar territorial de la república), así como también modificar los incisos de la Ley de Pesca que regulan la franja de reserva para pesqueras artesanales de menos

⁵El 9 de febrero de 2013 fue publicada la nueva ley de pesca y acuicultura N°20.657, la cual fue modificada en el ámbito de sustentabilidad de recursos hidrobiológicos, acceso a la actividad pesquera industrial, artesanal y regulaciones para la investigación y fiscalización (?).

recursos (lanchas con eslora menor a 12 metros) ([Chavez, 2015](#)).

La disputa de acceso tiene repercusiones muy grandes en cuanto al nivel de producción que teóricamente podrían tener los diferentes sectores pesqueros. Pero esta herramienta legislativa no es la única existente para regular el nivel de extracción. Las denominadas cuotas de captura se definen como:

“Captura máxima permitida de un recurso (o grupo de recursos) hidrobiológico, en un área y período definidos por la Subsecretaría de Pesca. Puede ser expresada en unidades de peso (toneladas o kilogramos) o en número de ejemplares.” ([SERNAPESCA, 2016](#))

Estas cuotas solo aplican a recursos o pesquerías que estén en la categoría de plena explotación⁶, por lo que anualmente se hace una revisión del estado de distintas especies para determinar si se aplica cuota o no.

Además de la cuota, existe el fraccionamiento, donde se determina un porcentaje máximo de extracción a la cuota, para cada uno de los métodos extractivos. Esta segmentación y limitación de recursos ha generado más de una vez polémica en la industria pesquera, ya que es difícil respetar los intereses de todos los involucrados. Fue el caso del fraccionamiento de la Jibia, que desde el 2012 ya tenía una cuota de extracción establecida, y que el año 2014, se estableció que el fraccionamiento es de 80-20 en favor a la pesca artesanal. Esto considero que la extracción de la jibia (que en un momento se consideró como una plaga en los puertos del país, como por ejemplo en Valparaíso) fue desarrollado por el sector artesanal como sustento en épocas donde el resto de los recursos eran escasos (Jurel de enero a mayo y Jibia de junio a octubre) ([AQUA, 2014b](#)).

De la cuota de 200.000 toneladas que se pueden extraer en esta pesquería, un 80 % es propiedad del sector artesanal, para darle mayores recursos económicos. Las principales discusiones se basaban en que el sector industrial quería destinar la extracción de la jibia para el procesamiento de harina, cortando así el suministro alimenticio proporcionado por la pesquería, y que afecta principalmente al sector artesanal. Luego de peses de negociación, SUBPESCA reafirmo el fraccionamiento indicando que *“hemos mostrado la voluntad de resguardar los intereses de la pesca artesanal en este recurso, no solo consagrando*

⁶Estado de plena explotación: es aquella situación en que la pesquería llega a un nivel de explotación tal que, con la captura de las unidades extractivas autorizadas, ya no existe superávit en los excedentes productivos de la especie hidrobiológica. ([de Pesca, 2013](#))

mayoritariamente su derecho de extracción, sino que definiendo su proceso final al consumo humano y no para harina como pretendía parte de la industria” (AQUA, 2014b).

Los conflictos entre los sectores no solo están basados en cuota de extracción o en el territorio permitido para la pesca. Temas recurrentes son los métodos de extracción empleados, y de tratamiento de residuos. El caso emblemático en cuanto a los métodos extractivos es la pesca de arrastre. En el caso de no existir un fraccionamiento de cuota establecido, la pesca industrial se puede apropiar de casi toda la cuota debido a que sus métodos de extracción son más invasivos y más eficientes (pesca de arrastre consiste en pescar con red en la embarcación), Dejando de esta manera sin sustento económico al sector artesanal. Además, al ser invasivo el método, destruye el medioambiente acuático y afecta a un gran número de especies. El proyecto de resolución N°100, aprobado por la Cámara de Diputados en agosto del 2014, indica que *“las redes de arrastre dragan el fondo marino, removiendo o destruyendo todo a su paso, afectando seriamente a todas las especies que allí habitan, poniendo en entredicho el enfoque y manejo ecosistémico de los recursos” (AQUA, 2014a).*

Pero el proyecto que busca eliminar la pesca de arrastre tienen efecto negativo en el sector industrial, específicamente en las plantas de procesos. Se estima que, de llevarse a cabo la prohibición, cerca de 2.200 trabajadores del rubro industrial quedarían sin trabajos, ya que las plantas de procesamiento funcionan principalmente a base de este método extractivo para conseguir materia prima (AQUA, 2014c).

Como se mencionó, el tratamiento de residuos también es un tema de conflicto entre los sectores pesqueros. El tratamiento de estos materiales, tiene repercusiones muy grandes dentro de la sanidad de la industria, y normalmente el sector artesanal es el más afectado por inconsistencias en este tema. Fue este el caso de la reciente crisis en Chiloé, donde autoridades permitieron a empresas salmoneras arrojar al mar salmones en estado de descomposición, acción que provocó la contaminación de las aguas de la zona (se originó el fenómeno de “marea roja” por el incremento de microalgas que afectó a la totalidad de mariscos de la región). La contaminación detuvo los ingresos del sector artesanal, ya que la incapacidad de poder extraer recursos debido a este hecho dejó sin trabajo momentáneo a los pescadores. Esto originó una paralización de la isla de Chiloé, donde los pescadores

detuvieron el paso de camiones de abastecimiento hacia el sector, a modo de protesta.

Dentro de las 15 demandas realizadas por el movimiento social se puede recalcar la necesidad de que *“se investigue y sancione a las autoridades políticas de las diferentes instituciones que autorizaron arrojar al mar los salmones con avanzado estado de descomposición; conocer el estado actual de la real contaminación en todo el Archipiélago y que se informe cuantas toneladas fueron realmente las que se vertieron, donde las depositaron, con que productos químicos fueron diluidos y quienes son los responsables de esta acción”* [DiarioUchile \(2016\)](#), así como también *“la declaración de Zona de catástrofe ambiental a todo el Archipiélago de Chiloé.”* ([DiarioUchile, 2016](#))

Estos conflictos demuestran el poco apoyo actual que recibe el sector artesanal (que en el último tiempo se ha intentado de equilibrar), debido a que las otras dos áreas de la industria son más lucrativas y tienen mayor poder. Por eso la organización social y el fortalecimiento del sector artesanal es vital para la sustentabilidad de este, ya que se logra un mayor poder de negociación y de voto en conflictos como los mencionados anteriormente. Dentro de la región de Valparaíso, existe sindicalización en las 34 caletas artesanales inscritas. Un plan de fortalecimiento organizacional buscará no solo formar cohesión dentro de estas, sino que también incentivar a la unidad en las disputas existentes que afectan a la región, como el ya mencionado fraccionamiento de la Jibia.

4.3. Fuentes de Financiamiento

Como ha quedado demostrado con la descripción de la industria y las constantes disputas con el resto de los actores en la pesca nacional, el sector artesanal no tiene muchos recursos económicos con los cuales trabajar, ya sea para mejorar productividad o invertir en infraestructura. La implementación de un proyecto de sustentabilidad, destinado a mejorar no solo el beneficio percibido dentro de la actividad pesquera, sino me mejorar de cierta manera la calidad de vida de las personas involucradas en la actividad, requiere una cantidad importante de inversión, la cual es imposible obtener sin intervención privada o estatal. Es por eso que existen numerosos fondos del gobierno destinados específicamente al desarrollo de la pesca artesanal, los cuales permiten llevar a cabo proyectos a lo largo de todo el país.

A pesar de que dentro de los objetivos se encuentra desarrollar un método de sustentabilidad propio de las caletas, es necesario contar con financiamiento estatal para la inversión inicial, por lo que conocer las diferentes instituciones que financian proyectos pesqueros y los montos con los que se trabajan, ayudara a tener una noción de la viabilidad del proyecto. Se presentan en orden de importancia, con los fondos nacionales como principales objetivos de financiamiento, llegando a fondos regionales y otros de menor financiamiento.

4.3.1. FFAP

El fondo de fomento para la pesca Artesanal es un fondo estatal creado en 1992. Tiene 4 áreas prioritarias de inversión; Modernización productiva, Acuicultura en pequeña escala y repoblamiento, Comercialización y manejo sanitario, Diversificación productiva. El fondo dispone de un presupuesto cercano a MM\$ 3.500, monto que ha ido en aumento desde el 2000 debido a la constate necesidad por parte del sector artesanal de ayuda financiera. Tal como muestra la figura 4.10, la mayor cantidad de inversión se concentra en la VIII y X región, en un periodo que comprende desde 2000 hasta 2011 ([Gonzalez et al., 2013](#)).

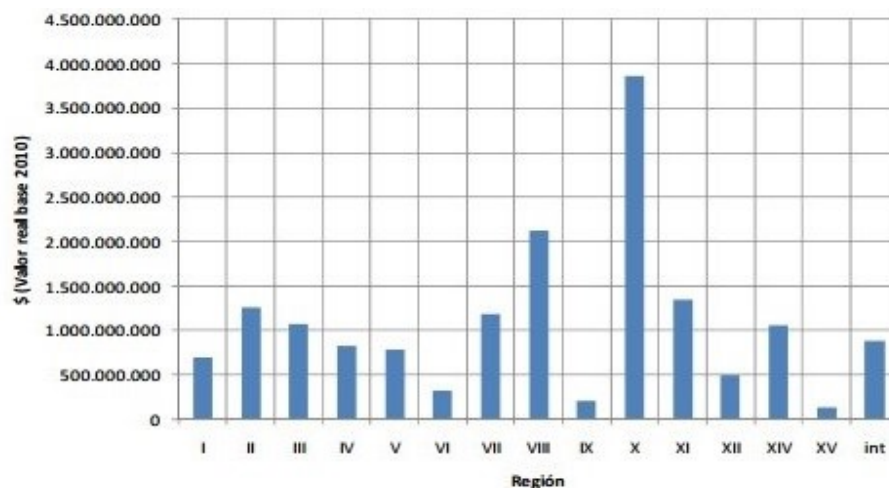


Figura 4.10: Distribución regional de la inversión del FFAP, 2000-2011.

(Fuente: ([Gonzalez et al., 2013](#)))

4.3.2. FAP

“Fondo creado a través de la Ley N° 19.849 del año 2002, con la misión de promover y desarrollar de forma sustentable la actividad pesquera, mediante instrumentos de fomento e intervención social, que permitan fortalecer y mejorar las condiciones socioeconómicas y productivas del sector pesquero con un enfoque de desarrollo económico territorial.” (Gonzalez et al., 2013)

Los principales sectores de inversión a los cuales se destina el fondo han sido pesca artesanal, trabajadores de la industria pesquera extractiva, y trabajadores de la industria pesquera extractiva desempleados. El monto de financiamiento ha aumentado paulatinamente en los últimos años, llegando el 2011 a tener MM\$ 3.290 de presupuesto. De este presupuesto, una parte es destinada para otras instituciones de ejecución de proyectos en el sector artesanal, por lo que solo una fracción del presupuesto es ejecutado directamente por el FAP (Gonzalez et al., 2013).

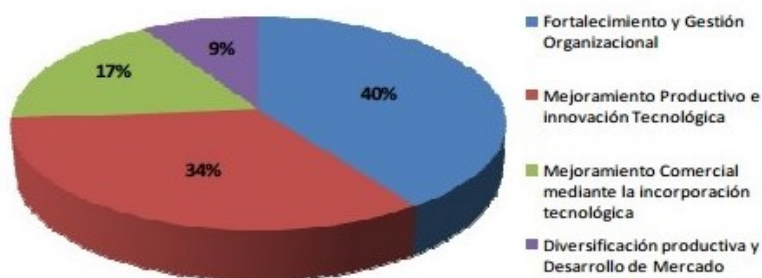


Figura 4.11: Distribución de inversión del FAP por línea de acción, 2011.

(Fuente: Gonzalez et al. (2013))

El área de mayor inversión por parte del FAP para el año 2011, según la figura 4.11, ha sido el fortalecimiento social del sector, enfocándose en la gestión organizacional, en donde se destinaron alrededor de MM\$ 1.300 . Esto se relaciona con la necesidad de las organizaciones artesanales a gestionar métodos o procesos que les permitan maximizar beneficios, considerando las distintas áreas y actividades de la organización. En otras palabras, la inversión busca mejorar la cadena de valor existente en estas instituciones, con

el objetivo de generar un impacto económico y social mayor al existente (Gonzalez et al., 2013).

Contabilizando un periodo desde 2003 hasta 2011, que se muestra gráficamente en la figura 4.12, las regiones con mayores montos de inversión por parte del FAP han sido la VII y la V región (entre la V y la X región existe una diferencia cercana a MM\$ 200). Por otra parte, se ve que la inversión institucional mencionada anteriormente ha sido un foco de fondo muy importante, superando los montos trabajos en casi todas las regiones.

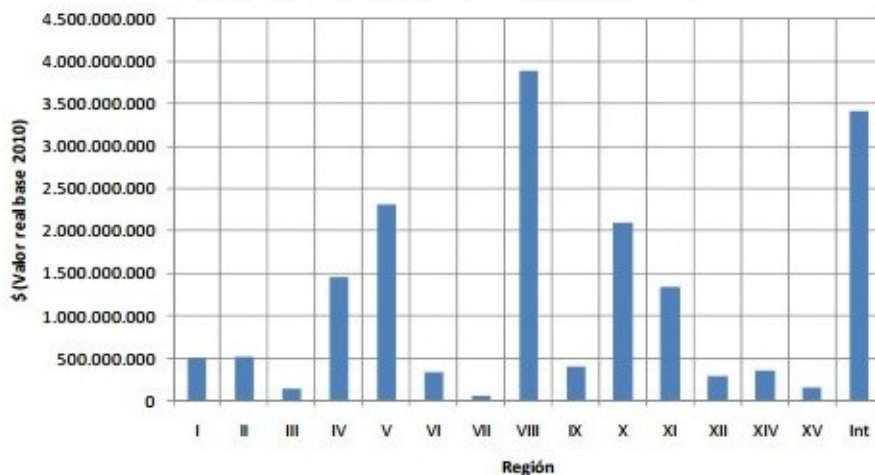


Figura 4.12: Distribución de inversión del FAP por región, 2011.

(Fuente: (Gonzalez et al., 2013))

4.3.3. Dirección de Obras Portuarias

El DOP es un organismo del estado que busca entregar servicios de infraestructura portuaria, marítima, fluvial y lacustre, con el objetivo de mejorar la calidad de vida y desarrollo de actividades por parte de la comunidad. (Gonzalez et al., 2013)

Existen dos categorías de inversión por parte del DOP:

Obras marítimas. "Corresponde a atracaderos tales como, Muelles, Rampas y/o Malecones. Además, contempla la construcción de rampas para varado y el resguardo de embarcaciones. En caso de contar con sistemas de atraque y/o resguardo natural no se contempla inversión. (Gonzalez et al., 2013)

Obras Terrestres Básicas de apoyo a la pesca artesanal. "Corresponde a explanadas,

servicios básicos (agua, luz, alcantarillado y servicios higiénicos), boxes o bodegas para el resguardo de artes de pesca.” (Gonzalez et al., 2013)

El presupuesto destinado a mejorar la operación, seguridad e higiene del sector artesanal, como también promover el turismo asociado a esta actividad, es de MM\$ 7.600 (promedio anual entre 2000 y 2011). (Gonzalez et al., 2013)

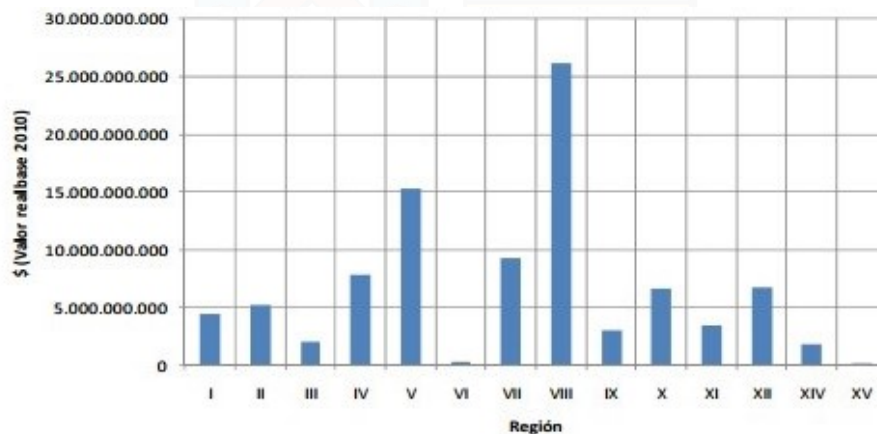


Figura 4.13: Distribución de inversión del DOP por región, 2011.

(Fuente: (Gonzalez et al., 2013))

La inversión geográficamente se concentra en la región de Biobío y la región de Valparaíso, tal como se ve en la figura 4.13. Como el DOP se concentra más en el financiamiento de infraestructura y proyectos de operaciones, los fondos son invertidos en sectores urbanos más que en rurales, ya que los primeros manejan un mayor nivel de trabajadores y de niveles de producción). (Gonzalez et al., 2013)

4.3.4. Fondo Nacional de Desarrollo Regional

Este instrumento que es manejado por los gobiernos regionales, se dedica al financiamiento de iniciativas de inversión postuladas por entidades públicas o privadas. Los proyectos se someten previamente a estudios técnicos por diferentes organismos, para luego definir su prioridad en el Consejo Regional. El presupuesto anual promedio es cercano a los MM\$ 1.600, aunque el año 2011 este subió a MM\$ 2.993, principalmente para destinar fondos a la reconstrucción de infraestructura dañada producto del terremoto del 27 de febrero del 2010. (Gonzalez et al., 2013)

Específicamente para la pesca artesanal, la inversión se concentra en infraestructura portuaria o de establecimientos, y a promover las actividades productivas de las instituciones. La distribución geográfica de la inversión da una clara imagen de la importancia de la actividad pesquera por región, siendo las de mayor inversión la IV, V y X, como se puede ver en la figura 4.14.

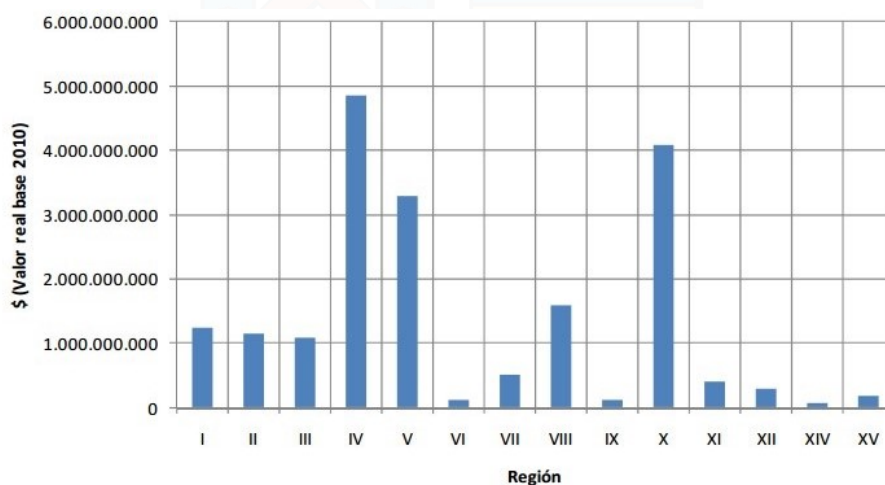


Figura 4.14: Distribución de inversión del FNRD por región, 2011.

(Fuente: (Gonzalez et al., 2013))

4.3.5. Otros Fondos y Distribución de Inversión Total

Existen otros fondos a los cuales el sector artesanal pesquero puede postular, como por ejemplo Chile emprende (proyectos financiados por una serie de instituciones públicas), el Fondo de Solidaridad e Inversión Social, o fondos CORFO. Los montos que destinan estas instituciones a proyectos del sector artesanal son mucho menores a los mencionados anteriormente, ya que no son organismos dedicados específicamente al sector pesquero. Aun así, estos entregan financiamientos necesarios a lo largo de todo el país para lograr el desarrollo de la actividad y comunidad pesquera artesanal.

Como se puede ver en la figura 4.15, la mayor inversión de capital es realizada por el DOP, debido a la necesidad de infraestructura portuaria a lo largo del país, y por el hecho de la especificidad del organismo. Las regiones con mayor ayuda financiera son la VII, V, y X región, ya que son las más relevantes a nivel nacional para la industria pesquera,

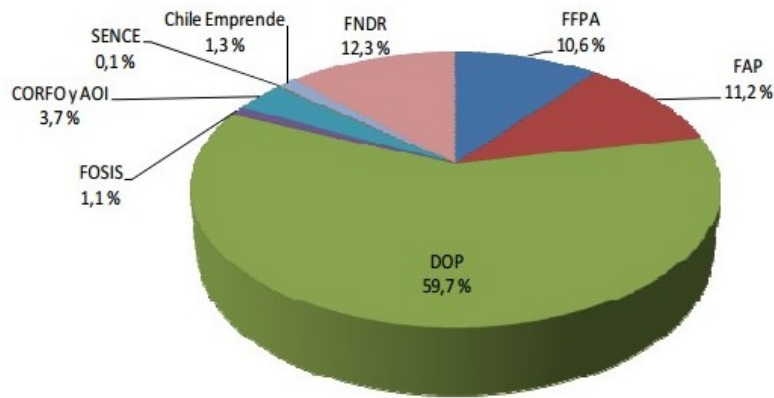


Figura 4.15: Distribución porcentual del total invertido por los distintos fondos, 2011.

(Fuente: (Gonzalez et al., 2013))

tomando en cuenta número de trabajadores, actores relacionados y nivel de producción. (Gonzalez et al., 2013)

Se puede ver que existen una gran cantidad de instituciones que buscan ayudar de manera económica al sector de pesca artesanal a nivel nacional y regional. Pero los financiamientos son limitados, y por lo tanto existen muchas condiciones necesarias para optar a estos recursos. Con un método replicable que permita a las caletas generar recursos y hacer uso eficiente de la materia prima que extraen, no solo generaran un beneficio o un ahorro económico, sino que será una ayuda a estas instituciones estatales. Esto porque si existe un modelo de sustentabilidad propia de las caletas, estas legaran a un punto que serán autosuficientes, generando así espacio para que los fondos previamente utilizados sean destinados en otras áreas industriales o en sectores de la pesca más vulnerables, mejorando la situación económica y la calidad de vida general dentro del país.

4.4. Situación Energética

Luego de una caracterización general sobre la industria pesquera, y el área artesanal, tomando en cuenta factores de producción, contexto y conflictos sociales y posibilidades de financiamientos para el proyecto, es necesario hacer un análisis de la actualidad energética, dado que es una de las aristas más importantes del proyecto, y en la cual se basará todo el plan de sustentabilidad para las caletas pesqueras. Es necesario contextualizar la situación energética mundial y nacional, para tener una idea del impacto que podría generar el método de generación de energía a implementar, en cuanto a reducción de emisiones y manejo de residuos provenientes de la pesca artesanal, aportando así beneficios económicos y medioambientales.

4.4.1. Situación Internacional

El cambio climático es una situación que ha sido estudiada y documentada en extensión durante los últimos años. Esto porque ha surgido evidencia clara e irrefutable de que la situación climática ha empeorado, y que, si no se encuentran formas alternativas de energía, o reducción de contaminación, es posible que tanto la vida orgánica como el paisaje del planeta cambie de manera drástica en un futuro próximo.

Datos recopilados por Goddard Institute for Space Studies (GISS), departamento dentro de la NASA indican que el índice global de temperatura tierra-oceano ha aumentado a 0,87 °C en enero de 2015. ([NASA, 2015b](#))

Como muestra la figura 4.16, los datos del año 2015 han sido los más altos registrados desde 1880.

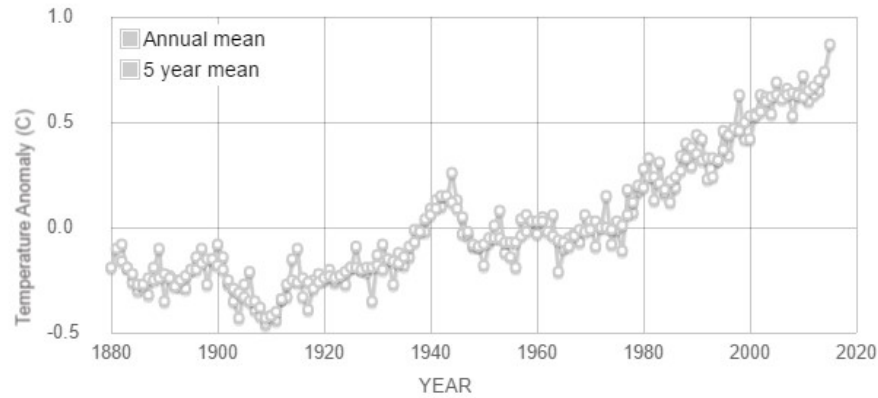


Figura 4.16: índice global de temperatura tierra-oceano, 1880-2015.

(Fuente: (NASA, 2015b))

Por otro lado, la temperatura registrada globalmente a nivel de superficie (no en comparación a la temperatura oceánica), también ha aumentado considerablemente en los últimos años. (NASA, 2015b)

El aumento de la temperatura global se produce principalmente por el efecto invernadero, que mantiene el calor emanado por la tierra dentro de la atmósfera, en lugar de ser liberada al espacio. Esto se produce debido a que los gases invernaderos (vapor de agua, dióxido de carbono, metano, óxido nitroso, entre otros) absorben el calor que devuelve la tierra hacia el espacio, y lo emiten en múltiples direcciones, manteniéndolo en la atmósfera y aumentando la temperatura promedio del planeta. El aumento constante del nivel de dióxido de carbono desde la revolución industrial ha sido uno de los factores más importantes en el aumento de la temperatura global. Según datos de la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica de Estados Unidos (NOAA) (NASA, 2015a), que se presentan en la figura 4.17, el nivel actual de dióxido de carbono es de 403,28 partes por millón, que representa el registro más alto de la historia. A modo comparativo, se estima que desde unos 400.000 años atrás, hasta 1950, el nivel de dióxido de carbono nunca superó las 300 partes por millón. Esto demuestra claramente que la industrialización global formó parte importante en este aumento de gases invernaderos, y por consiguiente del calentamiento global.

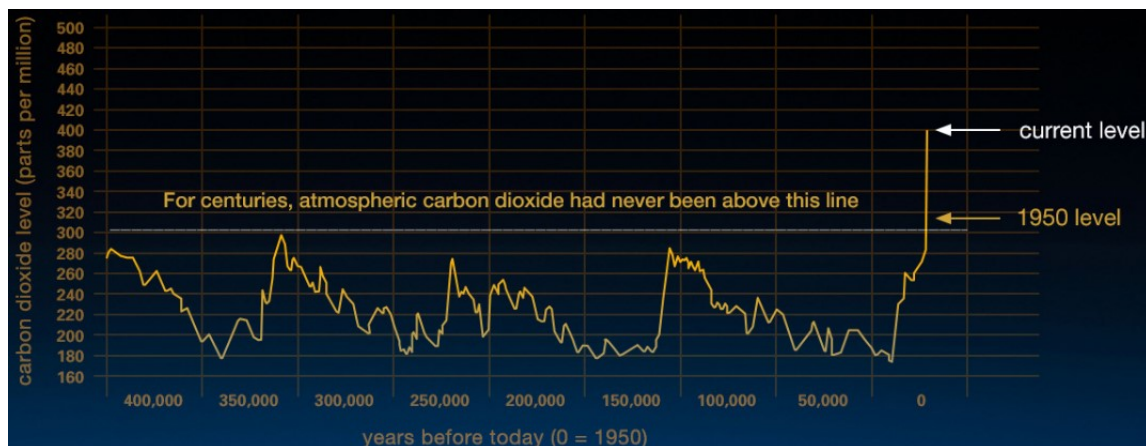


Figura 4.17: Variación en niveles de CO₂, por cada 50.000 años.

(Fuente: (NASA, 2015a))

En cuanto a posibles soluciones a este problema, existen gran cantidad de teorías y planes de acción que se enfocan en el uso de energías renovables no convencionales para la generación, de tal manera de reducir el uso o la dependencia de otras fuentes, como el petróleo o el carbón, disminuyendo las emisiones de CO₂.

En un artículo publicado por la NASA referente a la innovación en energías, un profesor de la universidad de Stanford, Mark Z. Jacobson señala que “*La colocación de la tierra del planeta en una estricta dieta 100 por ciento de energía renovable, puede ser hecho en 2050, sin la necesidad de una tecnología radicalmente nueva*” (Brennan, 2016). La investigación de Jacobson está basada en la utilización conjunta de energía eólica, solar e hídrica.

“*La investigación tiene dos componentes. El primero es el desarrollo de hojas de ruta para cambiar la infraestructura energética de los países, estados y ciudades, a todos los efectos: la electricidad, el transporte, la calefacción y la refrigeración, la industria. La segunda es la de educar al público y a los políticos a través de los medios sociales, los medios de comunicación de vídeo, y la narración. Los planes estatales y nacionales están disponibles al público para cualquier persona, incluidos los políticos, para examinar y empezar a aplicar ellos.*”, explica Jacobson. (Brennan, 2016)

4.4.2. Situación Nacional

El consumo energético del país ha ido en aumento durante los últimos años. Esto está directamente relacionado con el aumento constante del PIB del país, como muestra la figura

4.18, ya que para poder lograr un desarrollo al nivel de las grandes potencias mundiales, Chile requerirá una mayor cantidad de energía para lograr este crecimiento económico sostenido. ([Ministerio de Energía, 2013](#))

Actualmente, la matriz energética del país, presentada en la figura 4.19, muestra una clara dependencia en combustibles fósiles (petróleo, gas natural y carbón). Es por esto que los niveles de precio de la energía en el país son muy volátiles, ya que los recursos utilizados para abastecer a Chile están ligados a los cambios económicos globales.

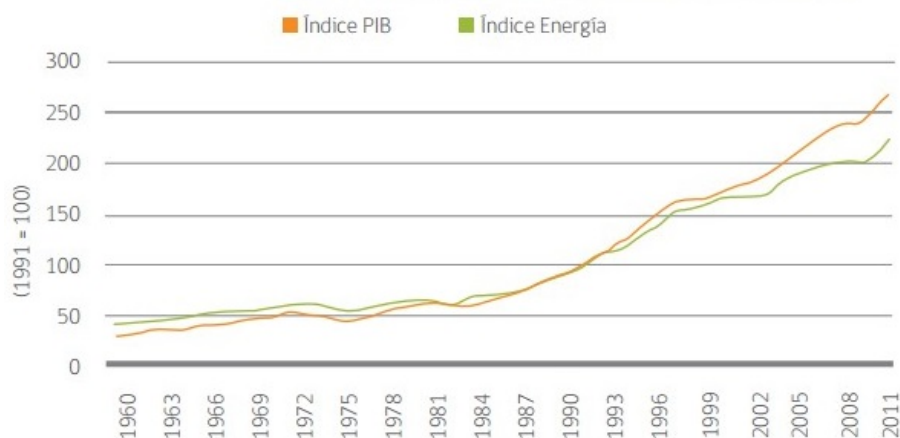


Figura 4.18: Crecimiento de la demanda energética y la expansión del PIB.
(Fuente: ([Ministerio de Energía, 2013](#)))



Figura 4.19: Matriz energética secundaria o de consumo final.
(Fuente: ([Ministerio de Energía, 2013](#)))

Hablando específicamente de la matriz eléctrica del país, la cual tiene mayor relación con el sector pesquero artesanal, se puede ver en la figura 4.20, que existe una dependencia

muy fuerte en combustibles fósiles, al igual que la matriz general. El uso de energías renovables está desarrollado en un nivel mínimo dentro de la matriz actual, contribuyendo a la idea global que las fuentes energéticas empleadas en la actualidad contribuyen a la contaminación y al calentamiento global. (Ministerio de Energía, 2015b)

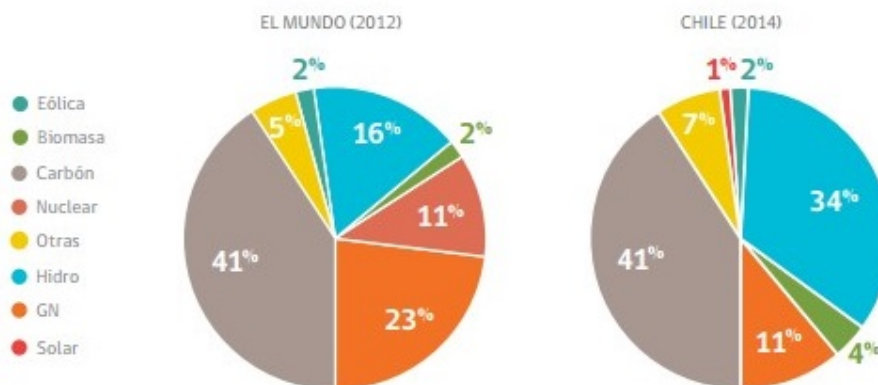


Figura 4.20: Generación eléctrica en Chile y el mundo.
(Fuente: (Ministerio de Energía, 2015b))

El desarrollo de energías no convencionales, como la eólica o solar, ayudarían a la disminución de la contaminación, y además a la dependencia del mercado global en cuanto a la matriz energética. Chile tiene múltiples localidades para extraer estas fuentes de energía e incluso implementar algunas nuevas (como la energía mareomotriz o undimotriz a lo largo de territorio marítimo).

Un plan de desarrollo energético para las caletas artesanales, a base de recursos distintos a los utilizados comúnmente en la matriz energética, permitiría generar una protección contra las constantes fluctuaciones de precios eléctricos. Esta actividad tiene mucho uso de energía eléctrica, especialmente en los sectores urbanos, donde la refrigeración e iluminación de las instalaciones son claves para su funcionamiento, además de los consumos eléctricos derivados del turismo que las regiones intentan implementar con estas instituciones pesqueras. Este plan desarrollado a baja escala en Valparaíso, podría luego ser implementado en otras localidades, generando finalmente un beneficio a nivel nacional. Además, esto podría llevar a la adaptación de otras herramientas (como botes pesqueros) a que utilizaran energía eléctrica en lugar del petróleo que se utiliza en la actualidad. Esto no solo disminuiría costos, sino que contribuiría de manera activa en la reducción de

contaminación global.

4.5. Generación de Energía a Partir de Residuos

La situación energética actual, tanto a nivel global como nacional, demuestra que la generación de energía empleada hoy en día, y las fuentes de energía, no son óptimas y están deteriorando la vida orgánica en el planeta. A partir del contexto anteriormente expuesto sobre la pesca artesanal, se sabe que existen residuos propios de la actividad los cuales, mediante un método adecuado de transformación energética, no solo podrían ayudar a disminuir la contaminación, sino que sería un beneficio directo a las caletas, aportando a la sustentabilidad de estas. Además, las eliminaciones de los residuos generados significarían un ahorro operacional para la región en cuanto a manejo de estos elementos, lo que se puede traducir en mayor financiamiento disponible.

De todos los métodos alternativos de generación de energía existentes, uno que ha surgido con mucha fuerza en los últimos años, es la generación de energía a partir de materiales residuales, independiente del origen. Este método no solo permite obtener energía a partir de biomasa, sino que elimina residuos que son propios de muchas actividades industriales, y que deben tener un método de tratamiento el cual es un costo más dentro de la cadena productiva de la empresa. En el caso de que el tratamiento de residuos sea manejado estatalmente, la generación de energía a partir de este material permite que el Estado no tenga que disponer recursos en el manejo y tratamiento de residuos, permitiendo así distribuir recursos en otras áreas de mayor importancia. Como ya se expresó en el problema de investigación, casi un 40 % del material orgánico proveniente de los peces capturados no se utiliza en el proceso final, y pasan a ser residuos. Esto no solo es un problema sanitario dentro de las mismas caletas (deben disponer de lugares para almacenar los residuos hasta su retiro), sino que significa un costo para el Estado, que es encargado de retirar y tratar las materias residuales en sus respectivas regiones. Es por esto que la creación de un método para generar energía a partir de residuos del proceso productivo sería beneficioso para todos los actores dentro de la cadena de valor de la pesca artesanal.

Para poder entender de manera completa cuales son los beneficios que se pueden obtener

a partir de la implementación de métodos energéticos alternativos a partir de biomasa, hay que entender primero las características, componentes, y usos que se le pueden dar a este tipo de energía.

4.5.1. Antecedentes de la biomasa

La biomasa, según el ministerio de energía se define de la siguiente manera. “*Se entiende por biomasa al conjunto de materia orgánica renovable de origen vegetal, animal o procedente de la transformación natural o artificial de la misma. La energía de la biomasa corresponde entonces a toda aquella energía que puede obtenerse de ella, bien sea a través de su quema directa o su procesamiento para conseguir otro tipo de combustible tal como el biogás o los biocombustibles líquidos.*” ([Ministerio de Energía, 2015a](#))

Según se establece en el Protocolo de Kyoto, la biomasa tiene un factor de emisión de dióxido de carbono (CO₂) igual a cero. Los productos generados a partir de la combustión de biomasa son agua y CO₂, pero debido a que el dióxido generado forma parte del flujo natural entre la atmósfera y la vegetación, no se están generando unidades adicionales de CO₂. Para que el impacto que genera el uso de la biomasa sea óptimo, se debe remplazar un tipo de energía con mayor nivel de emisiones (ej.: combustibles fósiles), generando un ahorro de dióxido de carbono en el nivel total de emisiones. ([Ministerio de Energía, 2015a](#))

Los principales tipos de biomasa, según el ministerio de energía ([Ministerio de Energía, 2015a](#)), se diferencian por su composición orgánica de elementos. Entre las categorías existentes se pueden mencionar:

- **Biomasa natural:** es la que se encuentra en la naturaleza sin ningún tipo de intervención humana. Los recursos generados por los desechos naturales de un bosque constituyen un ejemplo de este tipo de biomasa.
- **Biomasa residual seca:** se incluyen en este grupo los productos sólidos no utilizados de las actividades agrícolas y ganaderas, las forestales y de los procesos de las industrias agroalimentarias y de transformación de la madera. Algunos ejemplos de este tipo de biomasa son el estiércol, la paja, el orujo, la madera de podas y raleo, el aserrín, etc.

- **Biomasa residual húmeda:** son los vertidos denominados biodegradables, como por ejemplo, las aguas residuales urbanas e industriales y los residuos ganaderos principalmente purines. La fermentación de este tipo de biomasa genera un gas (biogás) que se combustiona.
- **Cultivos energéticos:** son cultivos realizados con la finalidad de producir biomasa transformable en biocombustible. Se encuentran en este grupo el maíz, raps, girasol y plantaciones dendroenergéticas.

4.5.2. Tratamientos de biomasa

Los tratamientos a los que se puede someter la biomasa dependen principalmente de resultado que se espera en cuanto a rendimiento y energía, a la tecnología disponible, y a la naturaleza de la materia prima a tratar. Existen 3 categorías diferentes en lo que se refiere a métodos de tratamiento. La descripción de los tratamientos existentes para la biomasa que se explican a continuación, se obtuvieron a partir de la memoria para optar al título de ingeniero civil mención biotecnología del Sr. Juan Luis Carrasco Allendes ([Carrasco, 2015](#)), y se presenta el esquema de materia prima, proceso y producto en la figura 4.22.

1. Tratamientos térmicos

En esta categoría se encuentran todos los procesos que utilizan calor como fuente de transformación. Los métodos térmicos más utilizados son,

- **Combustión directa:** proceso en el cual se combustiona biomasa con el objetivo de generar energía eléctrica y/o térmica. La materia prima es preferentemente seca y generalmente proveniente de la industria forestal. Se caracteriza por ser uno de los métodos más antiguos y económicos existentes, debido a la simplicidad de la tecnología necesaria.
- **Pirolisis:** se refiere a la carbonización de la biomasa. En este proceso la materia es sometida a temperaturas de 500°C, en un ambiente sin libre de oxígeno, obteniendo como producto un gas con alta composición de CO e H₂. Los usos

más comunes para este gas son como insumo para motores, turbinas o ciclos combinados, donde se genera energía eléctrica y/o térmica.

- **Gasificación:** es la transformación de un sustrato carbonoso (en este caso biomasa) a un gas combustible. Esto se logra mediante la oxidación parcial del elemento, la cual ocurre en presencia de aire, oxígeno, vapor de agua y/o hidrógeno. Al igual que el caso anterior, este gas combustible es rico en CO y H₂, el cual es utilizado para la generación de energía eléctrica y/o térmica a través de métodos mecánicos.

2. Tratamientos químicos

La transformación química agrupa a todos los procesos que modifican los componentes de una sustancia, sin necesitar de la acción de microorganismos. Un ejemplo de este proceso es la transformación de ácidos grasos, que consiste en la modificación de aceites vegetales o animales a una mezcla de hidrocarburos a través de procesos químicos.

3. **Tratamientos bioquímicos** Los métodos bioquímicos se caracterizan por la transformación de material orgánico a otro estado, mediante diferentes reacciones químicas y biológicas. Estas reacciones son desarrolladas por microorganismos, los cuales son capaces de degradar los componentes de la materia prima. Existen dos tipos de procesos bioquímicos principales, que tiene como factor diferenciador la presencia o ausencia de oxígeno.

- **Fermentación aerobia:** La fermentación aerobia, también llamada transformación aerobia, es un proceso en el que actúan microorganismos degradando la materia orgánica en presencia de oxígeno, donde se produce dióxido de carbono, agua, energía calórica, entre otros compuestos.
- **Digestión anaeróbica o fermentación anaeróbica:** La digestión anaeróbica es un proceso donde la degradación de la materia orgánica que sucede gracias a microorganismos que actúan sin presencia de oxígeno, en reacciones de

óxido reducción, tal como muestra la figura 4.21. La implementación de este tratamiento permite la obtención de energía eléctrica y/o térmica gracias a la generación de gases combustibles. El proceso de digestión anaeróbica se compone de 4 etapas principales.

Hidrolisis: Ocurre gracias a la acción de enzimas hidrolíticas extracelulares que hidrolizan moléculas específicas para obtener ácidos grasos, azúcares simples y aminoácidos.

Acido-génesis: Luego del hidrólisis, los microorganismos presentes en el reactor asimilan los compuestos orgánicos resultantes, formando ácidos orgánicos y gases como el dióxido de carbono (CO_2), hidrógeno (H_2) y pequeños volúmenes de amoníaco (NH_3), ácido sulfhídrico (H_2S) y alcoholes como el glicerol.

Aceto-génesis: Las bacterias acetogénicas metabolizan los ácidos orgánicos produciendo acetato e hidrógeno. Este proceso ocurre en una temperatura óptima de 30°C , donde es necesaria la mezcla y agitación para aumentar las probabilidades de contacto entre las bacterias y el sustrato.

Metano-génesis: En esta última etapa se lleva a cabo la producción de metano por acción de microorganismos. Esta etapa es la más lenta del proceso y la más susceptible a cambios en las condiciones del ambiente en el reactor, por lo que un aumento de la alimentación de sustrato, la temperatura o la posible entrada de oxígeno podrían causar una falla en la producción de metano. Este producto final es el que se conoce comúnmente como biogás.

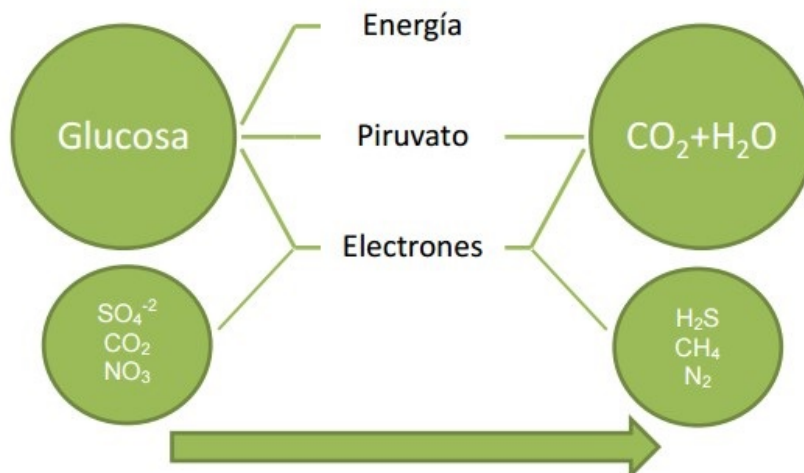


Figura 4.21: Esquema de la digestión anaeróbica.
(Fuente: (Carrasco, 2015))

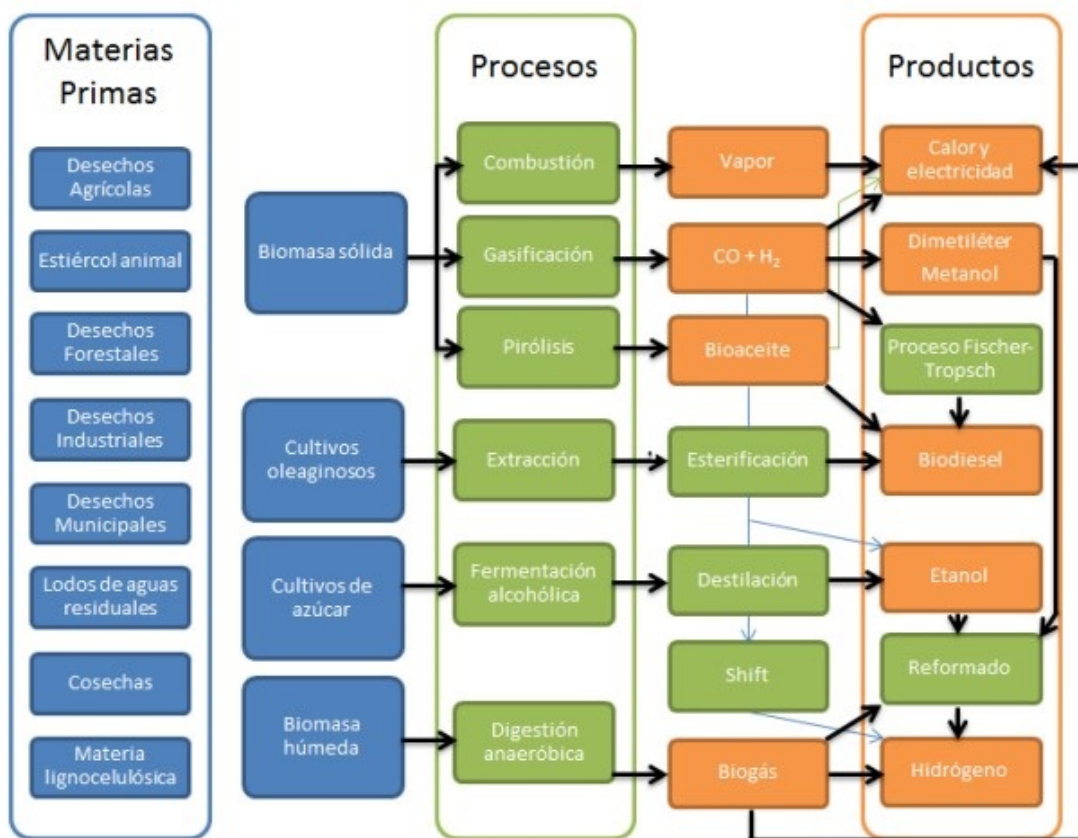


Figura 4.22: Esquema de los tratamientos utilizados para generar energía a partir de biomasa.
(Fuente: (Carrasco, 2015))

Aparte del ya mencionado biogás producido durante la digestión anaeróbica, existe un segundo producto llamado Bio-abono o Bio-lodo. La composición de este producto depende de la tecnología que se utilice para la descomposición de la materia orgánica, donde los usos principales de los lodos provenientes de los biorreactores son el acondicionamiento de suelos, uso como fertilizante, cubierta vegetal en rellenos sanitarios o para la recuperación de suelos o sitios degradados.

4.5.3. Generación de Biogás

Como se mencionó anteriormente, el biogás es producto de la degradación anaeróbica del material orgánico, gracias a las reacciones químicas producidas por microorganismos. Dependiendo de las características de la biomasa original, este gas puede tener en su composición⁷, entre un 50 y 70 % de metano (CH₄), como se ve en la tabla 4.5, lo que puede llegar a generar alrededor de 5000 Kcal/m³. El poder calorífico del biogás depende directamente de la concentración de metano que se pueda llegar a formar. (Carrasco, 2015)

Tabla 4.5: Composición promedio de biogás.

Componente	Fórmula	Concentración
Metano	CH ₄	50 - 75 % vol
Dióxido de carbono	CO ₂	25 - 45 % vol
Vapor de agua	H ₂ O	2 - 7 % vol
Oxígeno	O ₂	< 2 % vol
Nitrógeno	N ₂	< 2 % vol
Amoníaco	NH ₃	< 1 % vol
Hidrógeno	H ₂	< 1 % vol
Ácido sulfhídrico	H ₂ S	20 – 20.000 ppm

(Fuente: (Carrasco, 2015))

En teoría, cualquier elemento orgánico podría utilizarse como fuente de biogás, pero lo que determina su utilización o no es el nivel de eficiencia y energía que son capaces de generar. Existen ciertos parámetros que se deben considerar al evaluar si un producto

⁷En el biogás se encuentran cantidades variables de sulfuro de hidrógeno (H₂S), también denominado ácido sulfhídrico. El H₂S al reaccionar con agua se convierte en ácido sulfúrico (H₂SO₄) el cual es altamente corrosivo y puede ocasionar graves daños dentro del sistema en el cual se está generando. Para disminuir los niveles de H₂SO₄ se utilizan sustancias como cal viva o limadura de hierro, con las cuales se filtra el ácido del producto principal. (Carrasco, 2015)

orgánico es o no una fuente viable de biogás, como, por ejemplo, el potencial contaminante que tiene el residuo, el contenido de metano del gas generado, la relación de carbono que presenta el biogás generado, cantidad de sólidos volátiles del residuo, entre otros. Entre los residuos que comúnmente se utilizan para la generación de biogás, los cuáles se obtuvieron del estudio publicado por la Agencia Andaluza de Energía sobre el biogás ([Agencia Andaluza de la Energía, 2011](#)), se pueden mencionar,

- **Residuos ganaderos y de granjas:** Purines, estiércol, y otros elementos de animales de granja. En general, su potencial para la producción del biogás no es demasiado alta, debido a su alto contenido en nitrógeno y a su alto contenido de líquidos. No obstante, debido a que tienen un alto impacto contaminante, y por su abundancia y ausencia de valorización, los residuos ganaderos constituyen el combustible por excelencia para la generación de biogás mediante digestión anaerobia.
- **Residuos agrícolas:** Se consideran todos los restos agrícolas provenientes de las actividades relacionadas con cultivos de consumo, cultivos energéticos, o cultivos de materia prima para otras industrias. Se considera un sustrato apto para la generación de biogás, aunque el potencial energético que puede llegar a tener depende mucho de la carga orgánica que tenga la materia prima utilizada. Por otro lado, los residuos orgánicos están ligados a la estacionalidad de los recursos principales.
- **Residuos de la industria alimentaria:** La fabricación y procesado de alimentos a base de materias primas animales y vegetales generan abundantes residuos orgánicos que pueden ser utilizados para la generación de biogás. En esta categoría se pueden considerar industrias como las industrias lácteas, cerveceras, conserveras, azucareras y similares. Sin embargo, algunos de estos residuos pueden necesitar un pre tratamiento para maximizar la obtención energética.
- **Residuos de matadero:** Los restos de contenidos estomacales, intestinos, y otros elementos orgánicos provenientes del procesamiento de animales, constituyen uno de los residuos con mayor potencial para la generación de biogás. Estos residuos generalmente son tratados por métodos de cogestión con otros residuos, afectando así su potencial energético y de generación de biogás.

- **Lodos de Depuradora:** Los tratamientos de depuración a los cuales se someten aguas residuales generan como subproducto lodos que son de difícil tratamiento para disminuir su poder contaminante, por lo que se convierten en un insumo muy apropiados para la generación de biogás. Se utilizan tanto para generar energía eléctrica como térmica.
- **Residuos de plantas de biocombustibles:** En las plantas de biocombustibles se generan grandes cantidades de glicerina, que es uno de los residuos con mayor potencial y rendimiento utilizado en las plantas de biogás. Este producto tiene más usos que solo la producción de biogás, por lo que depende del tamaño de la planta de biocombustible y de la cantidad de glicerina generada para optar por utilizarla como insumo en la generación de biogás.
- **Fracción Orgánica de Residuos Sólidos Urbanos (FORSU):** Los residuos sólidos urbanos están compuestos en su gran mayoría por sustratos para la biometanización, convirtiéndolos en una fuente de insumos para el biogás. Existe una alta variabilidad en el rendimiento que pueden llegar a tener, el cual se ve afectado por los procesos de tratamiento previos y por el nivel de materia biodegradable. El punto a favor que tiene este insumo es la eliminación directa de residuos contaminantes, en la generación de energía térmica y /o eléctrica.
- **Biogás de vertedero:** Se utilizan principalmente para la generación pasiva de biogás con bajo contenido de metano, mediante redes de tuberías que captan y conducen las emisiones gaseosas generadas dentro del vertedero hasta motores de generación eléctrica.

4.5.3.1. Residuos pesqueros para la generación de biogás

Existen numerosos datos experimentales que muestran el rendimiento de la digestión anaeróbica utilizando como sustrato residuos de la industria pesquera, como insumo único o en una mezcla de otros residuos orgánicos. En el proceso de digestión, pueden producirse efectos de inhibición en la producción de metano, principalmente por la alta concentración de sal presente en el sustrato. Los datos que se presentan en las tablas 4.6 y 4.7 son

experimentos de laboratorio que consideran distintos sustratos que contienen residuos de la industria pesquera. Para cada experimento se especifica el tratamiento utilizado, la producción de gas, y el porcentaje de concentración de metano. [Maison et al. \(2009\)](#)

Cabe destacar que el experimento realizado por Callaghan en 1999, descrito en la tabla 4.7, donde se utilizó una mezcla entre residuos de pescado (trucha) y purines de vacuno, arroja que los residuos de pescados, donde se consideran cabeza, cola y viseras, generan aproximadamente 380 metros cúbicos de CH₄ por tonelada de residuo.

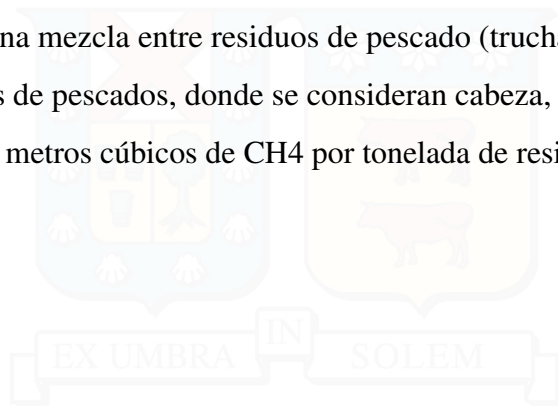


Tabla 4.6: Producción promedio de biogás a partir de diferentes residuos pesqueros.

Alimentación	Composición alimentación	Operación	Producción gas	% CH ₄	Referencia
Residuos de cangrejo		HSBF (operación en percolación e inundado) 35 °C	250-290 m ³ CH ₄ /t SV ⁽¹⁾	> 70	O'Keefe et al. (1996)
Residuos sólidos de piscifactorias		UASB 24-25°C HRT: 22-38 d VCO: 0,23-0,75 g SV/L/d	400-600 m ³ biogás/t SV ⁽²⁾	80	Lanari y Franci (1998)
Lodo de piscifactorias salino	ST: 4,1-5,1% (sin diluir) Na: 5,3 g/L S%: 17,5 VFA: 0,6 g/L	CSTR semicontinuo Lodo diluido 1:1 HRT: 30 d 35 °C	220 m ³ CH ₄ /t SV ⁽³⁾	57,6	Gebauer (2004)
Aceite y residuos pesqueros	SV: 8-44%		360-750 m ³ CH ₄ /t SV (43-389 m ³ biogás/ton) ⁽⁴⁾		Folkecenter (2005)
Agua de industria de productos del mar (30 g NaCl)		AF VCO: 5,7-7,1 g/L/d 37°C	170 m ³ CH ₄ /t DQO ⁽¹⁾		Vidal et al. (1997)
Agua de cocción de cangrejo azul			6,6-10,0 m ³ biogás/ m ³ alimentación ⁽¹⁾ (68% CH ₄)		Rodenhizer and Boardman (1999)
Efluente residual de procesado atún		Lecho fijo ascendente 30°C	180 m ³ CH ₄ /t SV ⁽¹⁾		Achour et al. (2000)
Agua sintética (conservera sardinas y atún)		30°C	230 m ³ CH ₄ /t SV ⁽¹⁾		Palenzuela-Rollon et al. (2002)

⁽¹⁾ Ensayos en continuo a escala laboratorio; ⁽²⁾ Ensayos en continuo a escala piloto;
⁽³⁾ Ensayos en semicontinuo a escala laboratorio; ⁽⁴⁾ Ensayos en continuo a escala industrial

(Fuente: (Maison et al., 2009))

Tabla 4.7: Producción promedio de biogás a partir de diferentes residuos pesqueros en codigestión con otros sustratos.

Alimentación	Composición alimentación	Operación	Producción gas	% CH ₄	Referencia
Pulpa sisal y residuos de pescado		Ensayos en batch 27°C HRT: 24 d	440-620 m ³ biogás/t SV ⁽¹⁾	58-65	Mdhandete et al. (1999)
20% residuos de pescado (cabezas, colas y vísceras de trucha), 70% purín de vacuno	93 g SV/L	Ensayos en batch 35°C 79,2 g SV/L	Residuos de pescado: 380 m ³ CH ₄ /t SV ⁽¹⁾ Purín vacuno: 300 m ³ CH ₄ /t SV ⁽¹⁾		Callaghan et al. (1999)
97% estiércol cerdo, 2% residuo de aceite de pescado, 1% bentonita-bound oil		30°C HRT: 15 d	184 m ³ CH ₄ /t SV ⁽²⁾	65	Francese et al. (2000)
Residuos matadero, industriales, restaurantes y estiércol de cerdo	9,7-10,3% ST C/N: 8-11	CSTR 35°C OLR: 2,6-3,1 g/L/d HRT: 28-36 d	800-1000 m ³ CH ₄ /t SV ⁽²⁾	68,2-70,5	Murto et al. (2003)
20% residuos repostería, 80% estiércol de vaca	25% ST (res. orgánicos) 5,9-8% ST (estiércol)	CSTR 35/55°C OLR: 2,3-2,5 g/L/d HRT: 15/20 d	190-290 m ³ CH ₄ /t SV ⁽²⁾		Paavola et al. (2006)

⁽¹⁾ Ensayos en discontinuo a escala de laboratorio; ⁽²⁾ Ensayos en continuo a escala laboratorio

(Fuente: (Maison et al., 2009))

Tabla 4.8: Datos técnicos de plantas industriales en Dinamarca, que producen biogás a partir de sustratos compuestos por residuos ganaderos y pesqueros.

	Hegndal - Hemmet (Dinamarca)	Davinde (Dinamarca)	Vester Hjermitsev (Dinamarca)	Blåbjerg (Dinamarca)	Hegndal - Hemmet (Dinamarca)
Constructor/Gestor	Jenny and Kent Skaaning	Davinde Energiselskab A.m.b.a.	Vester Hjermitsev Energiselskab	Blåbjerg Biogas A.m.b.a.	Jenny and Kent Skaaning
Co-sustratos	Ganaderos (95%, cerdo) Pesqueros grasos (5%)	Ganaderos (89%: cerdo y vacuno) Lodo y residuo de pescado (11%)	Ganaderos (76%: cerdo y vacuno) Pesqueros (lodos flotantes) y residuos de curtidos (24%)	Ganaderos (72%, cerdo y vacuno) Pesqueros, orgánicos de alimentos, lodos de depuradora, etc (28%)	Ganaderos (95%, cerdo) Residuos grasos procedentes de la industria del pescado (5%)
Digestor	Vertical de 800 m ³	750 m ³	3 × 500 m ³	2 × 2.500 m ³	Vertical de 800 m ³
Pretratamiento	Dato no disponible	No se realiza	4,5 horas a 57°C (Tras la digestión)	MGRT 8 horas a 53,5 °C	Dato no disponible
Capacidad de tratamiento	52,7 t/día	28 t/día	54 t/día	309 t/día	52,7 t/día
Tª de operación	Termofílico	36°C (Mesofílico)	37 °C (Mesofílico)	53,5°C (Termofílico)	Termofílico
Materia seca	Dato no disponible	Dato no disponible	Dato no disponible	Dato no disponible	Dato no disponible
Tiempo residencia	16 días	Dato no disponible	Dato no disponible	Dato no disponible	16 días
Producción biogás	3.560 m ³ /día (67,6 m ³ /t)	822 m ³ /día (29,4 m ³ /t)	2.740 m ³ /día (50,7 m ³ /t)	8.500 m ³ /día (27,5 m ³ /t)	3.560 m ³ /día (67,6 m ³ /t)
Contenido en CH ₄ del biogás	Dato no disponible	Dato no disponible	Dato no disponible	Dato no disponible	Dato no disponible
Producción energética	350 kW	Dato no disponible	1.610 kW	7.840 kW	350 kW

(Fuente: (Maison et al., 2009))

Dinamarca es uno de los países que utiliza residuos pesqueros para la generación de biogás en sus plantas generadoras. De los datos recolectados, todas las plantas utilizan una mezcla entre residuos ganaderos y residuos pesqueros para el proceso de biometanización, lo que ayuda a disminuir la contaminación que se genera en ambas industrias. Los resultados de generación eléctrica, rendimiento, capacidad de tratamiento, y porcentajes de concentración de residuos se presentan en la tabla 4.8.

4.5.4. Etapas del proceso de generación de biogás

La generación de biogás a partir de la digestión anaeróbica, se compone de 4 etapas principales, que van desde la alimentación del proceso mediante los insumos descritos anteriormente, hasta la utilización de la energía generada, ya sea eléctrica y/o térmica. La información presentada sobre las 4 etapas de la digestión anaeróbica que se muestran en la figura 4.23, se obtuvo a partir de una evaluación técnica y económica de una planta de biogás realizada en la Universidad de Chile. (Carrasco, 2015)



Figura 4.23: Esquema de las etapas que se realizan en la producción de biogás.
(Fuente: (Carrasco, 2015))

1. Alimentación y Pre-tratamiento

La alimentación de la materia prima a utilizar para la generación de biogás depende principalmente del tipo de reactor que se utiliza en la planta, como también del tipo de materia orgánica, ya que en algunos casos es necesario contar con estanques de pre tratamiento, para aumentar la efectividad de la materia utilizada. La finalidad de la etapa se basa en preparar y facilitar la degradación de la materia prima, ya sea aumentando su superficie de contacto o degradando parcialmente la biomasa. Las alternativas de pre-tratamiento a escala industrial se presentan a continuación.

- **Térmico:** Se basa en una inyección de energía térmica al sistema, lo cual aumenta la solubilidad de los compuestos presentes en la materia prima y aumenta el nivel de metano producido en el proceso de digestión.
- **Químico:** Se utilizan compuestos químicos que degradan de manera parcial el sustrato, aumentando la actividad que pueden llegar a tener los microorganismos sobre la materia prima.
- **Termoquímicos:** Como su nombre lo dice, es una combinación de los dos procesos anteriores. El tratamiento más común es una mezcla alcalina junto con una inyección de calor.

- **Físico:** Para facilitar la solubilidad de la materia orgánica, se aplica un tipo de fuerza y/o onda directamente al sustrato. Entre los métodos más utilizados se pueden mencionar el pretratamiento ultrasónico (uso de ondas de ultra sonido), la pulverización (uso de fuerzas mecánicas para disminuir el tamaño la materia prima) y la homogenización a alta presión (uso de diferencias de presión altas sobre la materia prima).

2. Digestión anaeróbica

En esta etapa se degrada la materia prima para formar los subproductos, donde uno de esos es el biogás, tal como se ve en la figura 4.24. La etapa de digestión anaeróbica depende mucho de la tecnología que se empleara para la degradación del material, donde la más influyente es el tipo de reactor que se utilizará.

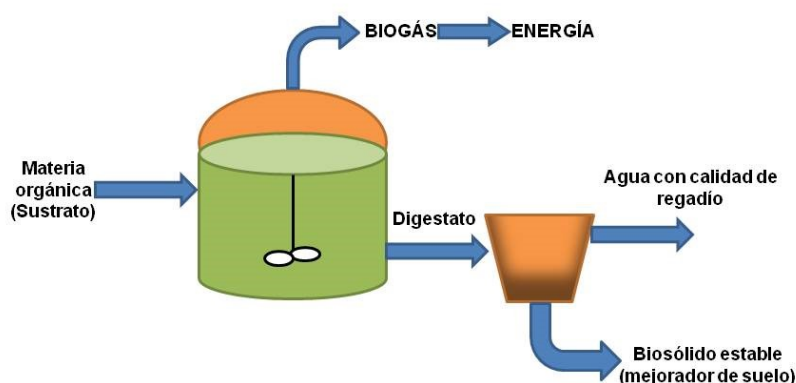


Figura 4.24: Esquema simplificado del proceso de digestión anaeróbica.

(Fuente: (Carrasco, 2015))

Los reactores se pueden catalogar de baja o alta velocidad. En los primeros, los sustratos y materias primas no se encuentran mezclados ni existe un control acabado de las condiciones de operación. En general, estos reactores tienen una baja tasa de

alimentación y no son adecuados para el uso energético debido a su baja productividad. El uso principal que se les da es un método de descontaminación para residuos específicos. Los reactores de alta velocidad cuentan con una capa o lecho fijo de microorganismos, los cuales degradan la materia prima constantemente. Estas plantas son de mayor tamaño y requieren un flujo constante de alimentación para funcionar de manera óptima. Debido a su nivel de producción, se puede generar tanto energía eléctrica como térmica en el mismo proceso de digestión.

En general, la elección del reactor depende de varios factores, pero principalmente de la composición química del sustrato, de las condiciones de operación generales de la planta, y del nivel de aprovechamiento o de rendimiento que se desea lograr en el proceso de digestión.

3. Post tratamiento

Dependiendo del tipo de procesamiento que tenga la materia prima, se pueden generar gases contaminantes que no son los adecuados para la generación de energía, por lo que deben ser eliminados, tratados y separados del producto principal que se obtiene por la digestión anaeróbica.

Para eliminar estos gases contaminantes, se cuenta con un proceso de post tratamiento, el cual varía dependiendo del método de generación que se utiliza, como también de la materia prima seleccionada. Las técnicas de post-tratamiento son clasificadas en los tratamientos fisicoquímicos y biológicos, que tienen como finalidad eliminar o disminuir los riesgos de contaminación inherentes a la generación de energía. Por ejemplo, para el caso de la co-generación, se necesita eliminar el ácido sulfhídrico (H_2S), compuesto tóxico para la salud y que, además, puede mezclarse con el vapor de agua en el biogás y formar ácido sulfúrico (H_2SO_4), elemento corrosivo que afecta a los equipos generadores. Por otro lado, el almacenamiento del biogás en estado crudo, o la combustión de este para generación térmica producen óxidos nocivos como son el óxido de azufre (SO_x), monóxido de carbono (CO) y óxidos de nitrógeno (NO_x).

La emisión de estos gases esta normada por leyes medioambientales, por lo que se

necesitan tratamientos posteriores a la generación de energía para mitigar el impacto que pueden producir.

4. Usos energéticos

Como se ha mencionado anteriormente, los principales usos energéticos que tiene el biogás a partir de la degradación anaeróbica, son energía eléctrica, energía térmica y energía mecánica, tal como se indica en la figura 4.25. Sin importar el uso que se le dé al biogás, siempre influirá en el resultado el factor de rendimiento o eficiencia del proceso de generación. Este parámetro, definido por la ecuación 4.1

$$\eta = \frac{\text{energía generada}}{\text{energía suministrada}} \quad (4.1)$$

(Fuente: (Carrasco, 2015))

, indica numéricamente que tan efectiva es la transformación de energía, a partir de la materia prima utilizada. Debido a esto, el parámetro varía mucho según la composición química del sustrato utilizado.

- **Generación de calor:** La generación de energía térmica es uno de los usos más comunes que se le da al biogás, donde se utilizan quemadores convencionales para generar energía térmica. La energía generada a partir de la quema del gas en calderas o en quemadores directos puede ser utilizada para sistemas de calefacción, suministro térmico de operaciones unitarias en industria o usos domésticos como cocinar, donde la eficiencia usual es de 90 % (Carrasco, 2015). Como se mencionó anteriormente, es posible que en la quema directa de biogás se generen subproductos que tienen un poder contaminante y corrosivo mucho mayor que los desechos utilizados como materia prima, por lo que se necesita tener un sistema de tratamiento posterior a la quema del biogás. Además, es necesario tener las condiciones de temperatura y presión correcta para poder realizar la combustión del gas de manera eficiente.
- **Generación electricidad y cogeneración:** La generación de energía eléctrica en plantas de biogás se realiza generalmente con turbinas de vapor o gas, como

también con motores de combustión. Se ha demostrado que este sistema tiene una eficiencia aproximada de 35 %, lo que se considera baja en comparación a la materia prima necesaria para la generación de biogás. Para aumentar la eficiencia de la energía utilizada, y aprovechar su potencial a un nivel mayor, generalmente se utilizan sistemas de cogeneración, donde tanto la energía térmica y eléctrica son inyectadas a las redes correspondientes y suministradas a los distintos usuarios, como se muestra en la figura 4.26. En estos casos, la eficiencia puede llegar incluso a un 90 %, donde las pérdidas son mínimas y ocurren a lo largo de las redes del sistema.(Carrasco, 2015)

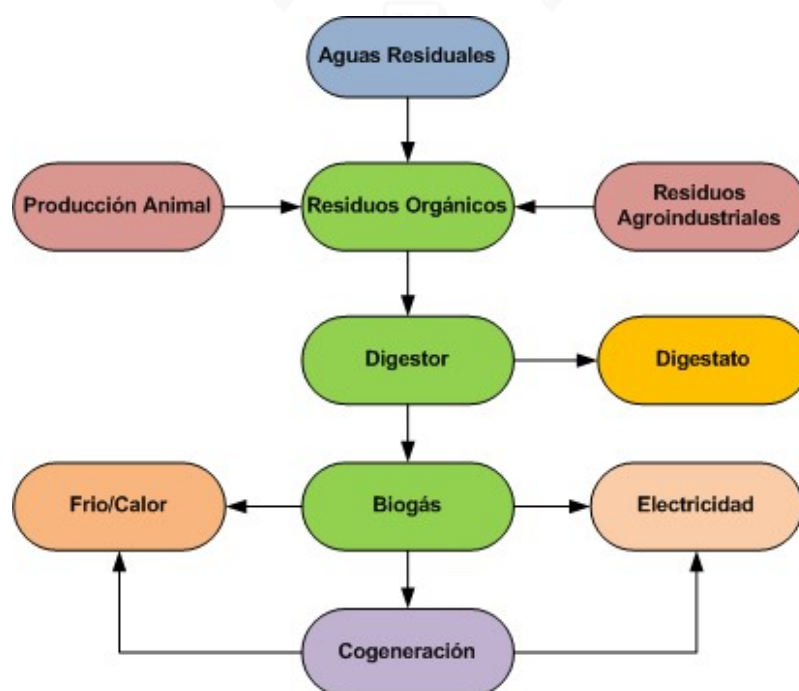


Figura 4.25: Diagrama de procesos y usos energéticos que se obtienen a partir de la generación de energía con biogás.
(Fuente: (Carrasco, 2015))

Según diferentes casos experimentales en los cuales se compara el resultado de genera energía por medio del método de cogeneración y por métodos individuales, se estima que es necesario un mayor nivel de energía primaria (biogás) para obtener el mismo nivel de energía eléctrica y térmica, en contraste al sistema de cogeneración. Por otro lado, los sistemas separados tienen un mayor porcentaje de perdidas energéticas. Cabe destacar que la eficiencia y la

energía generada dependerán de las características del gas utilizado, del diseño del motor y generador y de las necesidades energéticas del usuario.

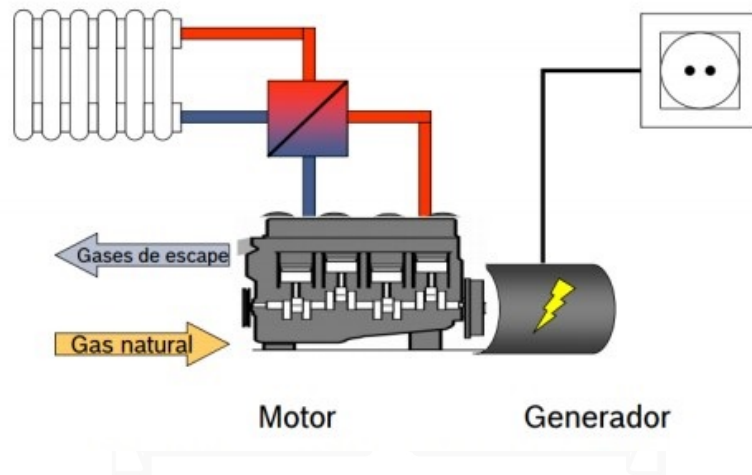


Figura 4.26: Esquema del proceso de generación de energía mediante un sistema de cogeneración..
(Fuente: Carrasco (2015))

Las tecnologías utilizadas para la cogeneración con biogás son la del motor de combustión interna (MCI), la turbina de gas (TG), la turbina de vapor (TV) y las micro turbinas (MT). Todas las tecnologías empleadas se basan en la combustión del gas para generar energía mecánica, la cual es convertida posteriormente en electricidad, mientras que los gases de combustión calientes que pueden ser convertidos en energía térmica utilizable como vapor.

- **Uso de combustible:** El biogás también se puede utilizar como fuente combustible, sin necesidad del proceso de combustión para generar energía. Este método energético, utilizado como insumo para generación de energía mecánica, necesita un tratamiento de purificación y acondicionado, con lo cual el biogás adquiere propiedades similares al gas natural. El biogás puede ser usado ya sea en cocinas convencionales o en motores de combustión interna para diésel o gasolina. El problema de este método energético es que el biogás tiene baja capacidad de encendido, por lo que se necesitan grandes cantidades de biogás para obtener resultados como los de combustibles fósiles.

4.5.5. Beneficios y valorización adicional

Como ya se mencionó anteriormente, existen usos variados que se le pueden dar al biogás, con el objetivo de generación de energía y reducción de residuos. Una característica importante en los proyectos de generación energética a partir de recursos no convencionales es valorizar económicamente los beneficios y los productos generados. Además de los usos energéticos ya mencionados, la generación de biogás puede generar beneficios medioambientales que tiene un impacto positivo en la comunidad, como también generación de empleo y oportunidades dentro de la localidad de instalación.

- **Bonos de carbono:** Uno de los principales beneficios que se obtiene al trabajar con residuos en la generación de biogás es la reducción de materiales contaminantes, lo que reduce considerablemente las emisiones de CO₂. Estas emisiones se pueden cuantificar en bonos de carbono los cuales se pueden incluso comercializar y así obtener beneficios extra por la generación energía limpia. El primer paso para cuantificar los beneficios en reducción de agentes contaminantes es realizar el cálculo de CO₂ equivalente en función a los gases que se están reduciendo. El concepto de CO₂ equivalente es definido en el Protocolo de Kyoto, como la equivalencia que tiene la cantidad que un gas de efecto invernadero (GEI) con el del dióxido de carbono ([Carrasco, 2015](#)). Para obtener el beneficio medio ambiental que genera la reducción de emisiones de gases contaminantes, se debe obtener la composición química del biogás, con los porcentajes y densidades de cada gas, y transformarlos a equivalencias de CO₂, con lo que se obtiene numéricamente las reducciones de CO₂ en la atmosfera. Específicamente en el caso de las caletas pesqueras, no se producen muchas actividades que sean contaminantes, por lo que un beneficio adicional podría ser la comercialización de estos bonos de carbono, generados mediante la utilización de biogás como agente energético.
- **Bioabono:** Como subproducto en la generación de biogás se obtiene el bio-lodo o bio-abono, el cual tiene propiedades similares a los abonos utilizados en las industrias agrícolas. Dado que en la industria pesquera no tiene funcionalidad, se puede comercializar a otras industrias de tal manera que se aprovecha en su totalidad

el proceso de generación de biogás. En caso de no vender este sub producto, se puede utilizar para propósitos municipales, ayudando de manera concreta a la comunidad y al medio ambiente.

- **Generación de empleo:** La implementación de una planta generadora de biogás implica la creación de trabajos tanto para la instalación y mantención, como para el manejo de las actividades de la planta. Según lo conversado con Gonzalo Rojas, Ingeniero Civil Industrial de la USM y asesor en instalaciones de plantas de biogás, se estima que para el manejo de una planta se necesita una persona capacitada por debajo de 200 kW, y se va incrementando una persona más a tiempo completo por cada 200 kW adicionales de potencia. Por otro lado, donde más se crean puestos de trabajo son en la instalación y edificación de la planta, como también en las actividades de mantención de maquinaria y sistemas de conexión y en el manejo de materias primas necesarias para la generación eléctrica.

Se puede apreciar que el método de elaboración y los requerimientos necesarios en una planta de biogás dependen directamente de la materia prima que se utilizará. Por otro lado, el proceso de generación eléctrica y/o térmica está compuesto por diferentes etapas que deben ejecutarse en condiciones favorables para obtener el mejor rendimiento posible en cuanto a la energía generada y a la calidad de los productos elaborados. Se debe tener siempre en cuenta el beneficio medioambiental, ya que aun cuando este método puede no generar grandes cantidades de energía, está disminuyendo considerablemente la cantidad de residuos en la comunidad, que sin este tratamiento de transformación significarían tiempo y recursos destinados por parte del estado para su mantención y tratamiento. De la misma forma, es una actividad nueva en el proceso de manejo de residuos y procesos energéticos de la comunidad, generando actividades que previamente no se ejecutaban, aumentando los requerimientos de profesionales o personas naturales para su optima ejecución.

4.6. Análisis Multicriterio

4.6.1. Descripción

La evaluación de proyectos basada en el análisis multicriterio permite estudiar y comparar alternativas mediante la valorización de criterios que son cualitativos, pero que tienen un gran impacto hacia el proyecto. Esto se vuelve recurrente al analizar proyectos sociales, donde el factor diferencial no siempre es el beneficio monetario, sino que es más influyente el resultado positivo que puede tener el proyecto hacia la comunidad. Tal como se define en el manual metodológico de evaluación multicriterio para programas y proyectos publicado por las naciones unidas ([Pacheco y Contreras, 2008](#)), cuando un estudio está centrado en la Sociedad, se presentan tanto variables cuantitativas como cualitativas que influyen en la toma de decisiones. Por ende, estas evaluaciones no solo consideran aspectos económicos, ya que existen factores cualitativos diferenciadores que necesitan ser comparados para llegar a una decisión correcta. Estos métodos se basan en un proceso comparativo, el cual asigna un peso específico a las alternativas estudiadas, entregando así un apoyo numérico para la toma de decisiones. La metodología, presentada en la figura 4.27, consiste en definir el problema de decisión que se desea considerar, el cual está compuesto por elementos, un proceso, y resultados.



Figura 4.27: Esquema demostrativo del problema de decisión.
 (Fuente: ([Pacheco y Contreras, 2008](#)))

- **Elementos:** definen el problema a resolver. Está compuesto por el objetivo, los criterios y sub criterios, actores involucrados, conocimiento, experiencia y alternativas. La dificultad de análisis de estos elementos es la definición de escalas cuantitativas, a partir de los juicios de valor presentados.
- **Proceso:** determina la jerarquización de las alternativas a implementar, mediante un análisis de ponderadores, promedios, evaluación y priorización. En otras palabras, el proceso determina un ranking de valor entre las alternativas propuestas.
- **Resultados:** Corresponde a la toma de decisión en cuanto a la alternativa a implementar.

Matemáticamente, la evaluación multicriterio está definida por la ecuación 4.2, que corresponde a una función de maximización del vector de variables de decisión en función de las funciones objetivo definidas por los criterios u objetivos analizados. La expresión matemática queda expresada como,

$$\max F(x); x \in X \quad (4.2)$$

(Fuente: ([Pacheco y Contreras, 2008](#)))

Donde, x = Es el vector $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ de las variables de decisiones. El problema de decisión es el de asignar los "mejores".

X = Es la denominada región factible del problema (el conjunto de valores que pueden tomar las variables).

$F(x)$ = Es el vector $f_1(x), f_2(x), f_3(x), \dots, f_p(x)$ de las p funciones objetivo que toman los criterios simultáneos del problema.

4.6.2. Metodología de evaluación multicriterio para proyectos

La metodología pesentada en el manual publicado por las naciones unidas ([Pacheco y Contreras, 2008](#)) explica dos métodos principales de evaluación multicriterio para proyectos. Existe un método sencillo de estandarización normal (01-Z), que tiene como objetivo indicar

la importancia relativa entre los diferentes criterios considerados. El método permite la integración tanto de variables cuantitativas como cualitativas, permitiendo un análisis completo de las alternativas. El segundo método escrito es el analítico Jerárquico (Analytic Hierarchy Process: AHP), que consiste en un método de descomposición de estructuras y jerarquización de criterios. A partir de este proceso, es posible asignar valores numéricos a las diferentes alternativas de evaluación, con el objetivo de determinar la de más alta prioridad para implementar (Pacheco y Contreras, 2008)). Para realizar la evaluación, es necesario realizar los 11 pasos presentados en la figura 4.28, que describen la metodología que se definen a continuación,

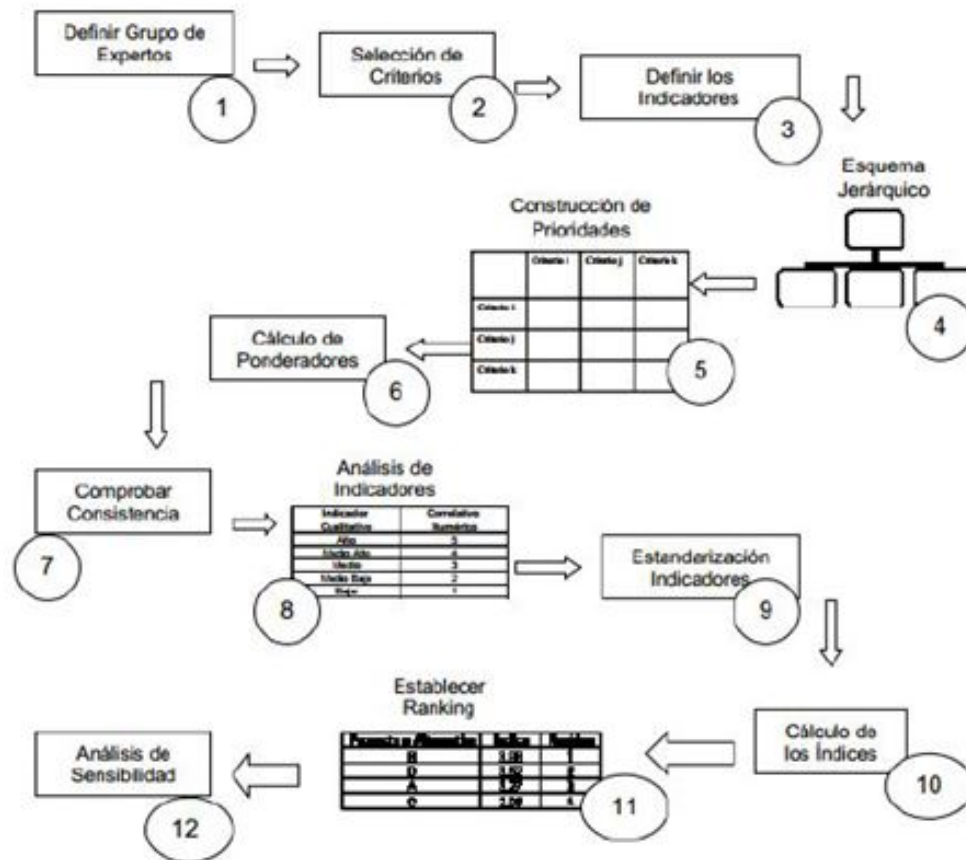


Figura 4.28: Esquema del proceso de una evaluación multicriterio.

(Fuente: (Pacheco y Contreras, 2008))

1. **Definir grupo de expertos:** El grupo de expertos tiene como objetivo dar sus opiniones sobre las alternativas de implementación, en función de los elementos presentados

para el análisis multicriterio. Debido a esto, el grupo de expertos debe estar compuesto por personas con conocimientos y experiencia directamente ligada al problema definido, o a las alternativas a implementar. Dado que la idea es que el grupo sea compuesto por varios expertos, para ser más representativo es recomendable generar reuniones grupales para llegar a un consenso sobre la evaluación de alternativas.

2. **Selección de criterios:** A través de los criterios definidos, es que el grupo de expertos asigna valores cuantitativos a las alternativas propuestas. Tal como indica la figura 4.29, la selección de criterios depende principalmente de la recolección de información, análisis de problemáticas tanto de autoridades como de la comunidad, como también de objetivos políticos. Los criterios deben seguir los lineamientos planteados por el objetivo a resolver, por lo que el proceso de definición y propuesta de criterios y sub criterios deben ser realizados de acuerdo a la solución que se quiere lograr.



Figura 4.29: Diagrama de criterios en un problema de decisión
(Fuente: (Pacheco y Contreras, 2008))

3. **Especificar las variables e indicadores:** Una vez que se han definido los criterios que serán estudiados, es necesario definir los parámetros de valores que medirán dichos criterios. Los indicadores deben describir de manera correcta el valor asociado a la medida cuantitativa del criterio o los criterios seleccionados.
4. **Esquema jerárquico:** Una vez que los criterios han sido definidos, es recomen-

dable realizar un esquema jerárquico del modelo, como el presentado en la figura 4.30. Esto permite generar un ordenamiento de la racionalidad del proceso propuesto, entendiendo las dependencias del modelo. La metodología de definición del esquema va desde el elemento mas general al mas específico, donde es necesario definir el foco del problema que se quiere resolver, los criterios generales y sub criterios, y finalmente las alternativas a implementar.

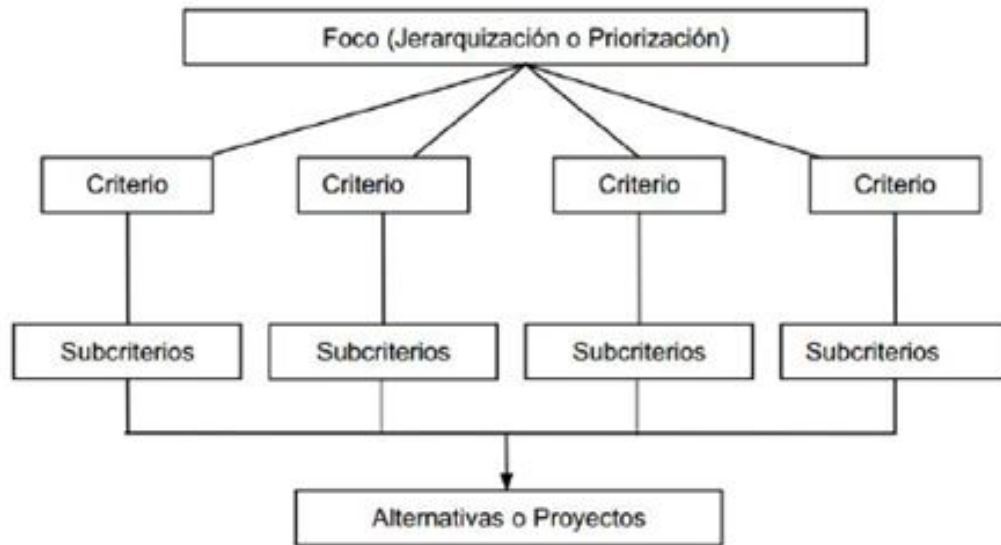


Figura 4.30: Esquema jerárquico de los criterios identificados en el problema.
(Fuente: (Pacheco y Contreras, 2008))

5. **Construcción de prioridades:** Para la construcción de prioridades se utilizan matrices de comparaciones que permiten obtener relaciones de importancia entre los criterios y sub criterios, mediante el ingreso de las opiniones y juicios de valor del grupo de expertos.

Para ejemplificar una matriz comparativa definimos a R como una matriz $n \times n$ donde $n \in \mathbb{Z}$ y sea r_{ij} la componente (i, j) de R , para $i \in [1, \infty[$ y $j \in [1, \infty[$, R es una matriz de comparaciones pares de n criterios, donde r_{ij} corresponde a la preferencia del criterio i sobre el criterio j . Cuando $i = j$, no existe preferencia ya que la comparación es sobre un mismo criterio, por lo que el valor de $r_{ij} = 1$. Tomando en cuenta lo anterior, la matriz R queda expresada como la figura 4.31.

6. **Cálculo de ponderadores:** Para llegar a la determinación de la alternativa de imple-

$$R = \begin{pmatrix} 1 & r_{1,2} & \cdots & r_{1,n} \\ r_{2,1} & 1 & \cdots & r_{2,n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{n,1} & r_{n,2} & \cdots & 1 \end{pmatrix}$$

Figura 4.31: Matriz comparativa R de $n \times n$.(Fuente: [Gaete Rosales \(2016\)](#))

mentación, es necesario calcular la prioridad que tiene cada criterio presentado. En una primera instancia se calcula la prioridad que existe entre los diferentes elementos del modelo jerárquico presentado. Utilizando la escala de Saaty, presentada en la figura 4.31, es posible llegar a un valor numérico para cada criterio y sub criterio en función de variables de percepción.

Intesidad	Definición	Explicación
1	De Igual Importancia	Dos Actividades contribuyen de igual forma al objetivo
3	Moderada	La experiencia y el juicio favorecen levemente a una actividad sobre la otra
5	Fuerte	La experiencia y el juicio favorecen fuertemente a una actividad sobre la otra
7	Muy Fuerte	Una actividad es mucho más favorecida que la otra su predominancia se demostró en la práctica
9	Extrema	La evidencia que favorece una actividad sobre la otra, es absoluta y totalmente clara
2,4,6,8	Para transar entre los Valores anteriores	Cuando se necesita un compromiso de las partes entre valores adyacentes

Figura 4.32: Escala de valores propuesta por Thomas Saaty.(Fuente: ([Gaete Rosales, 2016](#)))

Luego de completar la matriz de, los cálculos pasan a ser un problema vectorial y de valores propios, definido por la formula 4.3 ([Pacheco y Contreras, 2008](#))

$$R * w = \lambda * w \quad (4.3)$$

, donde

R= Matriz recíproca de comparaciones a pares (Juicios de importancia/ preferencia de un criterio sobre otro).

w= Vector propio que representa el ranking u orden de prioridades.

λ = Máximo valor propio que representa una medida de la consistencia de los juicios.

7. **Comprobar consistencia:** Una vez que se determinaron los ponderadores, se debe confirmar que existe consistencia en los resultados obtenidos. Para que el juicio de valor sea consistente, se deben cumplir dos principios.

- **Transitividad:** establece que si el criterio 1 es mejor que el criterio 2 y el criterio 2 mejor que el criterio 3, entonces el criterio 1 debe ser mejor que el criterio 3.
- **Proporcionalidad:** establece que si el criterio 1 es 2 veces mejor que el criterio 2 y el criterio 2 es 4 veces mejor que el criterio 3, entonces el criterio 1 debe ser 8 veces mejor que el criterio 3.

El no cumplimiento de estos principios hace que los valores resultantes sean poco representativos, implicando que el modelo elaborado presenta el mismo problema. La consistencia de los resultados se demuestra mediante la fórmula denominada índice de consistencia (IC), presentada en la fórmula 4.4,

$$IC = \frac{(\lambda_{max} - n)}{(n - 1)} \quad (4.4)$$

, donde λ_{max} está determinado por el problema vectorial obtenido anteriormente. (Pacheco y Contreras, 2008)

Una vez que se obtiene el índice de consistencia, se debe compararlo con el índice de consistencia aleatorio (IA), elaborado a partir de la simulación aleatoria de matrices

recíprocas utilizando la escala de Saaty. El índice se determina a partir de la dimensión n de la matriz, utilizando la tabla 4.9.

Tabla 4.9: Tabla de valores aleatorios para calcular el índice aleatorio IA.

n	1	2	3	4	5	6	7	8
IA	0	0	0.525	0.882	1.115	1.252	1.341	1.404
n	9	10	11	12	13	14	15	16
IA	1.452	1.484	1.513	1.535	1.555	1.570	1.583	1.595

(Fuente: (Pacheco y Contreras, 2008))

A partir de la relación existente entre IC y IA, presentada en la fórmula 4.5 (Pacheco y Contreras, 2008), denominada relación de consistencia, es posible concluir si la matriz es consistente.

$$RC = \frac{IC}{IA} \quad (4.5)$$

Si $RC = 0$: La matriz es consistente, igual que el vector de prioridades Si $RC \leq 0,1$: La matriz presenta una inconsistencia aceptable, por lo que se concluye que es consistente, al igual que el vector de prioridades. Si $RC > 0,1$: La matriz es inconsistente, por lo que es necesario una revisión de los juicios

8. **Revisión de indicadores:** Ya que los indicadores presentan diferentes parámetros de medición, es necesario cuantificar el valor de los indicadores mediante una medida homologa. A partir de esto, se generan tablas con bases numéricas similares, que indican un valor máximo, un mínimo, y un valor intermedio para cuantificar los indicadores, tal como se muestra en la figura 4.35. Esto tiene como objetivo dar valor numérico a cada uno de los indicadores, lo que permite finalmente realizar las comparaciones entre alternativas.
9. **Evaluación de alternativas:** Se realiza una ponderación entre el valor del indicador con el índice correspondiente de criterios y sub criterios. De esta manera se obtiene una nota por alternativa propuesta.

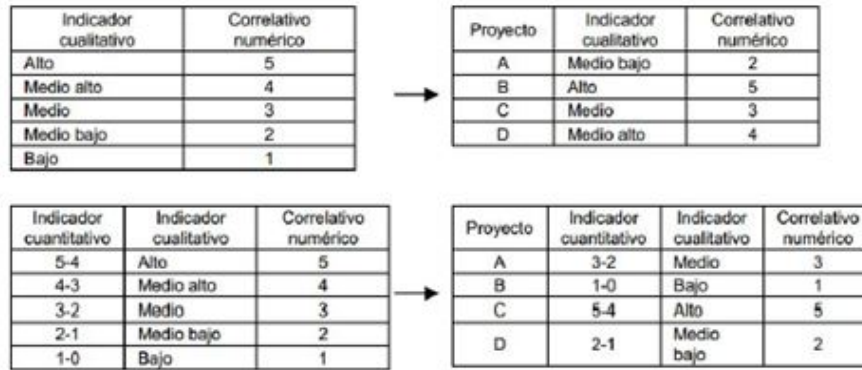


Figura 4.33: Ejemplo de análisis de indicadores en un proceso multicriterio.
(Fuente: (Pacheco y Contreras, 2008))

10. **Ranking de alternativas:** Se ordenan jerárquicamente las notas obtenidas para cada una de las alternativas. La mejor opción para implementar, es la alternativa que presenta mejor evaluación de acuerdo a la nota obtenida, como se muestra en la figura 4.36.

Proyecto o alternativa	Índice		Proyecto o alternativa	Índice	Ranking
A	3,27		B	3,98	1
B	3,98		D	3,52	2
C	2,99		A	3,27	3
D	3,52		C	2,99	4

Figura 4.34: Ejemplo de ranking de alternativas para una evaluación multicriterio.
(Fuente: (Gaete Rosales, 2016))

11. **Análisis de sensibilidad:** Se definen escenarios posibles mediante la variación de las ponderaciones relativas de los principales criterios estudiados. El objetivo de estas variaciones es estudiar el comportamiento que presenta el ranking establecido. Por último se determina cual serán las condiciones en que se estudie el comportamiento de los criterios, estableciendo un ranking de valores definitivo.

5 | Metodología

Este proyecto tiene dos focos principales de investigación, el impacto social que generaría una implementación de esta magnitud en la comunidad pesquera, y el estudio técnico y económico del proyecto en sí.

Para analizar de la mejor manera posible el impacto social de este proyecto energético se tiene que entender primero la actualidad que se presenta en las principales caletas de la región. Para esto se realizará un análisis cultural y técnico de las 14 caletas oficiales dentro de la región de Valparaíso, según el texto *Estudio caracterización del sector de la pesca en la economía social y cooperativa* (Caro, 2014) (descartando las caletas del sector insular), donde las características principales que se busca investigar son la sindicalización, los trabajadores existentes junto con información demográfica de estos, la situación económica de la institución, y los principales recursos extraídos. La información necesaria para este análisis se obtuvo de a partir del proyecto FAP titulado *Contratación equipo profesional para el apoyo y asesoría de un plan de desarrollo de la pesca artesanal de la región de Valparaíso*, realizado el año 2013 por la escuela de ciencias del mar de la Universidad Católica de Valparaíso (G. et al., 2013). Estos datos preliminares serán utilizados como input principal para definir la localización de la planta de biogás. Para este proceso se creará un índice de localización, el cual es una ponderación de las variables mencionadas, donde cada una tiene un valor asociado dependiendo de la importancia que se le da para el proyecto.

1. **Sindicalización:** dado que se busca implementar un proyecto de gran magnitud dentro de una institución ya establecida, es necesario que exista una organización influyente dentro de la caleta para poder hacer más simple y ágil la inclusión del método dentro del proceso productivo. De esta manera, se considerará un valor de

100 % en este ítem si existe un sindicato en funcionamiento, y un 0 % si no existe ningún tipo de organización dentro de la caleta. Debido a que los tamaños de las caletas analizadas son distintos, no se considerara el número de sindicatos presentes como un factor importante.

2. **Financiamiento Histórico:** con este proyecto se busca generar el mayor impacto posible dentro de la comunidad pesquera, tanto económicamente como socialmente. Por el lado económico, el resultado obtenido por el uso eficiente de residuos pesqueros será más observable si el proyecto se realiza en una caleta que no cuenta con un financiamiento histórico muy alto. Es por esto que se considerara una escala de 0 % a 100 %, donde la caleta que haya recibido menos financiamiento será la con mayor puntaje, y a partir de este se asignaran el resto de la escala. El financiamiento histórico considera inversiones realizadas durante el periodo 2008-2011. Sirve únicamente para tener una idea de los fondos recibidos por estas caletas.
3. **Sustento familiar:** al igual que el indicador anterior, se desea que la planta de biogás genere el mayor impacto tanto económico como social en la comunidad pesquera. Es por esto que se decide incluir la situación actual de sustento familiar de los trabajadores de las caletas. Esto quiere decir que si dentro de una determinada caleta, existe una clara mayoría en donde la actividad pesquera es el único sustento para el grupo familiar de los trabajadores, esta caleta tendrá prioridad como ubicación del proyecto. El fin de esto es dar la oportunidad a los trabajadores de realizar nuevas actividades laborales, y al mismo tiempo reducir costos operacionales y generar ingresos extra para la caleta. Similar al método de financiamiento histórico, se asignará un 100 % a la caleta que solo cuente con sustento de la actividad pesquera, y desde ahí se desprenderán el resto de los porcentajes.
4. **Economías de escala:** Viendo la producción individual de cada caleta, se puede apreciar que los residuos no son suficientes para abastecer completamente a una planta de biogás. Por lo tanto, un factor importante a considerar es la posibilidad de economías de escala entre las caletas. Esto quiere decir juntar los residuos y abastecer a una planta en común que proporcione de energía a las caletas involucradas. Para

esto se considerará como una opción de economía de escala a las caletas que se encuentren a un máximo de 15 km por ruta costera. Se le asignará un 100 % a la caleta que presente mayores opciones de economías de escala (mayor número de caletas dentro de la distancia estipulada), y a partir de esta se irán asignando el resto de los porcentajes. Un 0 % en este ítem significa que no existe la posibilidad de aprovechar economías de escala.

5. **Total de residuos producidos:** Uno de los datos más importantes para este indicador es la cantidad de residuos provenientes de la caleta que se usaran como insumo en la planta de biogás. Para esto se utilizará el total de desembarco en las caletas, y asumiendo que las capacidades de extracción por pescador son homogéneas, se calcula un factor de producción por cada trabajador. Esto se debe hacer ya que no existe un registro específico de extracción de recursos por cada caleta dentro de la región, y aun cuando el total desembarcado depende además de los activos y de la maquinaria que presenta cada establecimiento, realizar un factor de extracción ligado a la mano de obra es una aproximación coherente. Por otro lado, si se ve el número de pescadores inscritos el año 2015 en la región de Valparaíso, y el total de inscritos en los sindicatos que indica el texto realizado por la Universidad Católica de Valparaíso (G. et al., 2013), podemos ver que cerca de un 50 % de los pescadores regionales se encuentran inscritos en sus respectivos sindicatos. Con esta proporción, se puede estimar el número de pescadores que cada una de las caletas posee, obteniendo así el número aproximado de producción para cada establecimiento. Ya con un número aproximado de toneladas desembarcadas, hará una estimación porcentual de los residuos obtenidos de la producción total, la cual se obtuvo por citas y entrevistas con especialistas. Se le asignará un 100 % a la caleta con mayor cantidad de residuos, y a partir de esta se asignarán el resto de los porcentajes.

El indicador de localización tiene como objetivo tomar todos los factores importantes que puedan influir en la localización de la planta de biogás, y generar una escala numérica que permita clasificar a las 14 caletas estudiadas en función de su viabilidad para la implementación del proyecto. Dado que se está tratando de generar un impacto social

positivo con el proyecto, se consideran que algunas variables son más importantes que otras. Es por esto que se asignarán factores de importancia a cada uno de los indicadores, considerando las más importantes las variables netamente sociales. El indicador quedará expresado finalmente por la fórmula 5.1,

$$IL = \frac{S * 0,2 + FH + EE * 0,4 + RP * 0,6 + SF * 0,8}{5} \quad (5.1)$$

, donde

S=porcentaje de sindicalización

FH=porcentaje de financiamiento histórico

EE=porcentaje de economías de escala

RP=porcentaje de residuos producidos

SF=porcentaje de sustento familiar

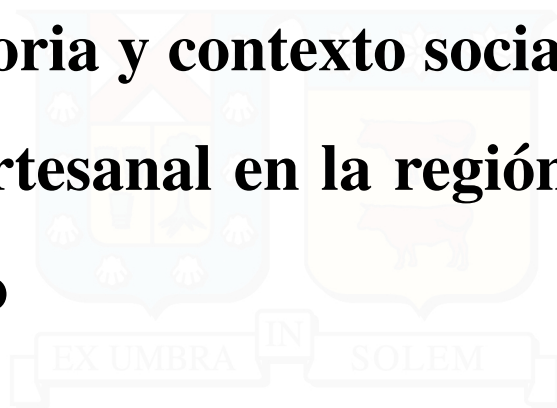
Una vez que se calculen los indicadores IL, se hará un análisis específico de las tres opciones con mayor potencial dentro de las 14 caletas estudiadas. Este análisis consistirá principalmente de 3 aspectos. Primero se verificará la factibilidad de instalación de la planta, considerando si la municipalidad cuenta con un terreno apto para la edificación. Segundo, se calcularán los requerimientos monetarios, y en caso de existir los no monetarios, relacionados con el aseo y ornato de la municipalidad, la cual involucra directamente los desechos pesqueros que se tratarán en la planta. Esto se realizará a través de la ley de transparencia, la cual rige a todos los organismos gubernamentales, y en la cual se podrá obtener información numérica de los ingresos, gastos y beneficios relacionados con la sanidad de la comunidad. Finalmente se realizará un análisis de costos y beneficios relacionados con la posible instalación de la planta de biogás. En los costos se tomará en cuenta la inversión necesaria para instalar la planta, la cual está ligada a los residuos disponibles por cada municipalidad, como también a los costos de operación necesarios para poder llevar a cabo el proyecto. Por otro lado, para calcular los beneficios primero se analizarán los posibles ingresos que pueda tener la municipalidad en cuanto a la venta de la energía generada, la cual será determinada por los Kwh producidos en cada una de las posibles plantas. Estos serán comparados con los costos de operación, para determinar el beneficio anual que llegaría a tener la municipalidad. Además, se calcularán indicadores

clave en cuanto a estos beneficios, con el fin de determinar de manera objetiva cual será la mejor opción para implementar el proyecto.

Con el lugar de implementación ya seleccionado, el siguiente paso será una evaluación social clásica, cuyo objetivo es obtener indicadores económicos y de evaluación de proyectos que determinen la factibilidad de implementación, y los beneficios económicos que obtendrían los involucrados. También se determinará el intervalo de operación del proyecto, y las condiciones necesarias para que se pueda llevar a cabo, como por ejemplo, métodos de financiamiento o de operación. Dentro de este análisis, se sensibilizará ciertos factores de evaluación, específicamente las proyecciones que pueda tener el proyecto durante el horizonte de evaluación, con el objetivo de contar con tres escenarios posibles de evaluación. De esta manera se contará con información de como se comportará el proyecto dependiendo de cambios que se puedan presentar en diferentes factores a considerar. Como está descrito en los objetivos específicos, se desea generar una proyección de la evaluación del proyecto, para su posible replicación en distintas caletas a lo largo del país.

Finalmente se realizará una evaluación social moderna, mediante un análisis multicriterio, la cual busca cuantificar beneficios y factores que no se pueden incluir en la evaluación social clásica, pero que si tienen un impacto en cuanto atractivo es el proyecto. Se tomarán en cuenta los beneficios que generará la implementación del proyecto, enfocándose en los aspectos sociales, económicos y ambientales.

6 | Historia y contexto social de la pesca artesanal en la región de Valparaíso



La finalidad del estudio sobre las caletas es conocer las condiciones económicas, el nivel organizacional, y el contexto social de los pescadores que desempeñan sus labores en la localidad. Los resultados obtenidos se utilizan más adelante para confeccionar el “índice de localización”, el cual otorga un puntaje ponderado para cada una de las caletas de Valparaíso, con el objetivo de cuantificar el impacto que tendrá el proyecto en cada una. Para cada una de las 14 caletas estudiadas, se presenta un breve informe sobre

- Recursos principales
- Número de trabajadores
- Información demográfica de los trabajadores
- Organizaciones de trabajadores
- Funciones que se realizan en la caleta
- Dependencia económica sobre la actividad pesquera
- Financiamiento histórico

Como se mencionó anteriormente, la información que se presenta sobre las caletas se obtuvo principalmente a partir de la investigación realizada por la Universidad Católica

de Valparaíso, titulada *Contratación equipo profesional para el apoyo y asesoría de un plan de desarrollo estratégico para la pesca artesanal de la región de Valparaíso*, lo cual corresponde a un proyecto FAP del año 2013. (G. et al., 2013) La inforgrafía correspondiente a cada una de las 14 caletas se presenta en los anexos del presente informe.

6.1. Caleta Quintay

Ubicada en el centro de la región, específicamente en la comuna de Casablanca, la caleta Quintay concentra sus actividades de extracción de recursos principalmente en la Jibia, el Congrio y la Merluza. Actualmente genera trabajos para un total de 102 personas, con un promedio de edad de 55,6 años. Los trabajadores de la caleta forman parte de una institución sindical llamada “S.T.I. PESCADORES ARTESANALES DE CALETA QUINTAY”, donde la totalidad de sus miembros son hombres. (Caro, 2014)

Dentro de las funciones desarrolladas por los trabajadores en la caleta, se pueden identificar pescador, buzo, armador, entre otros. La mitad de los trabajadores son exclusivamente pescadores, mientras que un 30 % realiza más de una actividad. Una porción menor de trabajadores realiza actividades distintas a las mencionadas.

Para la caleta Quintay más de la mitad de los trabajadores representan el único sustento dentro del núcleo familiar, mientras que el resto de las familias presenta más de una fuente de ingreso, pero la principal sigue siendo la actividad pesquera.

Esta caleta ha sido foco principal de beneficios por parte de distintas instituciones del gobierno. Históricamente, han recibido un financiamiento total de \$365.730.900. Aun así, esta caleta presenta un desembarco de recursos relativamente bajo, lo cual se puede explicar por el bajo número de trabajadores que se desempeñan en la caleta. Durante el año 2015 se extrajeron un total de 1960 toneladas de recursos.

6.2. Caleta Laguna Verde

La caleta está ubicada en la comuna de Valparaíso, y es una de las de menor tamaño dentro de las que están en funcionamiento en la región. Esto ocurre ya que se caracteriza

por la extracción de peces de roca a través de buceo, bentónicos en áreas de manejo amerb y algas. Hay un total de 52 trabajadores realizando actividades en la caleta, con un promedio de 45 años, y donde 16 son hombres y 10 mujeres. Aun cuando presenta un bajo número de trabajadores, esta caleta está formada por dos sindicatos, “S.T.I. DE LA PESC. ART. BUZOS MARISC. Y ACTIV CONEX DE CTA LAGUNA VERDE” y “S.T.I. PESC. CALETA SUD AMERICANA VALPARAISO”. (Caro, 2014)

Entre las funciones que se realizan, pescador es la actividad principal (tanto de peces de roca como las especies betónicas), aunque existe un porcentaje que realiza más de una actividad, en donde además de pescador son buzos y recolectores. Los restantes realizan actividades distintas a las descritas.

Dentro de la comunidad pesquera, existe un porcentaje de trabajadores que no representa el único ni el principal sustento a su núcleo familiar, aunque el 80 % de los trabajadores si son el principal sustento familiar.

La caleta Laguna Verde hasta la fecha no ha recibido financiamiento histórico por parte de alguna institución gubernamental o algún privado. Esto puede ser debido al tamaño que tiene la caleta, en la cual el año 2015 se desembarcaron un total de 999 toneladas.

6.3. Caleta El Membrillo

El membrillo, ubicada en la comuna de Valparaíso presenta un lado más comercial, debido a que es una de las caletas de mayor tamaño, dentro de las estudiadas. Aparte de realizar extracción de Merluza, Jibia y Reineta, tiene un claro foco en turismo, gastronomía, elaboración de productos marinos y comercialización directa. Está compuesta por un sindicato llamado “S.T.I. PESC. CALETA EL MEMBRILLO” (Caro, 2014), que presenta 276 inscritos, con un promedio de 50 años, y donde cerca del 80 % son hombres. Las actividades desarrolladas por los trabajadores dentro de la caleta son muy variadas, aunque existe un 60 % de los trabajadores que se desempeñan como pescadores (exclusivamente o dentro de una gama de actividades). Dentro de las otras funciones se pueden mencionar armador, buzo y otras actividades.

La mayor parte de la fuerza laboral en la caleta es el sustento principal para sus familias

ya que solo un 3 % de los trabajadores no es el único ni la principal fuente de financiamiento para sus familias.

Ya que la caleta tiene una fuerte orientación al lado comercial y al turismo de la comuna, este ha recibido grandes cantidades de dinero por parte del gobierno para mejorar tanto la infraestructura del lugar, como para implementar mejoras en su producción. El monto total de financiamiento desde el año 2008 hasta el año 2011 llega a \$210.517.384. Esto ha permitido que la caleta se desarrolle de una mejor manera, llegando a un total de desembarque anual en el año 2015 de 5.303 toneladas.

6.4. Caleta Portales

Ubicada en la comuna de Valparaíso, se caracteriza por ser la caleta de mayor tamaño en la región, la cual cuenta con muelle, planta procesadora, estacionamientos y puestos comerciales. Debido a que cuenta con un total de 360 trabajadores con un promedio de 50 años de edad, de los cuales son casi en su totalidad hombres, existen dos sindicatos en funcionamiento, “S.T.I DE TIERRA DE CALETA DIEGO PORTALES N°1” y “S.T.I. PESCADORES ARTESANALES DE CALETA DIEGO PORTALES DE VALPARAISO”, que velan por los derechos y condiciones mínimas de sus trabajadores. (Caro, 2014) Debido al tamaño de la institución, se presentan diversas actividades y funciones que realizan los trabajadores. Entre las funciones más importantes se encuentran pescador, armador, recolector, y otras actividades menores. Cabe destacar que un 47 % de los trabajadores se desempeña como pescadores exclusivos, mientras que cerca de un 40 % se desempeña como pescador y armador.

Se puede ver que un 70 % de los pescadores representa el principal sustento de sus núcleos familiares, lo sugiere que la gran mayoría de los trabajadores tiene un nivel socioeconómico bajo.

Dado que la caleta Portales es la más grande de la región de Valparaíso, y una de las más emblemáticas, siempre ha estado dentro de las prioridades del gobierno a la hora de invertir en capital social. Esto se ve reflejado en el elevado monto de financiamiento que ha recibido la caleta desde el año 2008 hasta el 2011, llegando a un total de \$4.695.935.497.

Esto ha ayudado a la caleta a llegar a números de desembarco de recursos considerables, registrando durante el año 2015 un desembarco anual de 6916 toneladas.

6.5. Caleta Higuierillas

Esta caleta, ubicada en la comuna de Con-Con, se caracteriza por tener un gran número de embarcaciones en funcionamiento, que se dedican a la extracción de una gran variedad de recursos marinos. Con un total de 178 trabajadores de un promedio de 45 años de edad, esta institución está compuesta por un sindicato, “S.T.I. PESCA ARTESANAL DE CALETA HIGUERILLAS”, y donde la totalidad de trabajadores son hombres. (Caro, 2014) La gran mayoría de los trabajadores se desempeñan como pescadores, ya sea exclusivamente o realizando una segunda actividad, aunque existe un 12 % que se desempeñan como recolectores.

Por otro lado, se puede ver que la actividad pesquera representa el principal sustento para los núcleos familiares de los trabajadores, ya sea si este es la única forma de ingresos o si existen más dentro de la familia.

Dentro de las caletas analizadas, Higuierillas presenta uno de los financiamientos históricos más altos, llegando a \$330.451.198. Esta puede ser una de las razones de porque la caleta se caracteriza por presentar una alta infraestructura portuaria. Aun con esta ayuda gubernamental y con la gran cantidad de botes, el total desembarcado para el año 2015 llego a 3.420 toneladas, que se puede considerar como un monto menor al esperado según la inversión en la caleta.

6.6. Caleta San Pedro

La caleta de San Pedro, ubicada en la comuna de Con-Con es una de las más pequeñas dentro de la región de Valparaíso. Con tan solo 44 trabajadores, de los cuales la totalidad son hombres con un promedio de 50 años de edad, la caleta se desempeña únicamente en la extracción de merluza. Aun así, la caleta presenta una agrupación sindical entre sus 22 trabajadores. Debido a que la producción se centra en un solo recurso, la gran mayoría

de los trabajadores se desempeñan como pescadores. Cerca de un 43 % se dedica a otras actividades, entre las que se mencionan la función de recolector.

En la caleta San Pedro, la totalidad de los trabajadores representan el ingreso principal para sus respectivos núcleos familiares, aun cuando cerca de un 30 % asegura que no son la única fuente de ingresos para la familia.

Cabe destacar que aun cuando la caleta San Pedro es una de las de menor tamaño dentro del análisis regional, esta ha recibido un monto considerable de financiamiento por parte de diferentes entidades, el cual entre el 2008 y 2011 llegó a un total de \$108.666.718. No obstante, el total desembarcado durante el 2015 no refleja esta inversión realizada, ya que solo se extrajeron un total de 845 toneladas.

6.7. Caleta Montemar

Ubicada en la comuna de Viña del Mar, la caleta Montemar cuenta con 44 trabajadores hombres, de un promedio de 48 años de edad, un sindicato llamado “S.T.I. DEL BUCEO Y PESCA ARTESANAL CALETA MONTEMAR” (Caro, 2014), y una amplia gama de recursos extraíbles donde se encuentran tanto peces como moluscos. Un punto interesante sobre la caleta es que la gran mayoría de los recursos marítimos son destinados para consumo directo, y no para comercialización dentro del país. Aun cuando la caleta cuenta con pocos trabajadores, se observa que existe una gran combinación de actividades desarrolladas dentro de la caleta. Las funciones principales son pescadoras, buzo y armados, donde cerca de un 50 % se dedica solo a una actividad, mientras que un 40 % desarrolla dos o más de estas.

Dentro de los trabajadores, el 95 % representa el sustento principal del núcleo familiar, y de este universo la mitad es el único sustento.

Desde el año 2008 hasta el 2011, la caleta Montemar ha recibido un total de \$33.717.939 de parte de diferentes fondos de fomento a la pesca artesanal. Esta cantidad de financiamiento es relativamente baja al ser comparada con el resto de las caletas de la región, lo cual explicaría el poco poder de producción que presenta la caleta, debido a que no son capaces de tener la infraestructura necesaria. Durante el año 2015, se desembarcaron un

total de 845 toneladas de recursos marítimos, la cual es la tercera menor cantidad extraída entre las caletas estudiadas.

6.8. Caleta Algarrobo

Ubicada en la comuna de algarrobo, esta caleta cuenta con 138 trabajadores activos, con el promedio de edad más alto entre las caletas analizadas, llegando a 66 años. Del total de trabajadores, el 93 % corresponden a hombres y además existe un sindicato formado por los pescadores llamado “S.T.I DE PESCA ARTESANAL ALGARROBO” (Caro, 2014). La caleta se caracteriza por la extracción de una gran variedad de recursos marinos, donde el principal es el congrio. Esto implica que existe un gran número de funciones que se realizan dentro de la institución, donde la más común es una combinación entre pescador y buzo.

En la caleta Algarrobo, el 95 % de los trabajadores corresponden al sustento principal del núcleo familiar, y de este universo la mitad es el único sustento.

Desde el año 2008 hasta el 2011, la caleta montemar ha recibido un total de \$33.717.939 de parte de diferentes fondos de fomento a la pesca artesanal. Esta cantidad de financiamiento es relativamente baja al ser comparada con el resto de las caletas de la región, lo cual explicaría el poco poder de producción que presenta la caleta, debido a que no son capaces de tener la infraestructura necesaria. Durante el año 2015, se desembarcaron un total de 845 toneladas de recursos marítimos, la cual es la tercera menor cantidad extraída entre las caletas estudiadas.

6.9. Caleta El Quisco

Esta caleta, ubicada en la comuna del Quisco, cuenta con un total de 134 trabajadores hombres de un promedio de 40 años de edad. Cuentan con una agrupación oficial de los trabajadores, llamada “S.T.I. NARCISO AGUIRRE DE PESCA ARTESANAL DE LA COMUNA EL QUISCO” (Caro, 2014), y se concentra principalmente en la extracción de Congrio, junto a otras variedades de especies. De las funciones realizadas por los

trabajadores, todas consideran como principal función ser pescador. Existen trabajadores que realizan más de una labor, donde también se consideran armador y buzo.

En el Quisco se repite la tendencia vista anteriormente, donde un 85 % de los trabajadores representan el principal ingreso de sus respectivas familias.

Entre los años 2008 y 2011, la caleta el quisco ha recibido un total de \$42.137.600 por parte de diferentes autoridades e instituciones de fomento. Esto no ha afectado de manera significativa en su potencial de producción, ya que la caleta se ha mantenido con un nivel de desembarco cercano a la media. Durante el año 2015, se registraron un total de 2574 toneladas desembarcadas.

6.10. Caleta Las Cruces

Esta caleta ubicada en la comuna de El Tabo, se caracteriza por estar compuesta solo por un total de 30 mujeres, con un promedio de 50 años de edad. A pesar de ser un número reducido de trabajadoras, la caleta está compuesta por 3 sindicatos oficiales (Caro, 2014). Los principales recursos extraídos son Lapa, Jibia y Caracol. Cabe destacar que la única función desarrollada por las trabajadoras es desempeñarse como recolectoras. Por esta razón, la caleta no presenta una infraestructura muy desarrollada.

Por otro lado, el 67 % de las personas que se desempeñan en la caleta las cruces, no representan el principal ingreso en sus núcleos familiares. Solo un 33 % corresponden a ser el único sustento económico para sus familias.

Debido a que la caleta es de un tamaño pequeño, y no tiene necesidades urgentes en cuanto a infraestructura o activos, la caleta no ha recibido ningún tipo de financiamiento histórico entre los años 2008 y 2011. Por otro lado, debido a la naturaleza de las actividades desempeñadas, la caleta presenta un nivel mínimo de desembarco anual. Durante el año 2015, se extrajeron un total de 576.

6.11. Caleta Cartagena

Perteneciente a la comuna de Cartagena, esta caleta cuenta con 136 trabajadores, los cuales presentan el promedio de edad más bajo entre las caletas analizadas, con 35 años de edad. Como organización, existe un sindicato de trabajadores llamado “S.T.I. DE PESCA Y BUZO CALETA VIEJA CARTAGENA” (Caro, 2014). Debido a la gran variedad de recursos extraídos, donde se destacan Jaiba, Lapa, Piure, Jibia, Cochayuyo, Cojinova, Picoroco, Robalo, existe una gran diversidad entre funciones desempeñadas por los trabajadores. Las principales son pescador, buzo, armador y recolector, pero también existe un porcentaje de los trabajadores que desempeñan dos o más de estas actividades.

Entre los trabajadores de la caleta, el 100 % de los trabajadores representa el principal sustento a sus núcleos familiares, aunque la mitad de ellos no son el único ingreso que recibe su familiar.

Desde el año 2008 hasta el 2011, la caleta Cartagena no recibió ningún tipo de financiamiento por parte de instituciones gubernamentales o fondos para el desarrollo de la pesca artesanal. A pesar de esto, durante el año 2015 la caleta presentó un total de producción cercano a la media de las caletas analizadas, llegando a un desembarco total de 2613 toneladas.

6.12. Caleta Boca Rio Maipo

La caleta Boca Rio Maipo, ubicada en la comuna de San Antonio, tiene un total de 120 trabajadores hombres, con un promedio de 48 años de edad. En cuanto a las organizaciones presentes dentro de la caleta, existen un total de 3 sindicatos de trabajadores, donde una es específica de la caleta, mientras que las otras dos son sindicatos pertenecientes a la provincia de San Antonio (Caro, 2014). Los principales recursos extraídos son Robalo, Corvina, Lisa, Pejegallo, Tollo. Sobre las funciones que desempeñan los trabajadores, casi un 60 % se dedica solo a ser pescadores, mientras que el resto se desempeña como armador, recolector, o una combinación entre las 3 actividades.

Siguiendo la tendencia de la mayoría de las localidades analizadas, cerca de un 85 %

de los trabajadores representan el sustento principal de sus familias. Solo un 17 % de los trabajadores no son el único ingreso ni tampoco el principal dentro de su núcleo familiar.

La caleta Boca Rio Maipo, durante el 2008 y el 2011, recibió un financiamiento de \$24.222.399. Este financiamiento que entregan tanto el gobierno como entidades de fomento pesquero, está muy por debajo del promedio entre las caletas analizadas, por lo que la caleta no cuenta con infraestructura y activos que permitan desarrollar sus actividades de la mejor manera. A pesar de esto durante el año 2015, se registraron un total de 2305 toneladas desembarcadas.

6.13. Caleta Puertecito

La caleta Puertecito es la de mayor envergadura dentro de las caletas estudiadas, con un total de 1052 trabajadores activos. La totalidad de los trabajadores son hombres, con un promedio de 43 años de edad. Debido al tamaño de la caleta y al total de funcionarios que se desempeñan, existen 4 sindicatos representativos de los trabajadores, donde figuran dos sindicatos, una cooperativa, y una asociación gremial (Caro, 2014). La caleta se caracteriza por extraer Merluza, Jibia, Congrio, Pequeños pelágicos, y Bentónicos. Entre los trabajadores se puede ver que la mitad se desempeña exclusivamente como pescadores. El resto trabaja como buzo o armador, mientras que un 42 % realiza más de una de las actividades descritas.

Del total de trabajadores, un 96 % representa el principal sustento de sus respectivas familias. Solo un 4 % aseguran que no son el principal ni el único ingreso económico de sus núcleos familiares.

La caleta Puertecito, al ser la más grande de la región, y una de las más emblemáticas, ha sido un foco constante para la implementación de recursos provenientes de fondos de desarrollo y de programas del gobierno. Durante el 2008 hasta el 2011, se destinaron un total de \$903.062.685 para el desarrollo de la caleta. Dado el número de fuerza laboral que presenta la caleta, sumado además a la capacidad monetaria, Puertecito es el mayor productor de recursos marinos de la región. Se estiman que, durante el año 2015, se desembarcaron un total de 20211 toneladas de recursos.

6.14. Caleta Playa Mostazal

Ubicada en la comuna de Santo Domingo, esta caleta está compuesta por 56 trabajadores, con un promedio de edad de 35 años. Cerca del 65 % del total de trabajadores son hombres, donde además existen dos sindicatos, “S.T.I. DE MARISCOS ALGUERAS PLAYA MOSTAZAL DE SANTO DOMIGNO” y “S.T.I. BUZOS MARISCOS Y ACUICULTORES DE MOSTAZAL” (Caro, 2014). Dentro de los recursos que se extraen se puede mencionar Liga, Huiro, Corvina, Chasca, Lisa, Congrio, Robalo, Choro. La gran mayoría de los trabajadores se desempeñan como recolectores, mientras que un 7 % se desempeña como armadores y buzos, y un 7 % se desempeña como una combinación de las 3 actividades.

Del total de trabajadores casi un 80 % dicen ser el principal sustento para sus familias, aunque no son el único ingreso. De los trabajadores restantes, un 66 % corresponden al único sustento y al principal, mientras que el 33 % restante no son el principal ni el único sustento del núcleo familiar.

Debido al tamaño que presenta la caleta, no ha sido foco de inversión a lo largo de su funcionamiento, por parte del gobierno ni por parte de los fondos de desarrollo pesquero. Es debido a esto que la caleta presenta un nivel de producción bajo en comparación al resto de las caletas. Durante el año 2015, se registraron un total de 1076 toneladas desembarcadas.

7 | Análisis de Indicadores

A continuación, se analizan los resultados de cada variable presente en el índice de localización, con el objetivo de determinar cuál es la mejor opción para implementar el proyecto de sustentabilidad.

7.1. Sindicalización

En este ítem se asigna puntaje si la caleta presenta o no un sindicato o agrupación entre los trabajadores según la tabla 7.1.

Tabla 7.1: Asignación de puntajes para ítem sindicalización

Sindicalización de la caleta	Puntaje
Presenta sindicato de trabajadores	100
No presenta sindicato de trabajadores	0

(Fuente: Elaboración Propia)

No se asigna mayor puntaje por el número de agrupaciones, sino que se asigna el máximo si es que presenta o no un tipo de organización.

Tal como se describieron en los análisis individuales de cada caleta, el 100 % de las instituciones estudiadas presentan algún tipo de organización de trabajadores, como se puede ver en la tabla 7.2. Esto significa que la caleta de Valparaíso tiene un grado de desarrollo que les permite llevar a cabo organizaciones entre los trabajadores, dándoles de cierta manera mayor importancia en el rubro de sus actividades. Cabe destacar el caso de Puertecito, que, debido al número de trabajadores activos, cuenta con dos sindicatos, pero además con una asociación gremial y con una cooperativa.

Tabla 7.2: Ranking de caletas por ítem sindicalización

Nombre Caleta	Presenta Sindicato	Puntaje
Algarrobo	Si	100
Caleta Playa Mostazal	Si	100
Cartagena	Si	100
El Quisco	Si	100
Huigerilla	Si	100
Laguna Verde	Si	100
Las Cruces	Si	100
Membrillo	Si	100
Montemar	Si	100
Portales	Si	100
Puertecito	Si	100
Quintay	Si	100
Rio Maipo	Si	100
San Pedro	Si	100

(Fuente: Elaboración Propia)

7.2. Financiamiento Historico

Debido a que se trata de un proyecto social, se exige que el impacto y resultado sea lo más alto posible. En una caleta en la que se ha invertido históricamente grandes cantidades de dinero, el resultado no será tan visible como en una caleta que no ha recibido financiamiento a lo largo de sus años de funcionamiento. Por esta razón, se hace un ranking de financiamiento, donde las que presentan mayor financiamiento histórico reciben menor puntaje que aquellas que no han recibido.

Tabla 7.3: Ranking de caletas por ítem financiamiento histórico

Nombre Caleta	Financiamiento Acumulado	Puntaje
Algarrobo	15.299.620	90,0
Caleta Playa Mostazal	0	100,0
Cartagena	0	100,0
El Quisco	42.137.600	60,0
Huigerilla	330.451.198	30,0
Laguna Verde	0	100,0
Las Cruces	0	100,0
Membrillo	210.517.384	40,0
Montemar	33.717.939	70,0
Portales	4.695.935.497	0,0
Puertecito	903.062.685	10,0
Quintay	365.730.900	20,0
Rio Maipo	24.222.399	80,0
San Pedro	108.666.718	50,0

(Fuente: Elaboración Propia)

Tal como se aprecia en la tabla 7.3, existen 4 localidades entre las estudiadas que recibieron el máximo puntaje debido a que tanto el gobierno como las instituciones de fomento no han realizado inversiones monetarias durante el periodo 2008-2011. Es por esto que las caletas Playa Mostazal, Cartagena, Laguna Verde y Las Cruces, serían las más beneficiadas por la implementación del proyecto, y además serían las localidades donde los resultados serían más visibles. La baja inversión en estas 4 caletas puede ser debido a que no desarrollan sus actividades en lugares que sean considerados como focos turísticos dentro de la región. Las caletas con menores puntajes son las que han recibido mayor financiamiento histórico durante el periodo estudiado. En este caso las caletas Portales, Puertecito, Quintay y Higuierillas son las que tienen mayor capacidad de infraestructura para realizar sus actividades, debido a la constante inversión gubernamental.

7.3. Sustento Familiar

En este caso, si un trabajador es el único sustento económico del grupo familiar, el beneficio la implementación de un método de generación de energía que ayude económicamente a la institución será más notoria que en un grupo familiar donde existen muchos ingresos económicos.

Tabla 7.4: Asignación de puntajes para ítem sustento familiar

Nivel de sustento en el núcleo familiar	Puntaje
No es el único sustento ni el principal	1
No es el único sustento, pero el principal	2
Es el único sustento	3

(Fuente: Elaboración Propia)

Dentro de las caletas analizadas, se puede ver en la tabla 7.5 que la de mayor puntaje en cuanto al índice de sustento familiar es la caleta de San Pedro. En este caso, un 71 % de los trabajadores representa el principal sustento familiar pero además el único ingreso que reciben. Los trabajadores restantes también representan el sustento principal, pero existen otros ingresos dentro de sus núcleos familiares. Cabe destacar que en ningún caso los trabajadores no son el principal ingreso que reciben su familia. Después de San Pedro, vienen con mayores puntajes las caletas de El Membrillo y Puertecito. Esta última destaca ya que, a pesar de ser la caleta con mayor desarrollo y financiamiento de la región, sigue siendo el único sustento o ingreso para las familias de los pescadores. La caleta de Las Cruces es la que presentó menor puntaje en este ítem, debido a que solo un 33 % de los trabajadores declararon ser el único ingreso que reciben sus familias. Para el resto de los trabajadores no corresponde al único ingreso ni tampoco al sustento principal de sus núcleos familiares.

Tabla 7.5: Ranking de caletas por ítem sustento familiar

Nombre Caleta	U/S	No es U/S, pero el P	No es U/S ni el P	Pje	Pon
Algarrobo	50	36	14	236	27,3
Caleta Playa Mostazal	14	79	7	207	9,1
Cartagena	50	50	0	250	45,5
El Quisco	69	16	15	254	54,5
Huigerilla	58	42	0	258	63,6
Laguna Verde	40	40	20	220	18,2
Las Cruces	33	0	67	166	0,0
Membrillo	73	24	3	270	90,9
Montemar	42	53	5	237	36,4
Portales	70	18	12	258	63,6
Puertecito	72	24	4	268	81,8
Quintay	60	40	0	260	72,7
Rio Maipo	67	16	17	250	45,5
San Pedro	71	29	0	271	100,0

(Fuente: Elaboración Propia)

7.4. Economías de Escala

Con respecto a la distancia entre las caletas, se estudia la factibilidad que existe para desarrollar economías de escala, en el caso de que los recursos extraídos no sean suficientes para mantener en funcionamiento constante la planta de biogás. Se consideró el número de caletas que presentaban una cercanía de 15 km por la ruta costera.

A partir de la tabla 7.6 se concluye que tanto la Caleta Cartagena como la Caleta Montemar presentan el puntaje máximo en este ítem, ya que tiene un número de 3 localidades a una distancia de 15 km por ruta costera. Esto quiere decir que, en el caso de implementar la planta en una de estas dos caletas, se podrían abastecer no solo de su propia producción, sino también de los desembarcos de 3 las 3 caletas más cercanas. Por otro lado, tanto la Caleta Laguna Verde como la Caleta Quintay no presentan cercanía con ninguna otra de

las localidades estudiadas, por lo que no existe la posibilidad de desarrollar economías de escala en torno al nivel de producción. Esta variable está enfocada en las caletas que no pueden abastecer por producción propia el funcionamiento de una planta de biogás, y necesitan obtener recursos de otros establecimientos para maximizar la obtención de energía.

Tabla 7.6: Ranking de caletas por ítem economías de escala

Nombre Caleta	Caletas cercanas	Puntaje
Algarrobo	1	33,3
Caleta Playa Mostazal	0	0,0
Cartagena	3	100,0
El Quisco	1	33,3
Huigerilla	2	66,7
Laguna Verde	0	0,0
Las Cruces	1	33,3
Membrillo	1	33,3
Montemar	3	100,0
Portales	2	66,7
Puertecito	2	66,7
Quintay	0	0,0
Rio Maipo	2	66,7
San Pedro	2	66,7

(Fuente: Elaboración Propia)

7.5. Total de Residuos Producidos

Este es probablemente el indicador más importante, que refleja la cantidad en toneladas de residuos que se pueden utilizar para la generación de energía en cada una de las caletas estudiadas. A partir del número concreto de toneladas desembarcadas, se considera que un 40 % del peso corresponde a residuos los cuales pueden ser utilizados como insumo en la generación de energía de la planta.

Tabla 7.7: Ranking de caletas por item toneladas de residuos

Nombre Caleta	Desembarque por caleta (Toneladas)	Total residuos	Puntaje
Algarrobo	2.573	1.029	58,3
Caleta Playa Mostazal	1.044	418	25,0
Cartagena	2.613	1.045	66,7
El Quisco	2.499	1.000	50,0
Huigerilla	3.319	1.328	75,0
Laguna Verde	970	388	16,7
Las Cruces	559	224	0,0
Membrillo	5.147	2.059	83,3
Montemar	820	328	8,3
Portales	6.713	2.685	91,7
Puertecito	19.617	7.847	100,0
Quintay	1.902	761	33,3
Rio Maipo	2.238	895	41,7
San Pedro	820	328	8,3

(Fuente: Elaboración Propia)

De la tabla 7.7, se puede ver claramente que la Caleta Puertecito es la que está más preparada para la implementación de una planta de biogás, debido al nivel de residuos que se obtienen de sus actividades anuales. Con un total de 7.847 toneladas de residuos, supera por casi 3 veces a la siguiente caleta dentro del ranking. Esto se puede explicar debido al nivel de financiamiento que ha recibido a lo largo de su historia, lo que permite tener la infraestructura necesaria para obtener mayores niveles de recursos marinos. Por otro lado, la Caleta Las Cruces es la que presenta menor nivel de producción entre las 14 caletas estudiadas. Esto se debe a que también es la caleta con menor número de trabajadores, y donde el 100 % de estos se desempeña como recolectores. Es decir, no utilizan infraestructura específica para extraer recursos, por lo que el nivel de producción está limitado a sus capacidades.

7.6. Resultado final de análisis de las caletas

Tabla 7.8: Ponderación final indicadores de localización

Nombre Caleta	Puntaje Total
Cartagena	47,3
Membrillo	39,2
Rio Maipo	37,6
Puertecito	36,4
San Pedro	36,3
Algarrobo	36,0
Huigerilla	34,5
El Quisco	33,4
Montemar	32,8
Portales	30,5
Laguna Verda	28,9
Caleta Playa Mostazal	28,4
Las Cruces	26,7
Quintay	23,6

(Fuente: Elaboración Propia)

Lo primero que se puede apreciar en la tabla 7.8, es que no existe ninguna Caleta que tenga puntajes altos en todas las variables analizadas. Es decir, no existe una localización perfecta ya que, de alguna manera, todas las caletas han podido desarrollarse en cierto grado.

De las peores localizaciones posibles, podemos mencionar el caso de Caleta Quintay, la cual tiene el peor nivel en economías de escala, junto a un bajo nivel de producción y un alto índice de financiamiento histórico. Le siguen la Caleta Playa Mostazal y Caleta Las Cruces, que aun cuando presentan el máximo puntaje en cuanto al financiamiento histórico, ambas presentan bajos niveles de producción e impacto en el sustento familiar.

Por otro lado, la caleta que presenta mayor puntaje ponderado es la Caleta Cartagena, la cual presenta puntajes máximos tanto en el financiamiento histórico como en la posibilidad

a desarrollar economías de escala. En las variables de nivel de residuos y sustento familiar, la caleta presenta valores medios de desarrollo. Le sigue la Caleta Membrillo, que tiene altos puntajes en la producción de residuos, en sustento familiar, y cuenta además con posibilidades de economías de escala.

Debido a que la implementación del proyecto no depende solo de la elección de la localización, sino que también depende de la factibilidad de llevar a cabo el proyecto, se tomarán 3 posibles localizaciones. Para estas 3 opciones se realizará un estudio de factibilidad, donde se tomará en cuenta como factor principal, el lugar donde se construirá la planta de biogás, pero además si el nivel productivo de cada opción es suficiente para el funcionamiento de la planta. De las 6 primeras opciones, se decide descartar la Caleta Rio Maipo, Puertecito y San Pedro. En el caso de la primera y la tercera, presenta un nivel de producción de residuos bajo 50, lo que según aproximaciones hará imposible la implementación en la localidad. En el caso de Puertecito, presenta un financiamiento histórico muy alto, y considerando que se busca generar un impacto considerable a nivel social, se llega a la conclusión que los resultados pueden no ser tan visibles en esta caleta.

Tomando en cuenta lo anterior, la primera opción a considerar será llevar a cabo el proyecto en la Caleta Cartagena, debido a que es la que presenta mayor puntaje ponderado entre las 14 caletas estudiadas. Como segunda opción de estudio, se considera a la Caleta Membrillo, mientras que la tercera y última opción de implementación será llevar a cabo el proyecto en la Caleta Algarrobo.

8 | Factibilidad de Instalación

La factibilidad para cada una de las 3 opciones seleccionadas queda determinada principalmente por el beneficio que se generaría en cada una de las municipalidades.

El beneficio principal sería la energía generada a partir de los residuos recolectados, que luego sería inyectada al SIC a un precio de venta. Estos ingresos entrarían directamente a la municipalidad, y se invertirían en desarrollo de la comunidad de la localidad, enfocándose en la comunidad pesquera. Los precios de mercado se obtuvieron a partir de reuniones con Gonzalo Rojas, Ingeniero civil Industrial de la USM, el cual se desempeña en el rubro de las plantas de biogás como fuente energética. Según la información brindada, el precio de venta de la energía es muy variable, pero se puede considerar un precio normal USD \$65 por MWH comercializado. Además, en estas reuniones se obtuvo información sobre como calcular el potencial energético de las caletas. Mediante las planillas y datos proporcionados por Gonzalo Rojas, se obtiene el ingreso por municipalidad, a partir de los residuos destinados a la producción de biogás, como también información sobre la inversión necesaria para la implementación de la planta.

Un segundo factor determinante en la elección de la caleta que implementará el proyecto es el costo total ahorrado. Estos costos pueden estar asociados a la recolección de los residuos, arriendo de centros de acopio, o costos relacionados con el procesamiento de estos mismos residuos.

Por otro lado, influirá en la selección de la implementación la existencia de un terreno apto para edificar la planta de biogás. Esto no solo considera un terreno con el área requerida para la degradación de los residuos producidos, sino también el hecho de que debe causar el menor impacto social posible.

Finalmente, si los beneficios generados presentan un ahorro o un ingreso en compara-

ción con el actual funcionamiento, se considerará la caleta que presente mayores ingresos económicos como la seleccionada para implementar el proyecto. Debido a que los beneficios sociales que presenta el proyecto se repetirán para las 3 caletas seleccionadas, no se considerará como un factor determinante en la selección. Estos beneficios si serán considerados en la evaluación económica de la implementación final, con las respectivas características de un proyecto social.

8.1. Caleta San Pedro de Cartagena

La caleta de Cartagena, presentada en la figura 8.1 es la primera opción para implementar el proyecto, principalmente debido al nulo financiamiento que ha recibido de parte de instituciones y agentes gubernamentales, como también por la cercanía con otras caletas, lo que podría aumentar el impacto del proyecto.



Figura 8.1: Imagen satelital de la ubicación de la caleta San Pedro de Cartagena.
(Fuente: Google Earth)

Una de las razones que hace a esta localidad atractiva, aparte el análisis de indicadores, es el hecho de que tiene factibilidad en cuanto al terreno para la implementación. Hasta el año 2015, el vertedero de Cartagena cumplía como centro de acopio principal para la

comuna de San Antonio y para algunas ciudades cercanas, el cual actualmente se encuentra sellado, pero ha sido uno de los principales focos de la región en cuanto a proyectos sanitarios ([Intendencia de la Región de Valparaíso, 2017](#))

Según el servicio de evaluación ambiental del gobierno de Chile ⁸ para la localidad de Cartagena existió un proyecto denominado “*centro de manejo ambiental Cartagena sustentable*” donde,

“El objetivo principal del proyecto, corresponde a entregar una solución a largo plazo al problema serio que existe actualmente en la Provincia de San Antonio, asociado con la inexistencia de una instalación destinada a la disposición final de residuos sólidos domiciliarios y asimilables, en conformidad con estándares que son exigidos en la legislación ambiental y sanitaria vigente, los cuales han sido integrados a esta solución.” ([Vega, 2014](#))

Actualmente el proyecto se encuentra rechazado, y no existe un detalle de las razones de porque no se llevó a cabo, aunque se puede suponer que uno de los factores determinantes fue la inversión necesaria de 4.000 millones de dólares. ([Vega, 2014](#))

Para efectos de la implementación de este proyecto, los antecedentes de iniciativas sanitarias sirven para determinar el lugar en cual se instalará la planta de biogás. En este caso, se propone como lugar de implementación la misma localidad propuesta para el proyecto descrito anteriormente, visible en la figura 8.2, la cual queda a 1,6 km de la localidad Lo Zarate, y entre 12 y 15 km de Cartagena, dependiendo de la ruta, como indica la figura 8.3.

⁸<http://www.sea.gob.cl/>

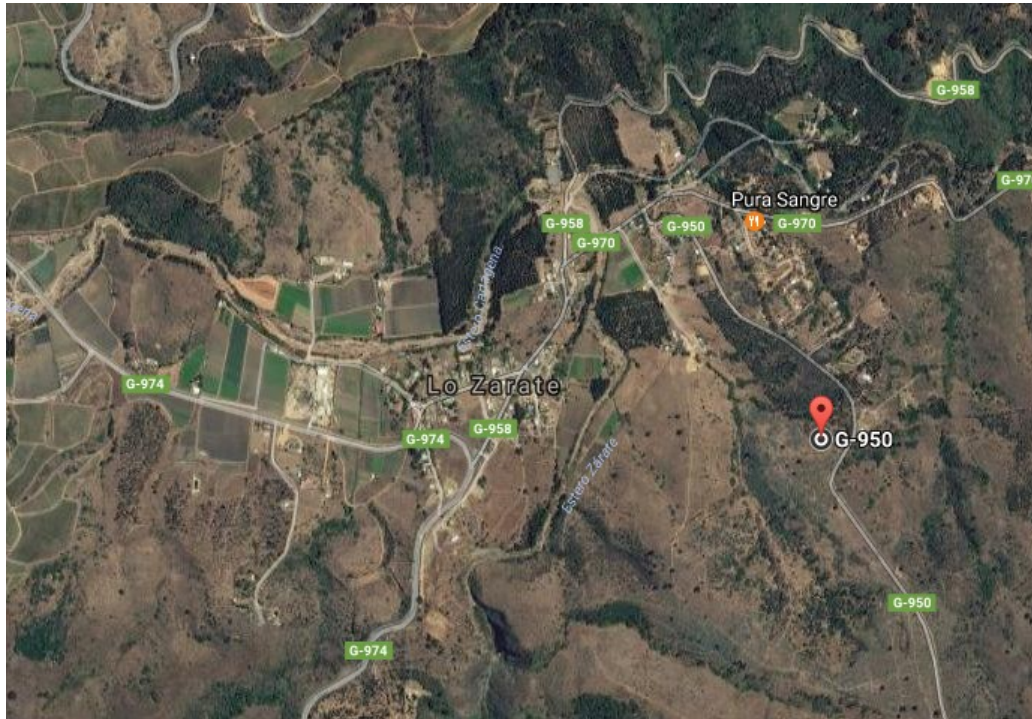


Figura 8.2: Imagen satelital de la ubicación del terreno a implementar el proyecto en la comuna de Cartagena.

(Fuente: Google Maps)

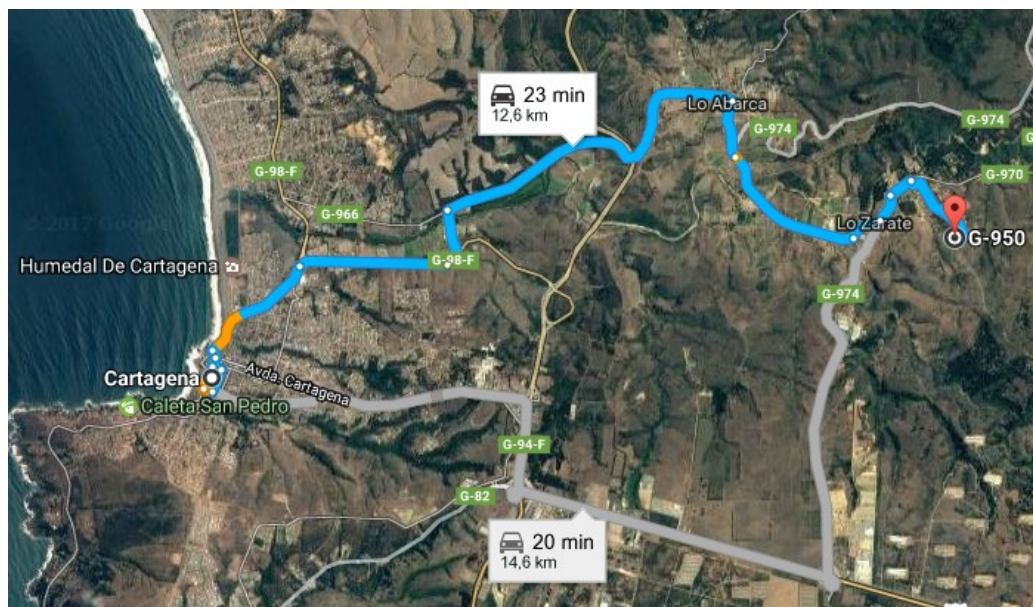


Figura 8.3: Imagen satelital de la ruta utilizada para el transporte de residuos.

(Fuente: Google Maps)

Gracias a la ley de transparencia, que rige a todas las instituciones y ramas del gobierno, se pudo obtener información a través de la municipalidad sobre costos asociados a los procesos de limpieza y ornamento dentro de la ciudad de Cartagena. Según el presupuesto para el año 2017, recibido y firmado el 29 de noviembre de 2016, existen dos transacciones principales que se relacionan directamente con las operaciones de aseo y ornato de la ciudad.

- Derecho de Aseo: la municipalidad de Cartagena recibe un ingreso por derechos de aseo de \$149.000.000, lo cual constituye el presupuesto anual de la municipalidad para este ítem (Guzmán y García, 2017). Dado que no existe un desglose mayor sobre los elementos que componen este presupuesto, se asume que los recursos se destinan entre otras cosas a los gastos de recolección, como también a la disposición final de los residuos. La municipalidad de Cartagena realiza el proceso de recolección, transporte y disposición final en un recinto privado perteneciente a la empresa Stericycle. (Guzmán, 2017)
- Servicios de aseo: según el documento de la municipalidad, para el año 2017 existirá un gasto de \$201.860.000 en servicios de aseo para la ciudad de Cartagena. Según el punto anterior, se puede ver que existirá una diferencia negativa en cuanto a los montos asignados para el aseo y ornato de la ciudad de \$52.860.000, por lo que la municipalidad deberá recurrir a un reajuste de los presupuestos, o cubrir esa diferencia con algún excedente de otra cuenta. (Guzmán y García, 2017)

A partir del análisis individual de las caletas y de los análisis técnicos en los que se utilizaron las herramientas proporcionadas por Gonzalo Rojas, se obtuvo un resumen de las características y beneficios de la potencial planta de biogás. Con los residuos anuales producidos, que llegan a un total de 1.045, se produciría un total de 339 metros cúbicos de metano diario. Para la producción de este volumen de metano, es necesario operar una planta de 335 metros cúbicos, en donde se considera el volumen del digestor de los residuos y del digestato. En cuanto al potencial energético que presenta Cartagena a partir de la producción de residuos mencionada, donde además se considera solo producción de energía eléctrica, se obtiene que la potencia total instalada es de 64 kW. Con esto, se generarían un

total de 474.863 KWh por año de funcionamiento, con una eficiencia eléctrica cercana al 40 %.

El principal beneficio económico que recibiría la municipalidad viene dado por la venta de la energía generada a partir de los residuos recolectados. Tomando en cuenta el precio de venta acordado con Gonzalo Rojas, se obtiene que a partir de los kWh generados anualmente, se obtendría un beneficio de \$20.800.353. Existe también un ahorro en los costos actuales de disposición y manejo de residuos, ya que disminuiría el total de residuos que son entregados a la empresa Stericycle. Lamentablemente esta información no fue entregada por la municipalidad, debido al contrato con la empresa Stericycle, por lo que el ahorro no se consideró en el análisis.

Por otro lado, la municipalidad obtendría un beneficio no monetario correspondiente a la mejora de la imagen de la ciudad, debido a la implementación de un proyecto ambiental, tomando en cuenta que Cartagena fue el principal vertedero de la región hasta el año 2013.

Los costos a los cuales debería incurrir la municipalidad de Cartagena, sin contar la inversión inicial para la implementación de la planta, son los costos operacionales. En este caso, el cargo principal sería el traslado de los residuos pesqueros a la planta de biogás. Con un promedio de 2,86 toneladas diarias de residuos, y asumiendo que la recolección de basura se realiza diariamente, debido a la contaminación que producirían los residuos al estar más tiempo en la caleta, la recolección la puede realizar un camión de basura municipal. Según los precios sociales vigentes desde el 2014, publicados por el ministerio de desarrollo social ([de Inversiones, 2014](#)), sería necesario incurrir en los siguientes costos:

- Valor social del tiempo viajes interurbanos: camión \$5.565/hora/vehículo
- Combustible: Petróleo Diesel \$503/litro⁹
- Lubricante por tipo de vehículo: camión dos ejes \$1.977/litro
- Mano de obra mantenimiento vehículos: \$3.622/hora
- Neumáticos por tipo de vehículo: camión dos ejes \$99.632/unidad
- Valor vehículo nuevo: camión 2 ejes \$18.488.791/unidad

⁹Rendimiento del camión, goo.gl/CfLz79

Para los costos operacionales se asume que el camión comienza y termina el recorrido desde el centro de acopio seleccionado, tomando la ruta descrita anteriormente. En este caso, asumiendo el uso de un camión con un promedio de 2,86 toneladas diarias, los costos llegarían a \$3.924.331 anuales. El costo de adquirir el camión se considera dentro de la inversión del proyecto, y no como parte de los costos operacionales. Considerando esto, la inversión necesaria para llevar a cabo el proyecto asciende a \$182.378.839.

Considerando los valores expresados anteriormente, si se llegara a implementar el proyecto dentro de la localidad de Cartagena, la municipalidad tendría un beneficio anual de \$16.876.022, con lo cual el objetivo principal sería utilizar esos recursos para mejorar la calidad de vida de la comunidad pesquera.

8.2. Caleta Membrillo

La caleta Membrillo, ubicada en la comuna de Valparaíso como muestra la imagen 8.4, se caracteriza por ser la segunda caleta con mayor producción dentro de la comuna, y la quinta con mayor producción dentro de toda la región.

Un punto a favor que tiene esta caleta es la disposición de un terreno el cual está actualmente en funcionamiento. En la figura 8.5 se muestra el relleno sanitario “El Molle”, que actualmente proporciona servicios de disposición de residuos a gran parte de la región de Valparaíso. Para efectos de este proyecto, se tendría que llegar a un acuerdo con la administración del relleno para poder utilizar un terreno aledaño a lo que actualmente se utiliza para recolectar los desechos, y así edificar la planta de biogás. Incluso se podría llegar a un acuerdo con las municipalidades que utilizan este terreno para incluirlas dentro del proyecto y así tener más sustrato para generar energía.

Al igual que en el caso de la caleta San Pedro de Cartagena, se utilizó como recurso la Ley de Transparencia para obtener información relevante sobre el funcionamiento de la municipalidad de Valparaíso en cuanto a la disposición y recolección de residuos. En este caso, la información obtenida no fue la esperada, ya que la municipalidad no entregó un detalle de gastos sanitarios. Debido a esto, no es posible realizar un análisis detallado sobre las cuentas actuales de la municipalidad. En cuanto a la información de arriendo por



Figura 8.4: Ubicación de la caleta Membrillo.
(Fuente: Google Maps)

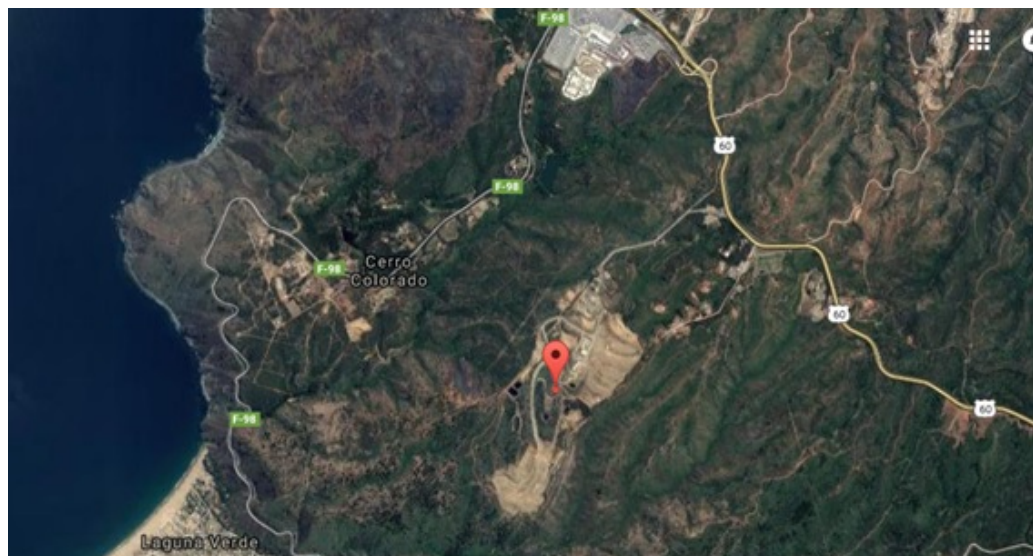


Figura 8.5: Ubicación del terreno correspondiente al primer terreno factible.
(Fuente: Google Maps)

disposición de residuos, se utilizó la información proporcionada por la municipalidad de Algarrobo, donde se obtienen los costos por disposición de toneladas en el relleno sanitario El Molle. Ya que la municipalidad de Valparaíso utiliza este relleno para los residuos de la municipalidad, se asumen que los costos son los mismos que los de la municipalidad de Algarrobo, obteniendo así un valor para el ahorro de la municipalidad.

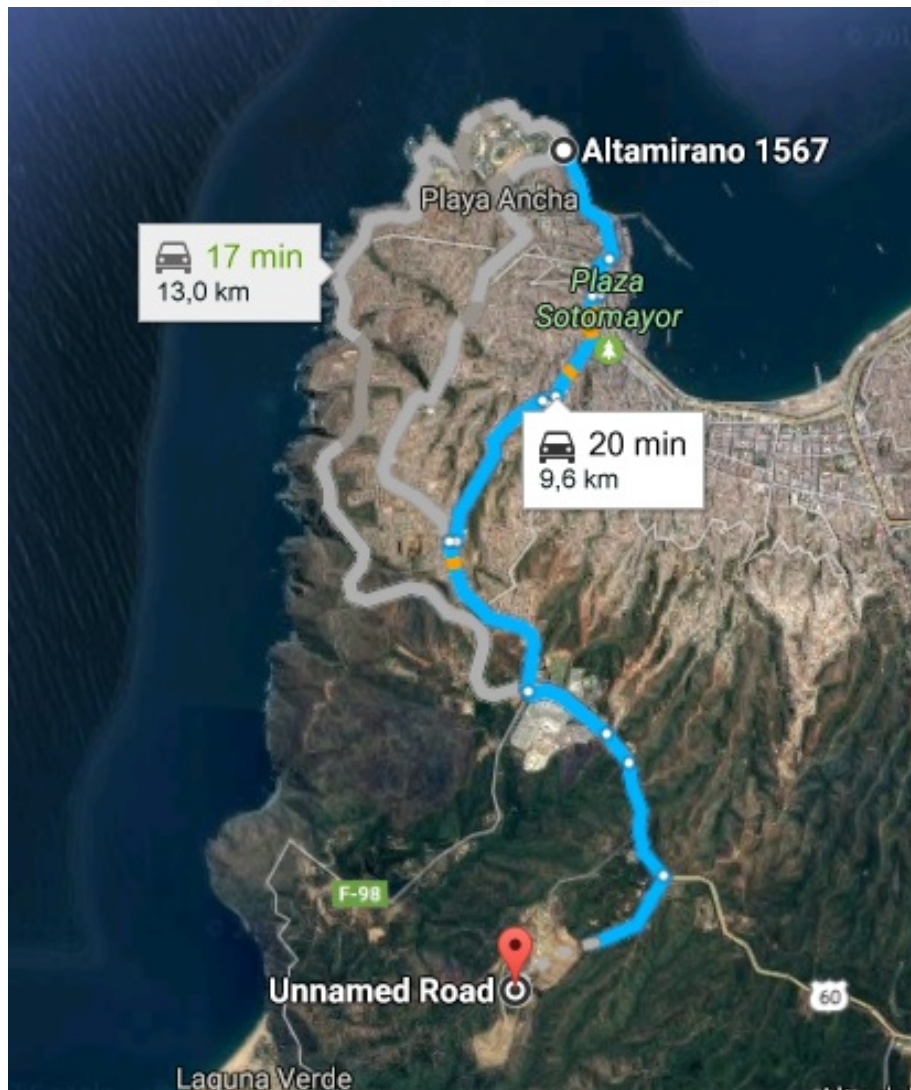


Figura 8.6: Ruta para disposición de residuos de la Caleta Membrillo.
(Fuente: Google Maps)

Como se mencionó anteriormente, la caleta produce anualmente un total de 2.059 toneladas de residuos de su actividad pesquera. Esto se traduce en un total de 685 metros cúbicos de metano generados diariamente, en una planta de biogás que necesita un tamaño de 440 metros cúbicos. A partir de este metano, es posible llegar a un total de 957.405 KWh de energía eléctrica anual, con una potencia total instalada de 130 KW. Dado que la inversión en infraestructura de la planta está ligada directamente con la potencia instalada, se puede concluir que el capital requerido como inversión será de USD \$494.000.

Los ingresos directos se obtienen de la venta de la energía generada al sistema eléctrico de la región. Como se mencionó anteriormente, se obtiene un total de 957.405 KWh de energía eléctrica anualmente, los cuales a precio de mercado significan ingresos por \$41.937.068¹⁰ anuales.

Los costos operacionales vienen dados principalmente por la recolección y traslado de los residuos pesqueros a la planta de biogás. Al igual que en el caso de la caleta Cartagena, se utilizan los precios sociales vigentes para calcular los costos de recolección y movilización. Se calculan los costos a partir de la ruta más corta al centro de acopio, presentada en la figura 8.6, con el camión comenzando y terminando su recorrido en este. Con estas condiciones, y con un promedio 5,6 toneladas diarias, los costos llegarían a \$3.246.660. Considerando la inversión en infraestructura y adquisición de activos, el capital necesario para la puesta en marcha sería de \$351.390.451.

La municipalidad de Valparaíso recibiría un beneficio en cuanto a la venta de energía de \$38.590.408, considerando los costos operacionales del proyecto. Por otro lado, existe un ahorro en las toneladas de residuos dispuestos en el vertedero “El Molle”, lo que significa un total de \$18.706.311¹¹ anuales. Finalmente, en caso de implementar el proyecto, se generaría un beneficio anual de \$57.296.719 para la municipalidad de Valparaíso, donde la mayor parte estaría destinada al desarrollo social de la comunidad pesquera.

Por otro lado, existen beneficios no monetarios relacionados principalmente con el apoyo a la comunidad pesquera que brindara la municipalidad al utilizar una parte de los ingresos y beneficios del proyecto en su desarrollo social, como también una mejora en la

¹⁰Precio dólar 673,89 08-05-2017, <http://www.sii.cl/pagina/valores/dolar/dolar2017.htm>

¹¹valor UF \$26.487,30 09/04/2017, <http://www.sii.cl/pagina/valores/uf/uf2017.htm>

imagen municipal debido a la implementación de proyectos ambientales.

8.3. Caleta Algarrobo

En la ciudad de algarrobo, ubicada en la zona centro de la región de Valparaíso como muestra la figura 8.7, se ha identificado una problemática adicional relacionada a la disposición de residuos marinos por parte de la municipalidad. Tal como indica su “Plan de Desarrollo Comunal 2013 – 2016” (Profesionales, 2014), actualmente existe una plaga de algas a lo largo de las playas del sector, las cuales no tienen tratamiento alguno. Esto no solo significa un costo de aseo y ornato para la municipalidad, sino que afecta la estética de las playas, y por ende el turismo de la ciudad.



Figura 8.7: Imagen satelital de la ubicación de la caleta Algarrobo.
(Fuente: Google Earth)

Mediante la ley de transparencia, que rige por sobre el gobierno y cualquier entidad estatal, se pudo obtener información específica sobre los costos y metodologías de sanidad empleadas por la municipalidad de Algarrobo.

Según el memorándum emitido por el departamento de aseo y ornato de la ilustre municipalidad de algarrobo el año 2017, se destinan fondos para la recolección de materiales orgánicos y para residuos domiciliarios.

- Residuos orgánicos: actualmente existe un lugar de acopio para ramas, algas, y vegetales ubicado en Camino vecinal N°7, El Tabo. Este espacio tiene un costo de arriendo mensual de \$987.397. A pesar de existir un centro de recopilación de materiales, no hay un tratamiento actual para disminuir la cantidad de residuos vegetales o eliminarlos completamente. Anualmente se envía a este lugar un total de 20.160 m³ de residuos, principalmente ramas y algas. (Pizarro, 2017)
- Residuos domiciliarios: dado que no existe un vertedero dentro de la propiedad municipal de Algarrobo, es necesario recurrir a arriendos en otras comunas para disponer de los residuos de la comunidad. Actualmente, los residuos domiciliarios son trasladados al vertedero “El Molle”, ubicado a unos 12 km de la ciudad de Valparaíso. Esta instalación, junto a “Relleno Sanitario La Hormiga” ubicada en San Felipe, y el “Relleno Sanitario San Pedro” de Quillota (en construcción), abarcan casi un 90 % de los residuos generados de la región. (MMA, 2016)

La municipalidad de Algarrobo debe pagar 52 U.F. mensuales por arriendo de un espacio en el vertedero, y pagar una prima por disposición final de 0,343 U.F. por tonelada de residuo. (Pizarro, 2017)

La municipalidad de Algarrobo en su declaración de ingresos y costos para el año 2017, firmada el día 13 de diciembre del 2016 acredita que

- Existirá un ingreso anual de \$1.016.000.000 por derechos de aseo considerando los impuestos territoriales, las patentes municipales y los cobros directos. (Finanzas, 2017)
- Anualmente se recurrirán en gastos en servicios generales por parte de la municipalidad por un total de \$1.092.847.000, donde \$1.066.187.000 corresponden a servicios de aseo y ornato. (Finanzas, 2017)

Con estos datos podemos observar que la municipalidad está en un déficit de \$50.187.000 que la municipalidad debe cubrir con otros ingresos de cuentas diferentes.

Como se vió anteriormente, la caleta de algarrobo genera un total de 1.029 toneladas de residuos anuales. Por otro lado, se usarían los residuos orgánicos acopiados en el tabo para

reducir la salinidad del sustraído. Por temas de factibilidad, analizados junto a Gonzalo Rojas, las ramas no se pueden utilizar como sustrato debido a que contienen lignina, compuesto que no es degradado por las bacterias metanogénicas. Debido a esto, las ramas del centro de acopio no se pueden considerar como insumo directo para la planta de biogás, por lo tanto, solo la porción de residuos vegetales y algas se puede considerar como sustrato. No existe información específica sobre cuánto es la porción de residuos vegetales y algas que se maneja en el centro de acopio, por lo que se asume una distribución uniforme entre los residuos utilizables y las ramas. El total de residuos anuales llegaría a 11.109, y para esa cantidad de residuos anuales se necesita una planta de 4.043 metros cúbicos, en la cual se generarían un total de 3.342 metros cúbicos de metano diariamente. Con una planta de estas características, y con las toneladas de sustrato disponibles descritas, es posible generar un total de 4.673.393 KWh de energía eléctrica anualmente. Esto se traduce en una potencia total instalada de 634 kW.

Dentro de la ciudad de Algarrobo no existe un sitio apto para mantener una planta de biogás, debido a la cercanía que tendría esta con la comunidad. Una solución sería instalar la planta en una localidad regional, cercana a Guallelemu, indicada en la figura 8.8, la cual es accesible desde Algarrobo por la vía Los Pinares de Algarrobo, y queda a 6,2 km desde la caleta de pescadores de Algarrobo, tal como se muestra en la figura 8.9. Para hacer efectivo este plan de disposición de residuos, tendría que haber un acuerdo con las autoridades regionales para hacer uso de ese terreno, y para poder edificar la planta de biogás.

Para llevar a cabo el proyecto, se debe considerar la inversión inicial, la cual está ligada directamente a la potencia instalada que tendrá la planta de biogás. En este caso, según los cálculos realizados con Gonzalo Rojas, la potencia instalada a la cual llegaría la planta de Algarrobo sería de 635 kW, y dado que se estima una inversión de USD \$3.800.000 por MW de potencia instalada, la inversión inicial en infraestructura llegaría a USD\$ 2.409.200.

Los ingresos directos del proyecto son la venta de la energía generada dentro de la planta de biogás. Como se mencionó anteriormente, con la totalidad de sustrato que se obtiene dentro de la comuna de Algarrobo, se llega a un total de 4.673.393 KWh de energía eléctrica, los cuales a precio de mercado significan ingresos por \$204.707.933 anuales.

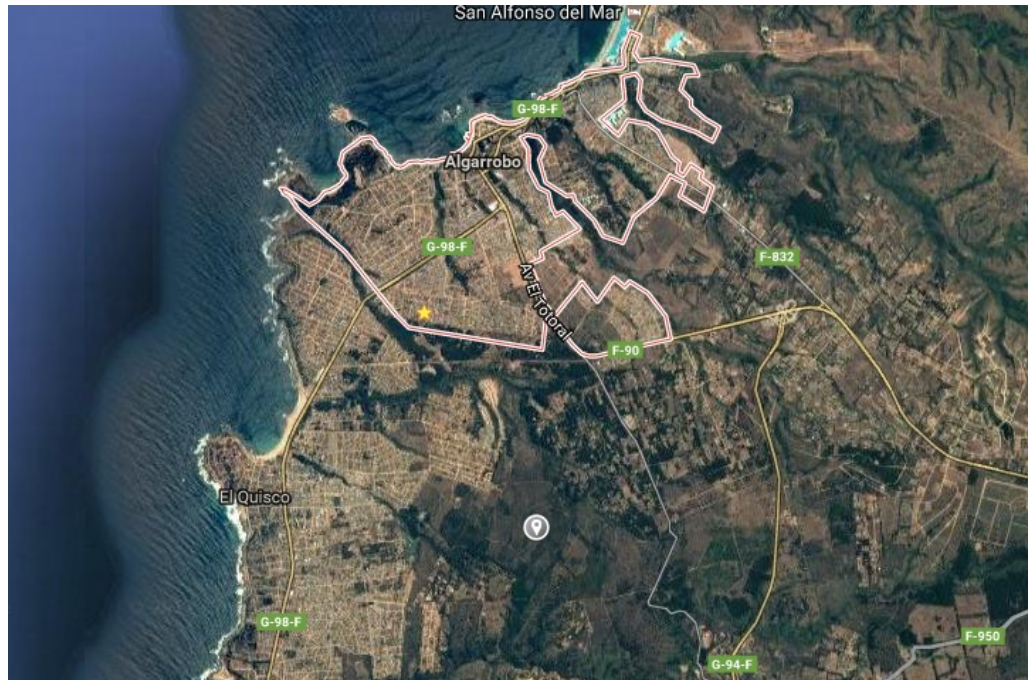


Figura 8.8: Terreno en el cual se implementaría la planta de biogás en Algarrobo.
(Fuente: Google Maps)

Los costos operacionales serían los asociados a la recolección de residuos pesqueros y residuos vegetales, ramas y algas (las cuales ya se pagan hoy en día), y los costos de movilización de estos residuos a la planta de biogás. Al igual que en los casos anteriores, se utilizan los precios sociales vigentes para calcular los costos de recolección y movilización. En este caso, se calculan los costos asociados a partir de la ruta más corta al centro de acopio, asumiendo que el camión comienza y termina su viaje en este establecimiento. Con estas condiciones, además de tener un promedio de 30 toneladas de residuos diarios a retirar y que por regulación un camión de basura no puede llevar más de 18 toneladas¹², los costos llegarían a \$3.928.600 anuales. Por otro lado se considera una inversión en activos de \$36.977.582.

El principal beneficio que obtiene la municipalidad de Algarrobo viene dado por la operación de la planta. Pero, además, existe un ahorro del arriendo por el terreno para residuos vegetales, el cual tiene un costo por tonelada, y siendo que se utilizaría la mitad de los residuos anuales como sustrato, el ahorro llegaría a \$5.924.382 anual. Además, la

¹²este número se obtuvo a través de una llamada telefónica a Starco - demarco, empresa de recolección y disposición de residuos



Figura 8.9: Ruta entre la caleta y el terreno designado para el proyecto en la comuna de Algarrobo. (Fuente: Google Maps)

municipalidad reduciría sus costos de disposición de residuos en el vertedero “El Molle”, por lo que ahorraría anualmente \$9.348.613¹³, llegando a un total anual de \$15.272.995. Por otro lado, existen beneficios no monetarios, los cuales incluyen un aumento en el turismo debido a la eliminación de plaga de algas en las playas, mejorar la percepción social frente a la municipalidad debido a la generación de energía limpia en conjunto con la comunidad pesquera, como también implementar un método de sustentabilidad tanto para la comunidad como para la municipalidad, el cual puede ser implementado junto a otro tipo de residuos de la ciudad.

¹³valor UF \$26.487,3 09/04/2017, <http://www.sii.cl/pagina/valores/uf/uf2017.htm>

8.4. Comparación Final

Tabla 8.1: Comparación financiera entre las tres opciones de localización.

Resumen Factibilidad Financiera					
Caleta	Costos	Ingresos	Ahorros	Beneficio	Inversión
Cartagena	\$ 3.924.331	\$ 20.800.353	\$ -	\$ 16.378.839	\$ 182.378.839
Membrillo	\$ 3.346.660	\$ 41.937.068	\$ 18.706.311	\$ 57.296.719	\$ 351.390.451
Algarrobo	\$ 3.928.600	\$204.707.933	\$15.272.995	\$216.052.327	\$1.660.513.370

(Fuente: Elaboración Propia)

Utilizando la tabla 8.1, se puede realizar un análisis sobre cada una de las caletas consideradas dentro del estudio de factibilidad.

La municipalidad de Cartagena es la que presenta el menor beneficio de los casos estudiados, pero también la que presenta la inversión más baja. Esto se debe principalmente al bajo nivel de residuos que se generan a partir de la actividad pesquera, y a que no existe otra fuente de material orgánico para utilizar como sustrato, y por lo mismo, la planta requerida es de baja capacidad, haciendo que la inversión sea menor. El beneficio teórico que recibiría cada trabajador de la calta por el funcionamiento del proyecto sería de \$124.088. Por otro lado, la inversión corresponde casi a 11 veces el beneficio anual que recibiría la municipalidad. Para hacer más atractiva y factible la implementación en la comuna de Cartagena se debería incluir en el proyecto a caletas cercanas, aprovechando así las economías de escala. En este caso, Cartagena podría incluir dentro del proyecto a Caleta Las Cruces, Caleta Puertecito y a Caleta Rio Maipo, elevando considerablemente su producción de residuos. La dificultad de esta medida sería la repartición de los ingresos, ya que las caletas no pertenecen a la misma municipalidad, por lo que los proyectos de desarrollo social serían manejados por distintas entidades. La caleta Cartagena es la que presenta menor inversión para la implementación del proyecto, debido a que es la que cuenta con la potencia instalada más baja.

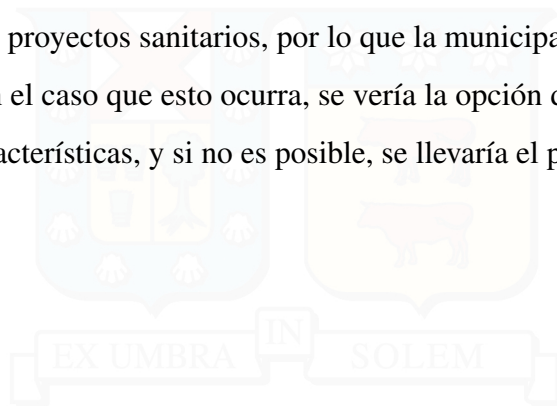
En cuanto a la Caleta Membrillo, se puede apreciar que es la que presenta el menor costo de operación de las 3 opciones, principalmente por la cercanía que presenta el lugar seleccionado para la implementación con la misma caleta. Considerando los ingresos de

la actividad y los costos operacionales, el beneficio anual que presentaría el proyecto es de \$57.296.719. De manera simple, y considerando o el número total de trabajadores de la caleta, este beneficio en teoría significaría \$207.597 por pescador. Por otro lado, la inversión necesaria para llevar a cabo el proyecto en la municipalidad de Valparaíso es de \$351.390.451, lo cual corresponde a cerca de 6 veces el beneficio anual que se generaría por el proyecto.

Finalmente, la caleta de Algarrobo escapa un poco de los casos vistos previamente, debido a que presenta una fuente adicional de residuos orgánicos que pueden ser utilizados en el proyecto. Las algas y vegetales se transforman en el principal sustrato de la planta de biogás, y permiten no solo generar más energía para la comunidad, sino que además se elimina de inmediato el problema con la plaga de algas que presenta la comuna. La caleta presenta los costos de operación más altos, debido a que debe operar y adquirir dos camiones para poder manejar las 30 toneladas de residuos que se llevarán diariamente a la planta de biogás. Por otro lado, presenta casi 5 veces más ingresos que la Caleta El Membrillo, llegando a un total de \$204.707.933. El beneficio neto, considerando los costos, ingresos y el ahorro percibido por el proyecto, llega a un total de \$216.052.327, con una inversión en infraestructura de \$1.663.074.152. Utilizando los mismos indicadores simplificados vistos anteriormente, se puede decir que el beneficio per cápita teórico de los pescadores llegaría a un total de \$1.565.597. Por otro lado, la inversión necesaria por parte de la municipalidad o por financiamiento de privados, corresponde aproximadamente a 7 veces el beneficio percibido.

A partir del análisis de beneficios económicos presentados, se llega a la conclusión que la Caleta Algarrobo sería la opción más factible para implementar la planta de biogás. Se llegó a esta conclusión principalmente por el hecho de que actualmente, la municipalidad tiene dos planes de recolección y disposición de residuos (orgánicos y domiciliarios), lo cual hace que los costos se eleven por sobre el resto de las opciones. Con la implementación del proyecto, el proceso de recolección y disposición de materiales orgánicos se reduce a la mitad, ya que estos materiales se usarán directamente como sustrato para la generación de biogás. Esto además es una solución concreta al problema que tiene la municipalidad, correspondiente a la plaga de algas en las playas de la localidad. Por otro lado, en el caso de

que los ingresos obtenidos no se ocupen en su totalidad para el desarrollo de la comunidad pesquera, se transformarían en una fuente de beneficio para disminuir el déficit que se presenta en las cuentas municipales, correspondientes al aseo y ornato. El punto en contra de la instalación de la planta en la comuna de Algarrobo, es que el terreno seleccionado no está pre aprobado para proyectos sanitarios, por lo que la municipalidad podría no aceptar la implementación. En el caso que esto ocurra, se vería la opción de implementarlo en un sector de similares características, y si no es posible, se llevaría el proyecto a la comuna de Valparaíso.



9 | Evaluación Técnico Económica

Seleccionada la caleta Algarrobo para la implementación de la planta de biogás, es necesario identificar todos los beneficios que se pueden obtener con el proyecto, e ingresarlos dentro del análisis económico del proyecto. De esta manera, se podrán calcular los resultados teóricos del proyecto, mediante indicadores económicos, que permitirán analizar de manera numérica la factibilidad de instalación de la planta de biogás. En la sección anterior se mencionaron algunos costos y beneficios de implementación, correspondientes a la comparación con el resto de las opciones en donde instalar, y asociados específicamente con la municipalidad de la localidad. Ahora se especificará con mayor profundidad esos costos, ingresos y beneficios, y se realizarán las sensibilizaciones y proyecciones necesarias para determinar la factibilidad económica del proyecto. El principal actor dentro de la evaluación económica es la municipalidad de Algarrobo, quien estará a cargo de la implementación del proyecto, operación de la planta, y distribución de los beneficios.

9.1. Identificación de Beneficios

Se considerarán como beneficios económicos los ahorros generados por la implementación del proyecto en comparación a las actividades desarrolladas hoy en día, más los ingresos por la venta de energía.

Los beneficios monetarios están asociados principalmente a los ahorros que presentara la municipalidad si decide implementar el proyecto. En primer lugar, existe un ahorro en cuanto al manejo y disposición de las 1.029 toneladas de residuos pesqueros que maneja la municipalidad anualmente. El relleno sanitario “El Molle” tiene un costo de 0.343 UF por tonelada dispuesta más un costo de arriendo, el cual se seguirá utilizando principalmente

para residuos domiciliarios y de la comuna. Entonces el ahorro en cuanto a la disposición de residuos llegaría a un total de \$9.348.613¹⁴ anuales. Por otro lado, la municipalidad actualmente tiene un centro de acopio destinado principalmente a los residuos vegetales que se recojan dentro de la comunidad, donde se destacan algas (que son consideradas plaga en las playas de algarrobo), ramas y vegetales. Una fracción del contenido de este centro de acopio puede ser utilizado como sustrato en l planta de biogás, reduciendo así el nivel de residuos que se deben disponer. No se maneja un porcentaje exacto de residuos factibles que se presentan en el centro de acopio, por lo que se asume un 50 % del peso total corresponde a las algas y vegetales que se disponen en este centro. Debido a esto, existe un ahorro de \$5.924.382 anual. Considerando estos datos, se llega a que el ahorro total es de \$15.272.995.

En cuanto a los ingresos por la venta de energía, la municipalidad Algarrobo es capaz de generar un total de 4.673.393 KWh anuales, a partir de la combustión diaria de 3.342 metros cúbicos de metano. Tomando un precio de mercado de 65 USD/MWh, se llega a que los ingresos por venta de energía son \$204.707.933 anuales. Estos ingresos no sean considerando la venta de los subproductos generados en el proceso de digestión anaeróbica debido a la dificultad para valorizar este producto.

Considerando el ahorro y el ingreso percibido, la municipalidad de Algarrobo anualmente llega a un ingreso monetario de \$216.052.327.

Además, existe un beneficio no monetario, que corresponde principalmente al uso de los residuos de algas como sustrato en la generación de energía. Las playas de Algarrobo actualmente se encuentran con una plaga de este material orgánico, y la municipalidad no considera ninguna otra medida a parte de la recolección y disposición de este residuo en un terreno ubicado en El Tabo. Al implementa el proyecto, estos residuos se transforman en energía utilizable, eliminando la necesidad de depender de un centro de acopio para mantener las playas aptas para la comunidad.

¹⁴precio de la UF \$26.487,3 09/04/2017

9.2. Identificación de Costos

Los costos asociados al proyecto son principalmente la inversión necesaria para llevar a cabo la implementación, como también los costos operacionales que tendría la planta de biogás durante su vida útil.

9.2.1. Inversión

Sobre la inversión necesaria para poder realizar el proyecto, se considera la adquisición de activos y la inversión en terreno e infraestructura. Respecto a la compra de activos, se mencionó anteriormente que para llevar a cabo el proyecto es necesario mantener un plan de recolección diario de residuos, que considera la recogida de material residual tanto a la caleta como al borde costero (algas y residuos vegetales), siendo el punto inicial y final el terreno asignado para edificar la planta. Debido a que diariamente se manejara un peso cercano a las 30 toneladas de residuos, y considerando que la capacidad máxima de peso que normalmente tienen los camiones de basura son 18 toneladas ¹⁵, es necesario adquirir dos camiones para poder llevar a cabo la recolección. Según los precios sociales publicados en el 2014, el costo unitario por camión sería de \$18.488.791 [de Inversiones \(2014\)](#), por lo que la inversión total en activos llegaría a \$36.977.582.

Por otro lado, la inversión en infraestructura se relaciona directamente con la cantidad de residuos que se dispongan en la planta para la generación de energía. En este caso, se llega a una potencia instalada de 635 KW, y considerando una inversión de 3,8 MMUSD por MW de potencia instalada, se llega a una inversión total de 2,413 MMUSD o lo que equivale a \$1.623.535.788. La inversión total la podemos desglosar en los siguientes ítems¹⁶,

- **Motores de combustión:** representan un 16 % de la inversión, correspondiente a \$259.765.726.
- **Digestores:** Planta de tratamiento y acondicionamiento): representa un 36 % de la

¹⁵este número se obtuvo a través de una llamada telefónica a Starco - demarco, empresa de recolección y disposición de residuos

¹⁶los porcentajes mencionados se obtienen comparando inversiones de proyectos de biogás, junto a Gonzalo Rojas

inversión total, llegando en este caso a \$584.472.884.

- **Maquinaria general (Planta de tratamiento y acondicionamiento):** corresponde a un 12 % de la inversión total, lo que significa un total de \$194.824.295.
- **Obras civiles, Montaje, Piping e Ingeniería:** representan cerca de un 18 % de la inversión total, llegando a \$292.236.442.
- **Sistema de filtración:** es equivalente a un 8 % de la inversión total, lo que corresponde a \$129.882.863.
- **Proyecto Eléctrico SIC:** debido a que se necesita una conexión entre la planta de biogás con el sistema interconectado, se debe invertir en infraestructura y redes eléctricas. Esto representa un 10 % de la inversión total, llegando a \$162.353.578.

Además, se considera además un 1 % de la inversión en infraestructura como gastos para imprevistos, y un capital de trabajo, que para efectos de este proyecto se consideran un monto igual a los costos operacionales de 5 meses de trabajo.

Dado que la inversión en infraestructura es significativa, se considera que el proyecto tendrá financiamiento externo, ya sea de fondos estatales o privados. En este caso, se considera que un 50 % de la inversión en infraestructura será financiada por estos medios.

9.2.2. Costos Variables

En el caso de los costos operacionales, se pueden dividir en los costos asociados a la recolección de materia prima para la planta, y en los costos incurridos en el funcionamiento y mantención de la misma planta.

En el caso de los costos de recolección, como se mencionaron en el capítulo pasado, se utilizaron los precios sociales publicados el año 2014 para obtener los costos asociados con la recolección de los residuos. Se considera la ruta más corta entre los puntos de recolección y la planta de biogás para los cálculos de gastos. En este caso se consideran

- Valor social del tiempo viajes interurbanos: camión \$5.565/hora/vehículo

- Combustible: Petróleo Diesel \$503/litro¹⁷
- Lubricante por tipo de vehículo: camión dos ejes \$1.977/litro
- Mano de obra mantenimiento vehículos: \$3.622/hora
- Neumáticos por tipo de vehículo: camión dos ejes \$99.632/unidad

Considerando los 6,2 kilómetros que separan los dos puntos mencionados, y que toma aproximadamente 15 minutos en recorrer esa distancia, se llega a que el total de los costos \$3.928.600.

9.2.3. Costos Fijos

Sobre los costos operativos de funcionamiento y manejo de la planta, se consideran principalmente los sueldos de los operarios que se requieren para una planta de la potencia ya mencionada, que se presentan en la tabla 9.1, como también los costos de mantención asociados. La operación dentro de una planta de biogás es relativamente sencilla, ya que la principal labor la realiza un operario que está a cargo del suministro de sustratos. Debido a la envergadura de la planta, y dada la cantidad de sustrato que se transformara en energía, se necesitan,

- Un Jefe de Planta
- Tres Operarios

Por otro lado, existen los costos de mantención, los cuales consideran la mantención de los motores y el mantenimiento general de la planta. Según conversaciones con Gonzalo Rojas, en la mayoría de las plantas se incurre en un gasto de 20 USD/Mwh anuales, es decir, depende directamente del nivel de producción que tenga la planta. En este caso, los costos de mantención llegarían a un total de USD\$ 93467,86 o lo que equivale a \$62.987.056 anuales. Por otro lado, se debe considerar la remuneración del equipo de mantención, el cual considera a,

- Un Mecánico

Tabla 9.1: Costos fijos relacionados con los sueldos de operarios en la planta de biogás

Cargo	N° de personas	Sueldo unitario	Sueldo total
Jefe de Planta	1	\$ 750.000	\$ 750.000
Operarios	3	\$ 300.000	\$ 900.000
Mecánico	1	\$ 650.000	\$ 650.000
Total Mensual			\$ 2.300.000
Total Anual			\$ 27.600.000

(Fuente: Elaboración Propia)

Considerando el sueldo de los operarios de la planta de biogás, junto con los costos de mantención y los gastos de transporte, se llega a un gasto operacional anual de \$94.515.656.

9.3. Depreciación de activos

Para efectos del flujo de caja, es necesario calcular la depreciación de algunos activos clave dentro del proyecto, para lo cual se utiliza el método de depreciación acelerada. La vida útil de los activos depreciables se obtuvo de la tabla de valores de bienes, publicada por el SII (SII, 2017). En primer lugar, está la depreciación de los motores, que tienen una vida útil de 3 años. Para el resto de la maquinaria general, se utiliza una vida útil de 6 años con depreciación acelerada. Para las obras civiles, se estima una vida útil de 16 años, en condiciones de depreciación acelerada. Finalmente, los activos adquiridos dentro de la inversión, que serían los camiones de recolección, tienen una vida útil de 2 años. Se que todos los activos adquiridos, ya sean motores, maquinaria, o trabajos en obras civiles, tendrán un valor residual de 0 %. Los resultados de la depreciación acelerada se muestran en la tabla 9.2.

9.4. Proyecciones

Para calcular de manera más real el flujo de ingresos respecto a la actividad artesanal pesquera, es necesario poder proyectar el nivel desembarcado que se tendrá en los periodos

¹⁷Rendimiento del camión, goo.gl/CfLz79

Tabla 9.2: Valores obtenidos de la depreciación acelerada de activos utilizados en el proyecto

Item	Costo	Periodo	Vida Útil	Depreciación Anual	Valor Residual
Motores	\$259.765.726	16	3	\$ 86.588.575	0
Maquinaria	\$194.824.295	16	5	\$ 38.964.859	0
Obras Civiles	\$292.236.442	16	16	\$ 18.264.778	0
Camiones	\$ 36.977.582	16	2	\$ 18.488.791	0

(Fuente: Elaboración Propia)

futuros. A partir de la información dispuesta por Sernapesca ([SERNAPESCA, 2017](#)), es posible obtener una proyección tanto a nivel nacional, como dentro de la región de Valparaíso. En ambos casos, presentados en las figuras 9.1 y 9.2, se utilizan los datos históricos desde el año 2003 hasta la fecha, con todos los datos expresados en toneladas.

**Figura 9.1:** Gráfico representativo de los niveles de desembarque artesanal a nivel nacional entre 2003 y 2015.

(Fuente: Elaboración Propia)

A nivel nacional, es posible ver una variabilidad considerable dentro de los datos analizados, siendo difícil ver un patrón o tendencia dentro de la curva. Aún así, al hacer un análisis lineal de los datos, es posible ver una disminución en el nivel de desembarque que se realiza. Cabe destacar que el valor de R cuadrado es muy cercano a 0, por lo que los datos no entregan la confiabilidad deseada.

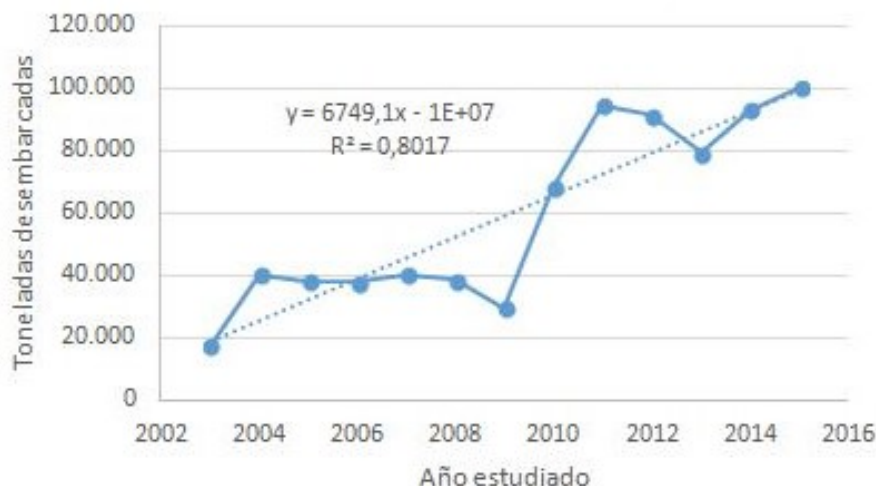


Figura 9.2: Gráfico representativo de los niveles de desembarque artesanal en la región de Valparaíso entre 2003 y 2015.
(Fuente: Elaboración Propia)

En cuanto a la producción artesanal dentro de la región de Valparaíso, es posible ver un comportamiento más lineal de los datos observados. Aun se puede apreciar una alta variabilidad entre año y año, pero, por ejemplo, el valor de R cuadrado es cercano a 1, estableciendo que existe una relación entre las variables. Tomando esto, se puede decir que existe una tendencia creciente en el desembarco de productos marinos, aumentando en cerca de 7000 toneladas por año, haciendo posible una proyección que se extienda durante la vida útil del proyecto. Este resultado se contradice con la información entregada por la municipalidad de Algarrobo ([Profesionales, 2014](#)) y con el entendimiento global que la pesca artesanal está disminuyendo su productividad debido a la escasez de recursos.

Como las proyección están expresadas en función de producciones globales (nacional y regional), se crea un factor para llevar la proyección de desembarques a nivel de caletas. Al igual que para el cálculo de residuos por caleta, se utiliza un factor ligado con el número de trabajadores por establecimiento, dado que solo se cuenta con la información regional. Se decide tomar como base de calculo la proyección regional, dado que el R cuadrado es mas cercano a 1. Entonces, considerando que el total de pescadores artesanales para el año 2015 fue de 5375 ([SERNAPESCA, 2015b](#)), y los niveles de desembarque artesanal desde el año 2003 al 2015 ([SERNAPESCA, 2017](#)), se obtiene el indicador de la formula 9.1,

$$DC = \frac{DR * NC}{5375} \quad (9.1)$$

, donde

DC= Desembarque artesanal de la caleta

DR= Desembarque artesanal regional

NC= Número de pescadores en la caleta

Si reemplazamos el numero de pescadores por la cantidad de trabajadores en la caleta de Algarrobo, se obtiene el numero de toneladas de residuos a partir de las toneladas regionales proyectadas.

Debido a que ninguna de las dos proyecciones obtenidas a partir de los registros productivos de SERNAPESCA parecen describir con certeza el comportamiento futuro de la producción artesanal, se toma la decisión de realizar 3 escenarios posibles para la producción futura.

9.4.1. Caso Conservador

En este escenario se asume que el nivel de producción artesanal del periodo 1 se mantiene constante a lo largo del horizonte de evaluación. Esta proyección disminuye el error que podría surgir a partir de la variabilidad observada en los registros de desembarco de SERNAPESCA, ya que solo considera datos previamente medidos y acreditados. Aun cuando no reflejará con exactitud el comportamiento de los residuos, el impacto que tendrá dentro del resultado es mínimo, ya que en el caso de Algarrobo, los residuos pesqueros son una pequeña parte de los insumos utilizados para la producción de energía en la planta d biogás.

9.4.2. Caso Optimista

El escenario considera un aumento en el nivel de residuos disponibles procedentes de la pesca artesanal para la caleta de Algarrobo. Tomando como base el comportamiento que presentaron los datos de producción para la región de Valparaíso, se considera en este escenario un aumento lineal de 6.749 toneladas por periodo en la producción total artesanal

de la región. Es decir, para cada periodo, la caleta de Algarrobo tendrá un aumento cercano a 69 toneladas disponibles como insumo para la planta de biogás, aumentando en un total de 1.733 toneladas a lo largo del horizonte de evaluación. Dado el nivel de los insumos externos a la actividad pesquera, este aumento no es tan significativo dentro de la evaluación económica, pero si es necesario destacarlo dentro del flujo proyectado.

9.4.3. Caso Pesimista

Considerando el comportamiento que se ve a nivel país con respecto a la producción artesanal, se ve que existe una disminución general del número de toneladas desembarcadas. Tomando estos datos de SERNAPESCA, se obtiene un porcentaje de disminución general, el cual se le aplica a la producción de la caleta de Algarrobo, para los 16 periodos de evaluación. De esta manera, se obtiene que el escenario pesimista considera un porcentaje de disminución de 1 % sobre el nivel registrado en 2015, para los siguientes 16 periodos, llegando a un mínimo de 765 toneladas de residuos disponibles. Al igual que en el caso optimista, la disminución no es muy influyente en el resultado económico, ya que existen insumos externos que proporcionan el volumen necesario para que la instalación sea factible.

La variación en la disponibilidad de residuos tendrá un efecto tanto en los ingresos percibidos por la venta de energía, como también en los costos operacionales, principalmente de mantención. Esta variación no considera cambios en la inversión tanto de infraestructura como en activos, ya que por el periodo de estudio no presentaría variaciones significativas. Tampoco se deja fuera de las proyecciones los ahorros pertenecientes al centro de acopio, ya que no existe información concreta de cómo se comportarán los residuos vegetales, como para proyectar el ahorro durante el periodo de estudio. En el caso de los costos, no se consideran en las proyecciones los costos de mano de obra, ya que, al no haber cambios en la infraestructura de la planta, no es necesario contratar más personal. Finalmente, estos cambios se verán reflejados en los distintos periodos considerados dentro del flujo de caja.

9.5. Indicadores Económicos

A partir de las características mencionadas del proyecto, es posible calcular los indicadores económicos que determinaran si el proyecto presenta la rentabilidad necesaria para su desarrollo. El proyecto será evaluado a partir de los siguientes elementos,

1. **VAN:** El VAN es un indicador financiero que mide los flujos de los futuros ingresos y egresos que tendrá un proyecto, para determinar, si luego de descontar la inversión inicial, nos quedaría alguna ganancia. Si el resultado es positivo, el proyecto es viable. El VAN también nos permite determinar cuál proyecto es el más rentable entre varias opciones de inversión. Si el resultado es positivo, quiere decir que es conveniente ejecutar el proyecto. En caso de ser igual a 0, quiere decir que el resultado es indiferente. Finalmente, si es negativo el resultado, no conviene llevar a cabo el proyecto. ([Negocios, 2017](#))
2. **TIR:** La TIR es la tasa de descuento (TD) de un proyecto de inversión que permite que el BNA sea igual a la inversión (VAN igual a 0). La TIR es la máxima TD que puede tener un proyecto para que sea rentable, pues una mayor tasa ocasionaría que el BNA sea menor que la inversión (VAN menor que 0). En este caso, si la TIR es mayor que la tasa de descuento establecida, es conveniente ejecutar el proyecto. Si son igual, existe una indiferencia en llevar a cabo o no el proyecto. Finalmente, si la TIR es menos a la tasa de descuento, no sería conveniente para los actores del proyecto llevarlo a cabo. ([Negocios, 2017](#))
3. **PAYBACK:** El payback o plazo de recuperación es un criterio estático de valoración de inversiones que permite seleccionar un determinado proyecto sobre la base de cuánto tiempo se tardará en recuperar la inversión inicial mediante los flujos de caja. Resulta muy útil cuando se quiere realizar una inversión de elevada incertidumbre y de esta forma tenemos una idea del tiempo que tendrá que pasar para recuperar el dinero que se ha invertido. ([Economipedia, 2017](#))

9.6. Datos considerados

Para realizar la evaluación económica de la mejor manera, se deben considerar ciertos datos fijos para la evaluación del proyecto, los cuales se presentan en la tabla 9.3. Debido a que es un proyecto social se utilizaron datos procedentes de los precios sociales 2014 ([de Inversiones, 2014](#))

Tabla 9.3: Tabla resumen de los datos considerados para la evaluación del proyecto

Dato	Valor	Unidad
Tasa de descuento	6	%
Periodo de evaluación	16	Periodos
Precio UF	26.487,30	\$
Precio dólar	673,89	\$
Precio de venta electricidad	65	USD/MWH

(Fuente: Elaboración propia)

9.7. Resultados obtenidos

A partir de los flujos que tendría la planta de biogás, los indicadores descritos anteriormente, y los datos presentados para la evaluación, se puede llegar a los valores de los indicadores, que determinan la rentabilidad del proyecto.

9.7.1. Caso Conservador

Como se explicó anteriormente, en el escenario conservador se mantiene la producción de residuos sin variaciones durante el periodo de evaluación, con lo que se obtienen los indicadores de la tabla 9.4.

Sobre los indicadores, se puede destacar que el VAN calculado a partir de los 16 periodos de evaluación, es positivo, y la tasa de retorno llega a los 7,51 %. Finalmente, el PAYBACK de la inversión inicial sería ya al décimo año de funcionamiento del proyecto.

Tabla 9.4: Indicadores económicos considerando el caso conservador, donde no existen cambios en la producción de residuos

Indicador	Valor
VAN	\$91.249.038
TIR	7.51 %
PAYBACK	9,13

(Fuente: Elaboración propia)

9.7.2. Caso Optimista

Considerando un aumento del desembarque durante los 16 periodos, se presenta una variación directamente proporcional tanto para los ingresos como para los costos de man-tención del proyecto, llegando a los indicadores de la tabla 9.5.

Tabla 9.5: Indicadores económicos correspondientes al escenario optimista, donde existe un aumento en la producción de residuos.

Indicador	Valor
VAN	\$233.246.130
TIR	9,59 %
PAYBACK	8,26

(Fuente: Elaboración propia)

Sobre los indicadores, se puede destacar que el VAN calculado a partir de los 16 periodos de evaluación, es positivo, llegando a casi dos tercios del valor correspondiente a la inversión inicial. Por otro lado, la tasa de retorno llega a los 9,59 %, siendo muy superior a la tasa de descuento propuesta para un proyecto social. Finalmente, el PAYBACK de la inversión inicial sería ya al noveno año de funcionamiento del proyecto.

9.7.3. Caso Pesimista

En este escenario, se toma una disminución porcentual que se obtiene a partir de las proyecciones a nivel país en cuanto al desembarco artesanal. Al igual que en el caso anterior, se ven afectados los ingresos y los costos de mantención del proyecto, obteniendo los indicadores de la tabla 9.6.

Tabla 9.6: Indicadores económicos considerando una disminución en la producción de residuos.

Indicador	Valor
VAN	\$69.581.936
TIR	7,17 %
PAYBACK	9,29

(Fuente: Elaboración Propia)

En este caso, se puede destacar que el VAN calculado a partir de los 16 periodos de evaluación es positivo, indicando que el proyecto sigue siendo rentable. Además, la tasa de retorno llega a los 7,17 % y el PAYBACK esperado a los 10 años de funcionamiento.

Dado que es difícil saber cómo se comportarán los flujos de producción en el futuro, y dado que ninguna de las proyecciones calculadas entrega conclusiones concretas, se opta por tomar el caso conservador como indicador del proyecto.

A partir de los indicadores, se puede llegar a la conclusión de que el proyecto es rentable, por lo que la implementación sería atractiva tanto para la municipalidad de algarrobo, como también para la comunidad pesquera. Una de las principales trabas que se podrían presentar para llevar a cabo la implementación, sería el financiamiento inicial necesario para la puesta en marcha. Para poder recaudar un 50 % de la inversión total en fondos estatales, la municipalidad necesita presentar el proyecto a diferentes fondos de financiamiento que existen, como, por ejemplo, fondos CORFO, o de GOP, pero también postular el proyecto a entidades especializadas, como FAP, o FFAP. En caso de no ser posible adjudicarse con la totalidad de los fondos necesarios, una segunda opción sería recurrir a financiamiento de alguna entidad privada. Esto sería más complicado ya que entraría un tercer participante al proyecto, por lo que el beneficio tanto para la municipalidad como para la comunidad pesquera, no sería la misma.

10 | Evaluación Social Moderna

10.1. Antecedentes

Para la implementación del proyecto, existen beneficios no cuantificables que influyen en que tan atractiva sea la ejecución de la planta de biogás, tanto para la municipalidad de Algarrobo como para la comunidad pesquera. Estos beneficios vienen definidos por problemas que se presentan en la actualidad, tanto para la comunidad como para la entidad municipal, que pueden ser solucionados de manera parcial o completa a raíz de la implementación del proyecto.

En el caso de la municipalidad de Algarrobo, los problemas que se relacionan directamente con la implementación de la planta de biogás son del ámbito ambiental y económico, los cuales están descritos en el PLADECO 2013-2016 ([Profesionals, 2014](#)) publicado por la municipalidad. Dentro de los inconvenientes presentados se destacan,

- **Problemas de contaminación y congestión por déficit en la infraestructura vial:**

Debido a que en la actualidad Algarrobo solo cuenta con dos accesos directos a la comuna, como muestra la figura 10.2, existe un problema constante de congestión y contaminación vehicular, en especial en las fechas de verano. Actualmente la municipalidad no cuenta con los fondos necesarios para desarrollar más accesos, ya que es necesario un estudio detallado por la dificultad de implementación, debido a la existencia de múltiples quebradas en el territorio. Este problema afecta económicamente a la municipalidad, ya que implica una depreciación del terreno urbano y afecta en el número de turistas que vienen a la comuna en fechas festivas o en verano.



Figura 10.1: Mapa de accesos directos a la comuna de Algarrobo.

(Fuente: ([Profesionals, 2014](#)))

La implementación de la planta de biogás entregaría recursos económicos que no existían anteriormente, que podrían ser utilizados para el mejoramiento y desarrollo comunal, específicamente la creación de nuevos accesos.

- **Existencia de micro basurales clandestinos:** Ya que no existe un plan de desarrollo ambiental en funcionamiento para la municipalidad de Algarrobo, el control que se lleva a cabo en cuanto a materias de sanidad no es el óptimo. Debido a esto, han surgido basurales clandestinos a lo largo de la comuna, por la falta de servicios sanitarios o la mala gestión de estos. Estos basurales no acreditados afectan a la municipalidad en múltiples maneras, desde las constantes quejas por parte de vecinos, hasta la disminución de veraneantes en esos sectores. Además, influye en la imagen que presenta la municipalidad y la comuna en general, tanto hacia residentes como hacia turistas.

La implementación de la planta podría no solo aportar con capital necesario para mejorar el sistema sanitario y de recolección, sino que además se podrían utilizar estos residuos como insumos para la generación de energía, mediante una separación

de residuos.

- **Plaga de algas verdes en la costa:** Un ítem importante mencionado en el plan de desarrollo comunal es el problema de algas que se presenta a lo largo de la costa de la comuna de Algarrobo. Actualmente no existe un tratamiento para este material, más que la recolección y disposición en un terreno en El Tabo, visible en la figura 10.2 y 10.3, lo que implica tiempo y dinero para la municipalidad.



Figura 10.2: Imagen del terreno destinado para la disposición de residuos orgánicos de Algarrobo.
(Fuente: (Pizarro, 2017))



Figura 10.3: Imagen del estado en que se encuentran los residuos orgánicos en el terreno ubicado en el Tabo.
(Fuente: (Pizarro, 2017))

La situación actual afecta económicamente a la municipalidad, ya que debe incurrir

en costos de arriendo de terrenos para disposición de materiales, pero además el aseo de las playas influye en la imagen y turismo de la comuna, por lo que la plaga constante de algas afecta también los ingresos generales de la municipalidad.

Con la implementación de la planta, las algas recolectadas pasan a ser insumos dentro del sustrato, aumentando los ingresos por energía generada, ahorrando costos de arriendo, y dando una solución concreta para la plaga de algas en las playas de Algarrobo.

- **Deterioro de la imagen turística de la comuna y falta de recursos para desarrollo comunal:** Tal como algunos de los problemas anteriores lo ejemplifican, la imagen como punto de turismo que tiene la comuna de Algarrobo se ha deteriorado en cierto grado debido a la mala gestión o limitados recursos para mejorar problemas ambientales y sociales. Ya que la comuna presenta sus mayores ingresos en la época de verano, una mala imagen como balneario puede tener implicancias económicas muy grandes. La implementación de la planta de biogás no solo ayuda a mantener una comuna limpia y a impulsar los proyectos ambientales dentro de la comunidad y municipalidad, sino que además genera un ingreso constante con el cual las autoridades pueden desarrollar proyectos sociales para el desarrollo de la comuna.

En el caso de la comunidad pesquera, no se destacan problemas concretos que tengan los trabajadores ya que no se cuenta con esa información, pero si se pueden obtener conclusiones coherentes a partir del levantamiento realizado. Como se expuso anteriormente, se puede ver que existe una dependencia económica de la mayoría de los trabajadores en torno a la actividad pesquera, siendo el 86 % de los trabajadores el sustento principal para sus núcleos familiares, de los cuales más de la mitad es el único sustento. Siguiendo con esta temática, la implementación del proyecto busca dar más importancia a la actividad pesquera, ya que será uno de las fuentes de insumos para la generación de energía. Debido a esto, se busca generar un método en el cual la municipalidad genere proyectos enfocados en propiciar el desarrollo sustentable de las caletas, utilizando recursos obtenidos a partir del funcionamiento de la planta de biogás. Esto no solamente mejorara la imagen de la institución y la calidad de vida de la comunidad pesquera, sino que puede incluso aumentar la

cantidad de trabajo disponible y aumentar la productividad de la caleta, generando ingresos mayores para la municipalidad. Por otro lado, formar parte de un proyecto ambiental de esta magnitud, mejorara la imagen de la caleta y puede provocar un aumento en el turismo y en los ingresos directos para los pescadores.

Los factores mencionados serán la base para definir los criterios con los cuales se realizará un análisis multicriterio, que comparará la situación actual de funcionamiento con una eventual implementación de la planta de biogás.

10.2. Evaluación Multicriterio

Dado que la evaluación presentada contiene variables cuantitativas y cualitativas, es necesario estudiar y analizar el conjunto de factores desde una perspectiva común. Para realizar esto, se utiliza el método de proceso analítico jerárquico (AHP), con el objetivo de cuantificar criterios cualitativos y elegir la alternativa a implementar que genera mayor beneficio a los actores del proceso. Utilizando los pasos descritos dentro del marco teórico, explicados en el manual de evaluación multicriterio para proyectos publicado por las naciones unidas ([Pacheco y Contreras, 2008](#)), es posible llegar a un parámetro numérico que pueda determinar si los factores cualitativos, principalmente sociales y ambientales, son determinantes a la hora de la selección de la alternativa a implementar. A continuación se presentan los 11 pasos de la metodología descrita.

10.2.1. Objetivo de la evaluación

Estudiar la factibilidad de implementación de una planta de biogás para el desarrollo sustentable de la comunidad pesquera y desarrollo social de la comunidad de Algarrobo.

10.2.2. Grupo de expertos

Los profesionales que analizarán el problema planteado son entidades destacadas de la Universidad Técnica Federico Santa María, quienes evaluarán de manera individual el modelo planteado. Estas personas se seleccionaron principalmente por la experiencia y

criterio que poseen para la evaluación de proyectos ambientales, con una orientación social. Los representantes que evaluarán la encuesta serán María Pilar Garate (Académica de la Universidad Técnica Federico Santa María y delegada del departamento de industrias), James Robinson (Ingeniero Agrónomo e la Universidad de Chile y Magister en ciencias en gestión de la sustentabilidad de la Universidad de Columbia, Nueva York, y Co-fundador de Regenerativa), Francisco Dall’Orso (Docente part time de la Universidad Técnica Federico Santa María y Consultor Senior de Regenerativa) y Jaime Diez (Alumno memorista de la Universidad Técnica Federico Santa María).

10.2.3. Alternativas a evaluar

A los expertos encuestados se les presentará el caso de la implementación de la planta de biogás, denominado A1, que da solución a la mayoría de los problemas planteados, utiliza los recursos disponibles en la comuna, y genera desarrollo en la comunidad, pero implica una inversión considerable y un proyecto de larga duración. En comparación, se tomara el funcionamiento actual que se presenta en la comuna de Algarrobo, denominado A2, en el cual no existe una solución concreta a los problemas medioambientales y sociales mencionados anteriormente, ya que no hay, por el momento, una inversión considerable en algún proyecto ambiental. Cabe destacar que la alternativa A2, no implica que la municipalidad descarta llevar a cabo proyectos ambientales, sino que determina como infactible la implementación de una planta de biogás

10.2.4. Descripción de criterios

La selección de la alternativa más viable se realiza mediante la comparación de criterios relevantes al proyecto estudiado. Estos criterios deben ser específicos para cada área de estudio o desarrollo, y deben ser permanentes, para poder ser comparables en diferentes épocas ([Pacheco y Contreras, 2008](#)). En este caso se distinguen 3 categorías de criterios, que definirán finalmente la alternativa a seleccionar.

10.2.4.1. Criterios Sociales

En un proyecto energético de alto impacto, el factor social siempre es un factor determinante para el éxito de la implementación. Se considera crítico que el proyecto a desarrollar considere a la comunidad como un stakeholder clave dentro de la evaluación, ya que se ha visto en más de un proyecto energético, que la negativa social paraliza la implementación, perdiendo la oportunidad de generar beneficios tanto económicos como sociales.

- **Creación de empleos:** En un proyecto energético de alto impacto, el factor social siempre es un factor determinante para el éxito de la implementación. Se considera crítico que el proyecto a desarrollar considere a la comunidad como un stakeholder clave dentro de la evaluación, ya que se ha visto en más de un proyecto energético, que la negativa social paraliza la implementación, perdiendo la oportunidad de generar beneficios tanto económicos como sociales.
- **Aceptabilidad social:** La aceptación social puede definir el éxito que llega a tener un proyecto de esta envergadura, más aún cuando el foco principal es el desarrollo de la comunidad. Es necesario que la comunidad tenga un entendimiento de lo que quiere lograr el proyecto y acepte la idea de implementación, para no provocar problemas o atrasos con la puesta en marcha.
- **Concientización ambiental:** Similar al caso de aceptabilidad por parte de la comunidad, para que funcione el proyecto de manera óptima se necesita generar una conciencia ambiental por parte de los actores y dentro de la comunidad, que proporcione sustento al proyecto. Si no se genera un cambio dentro de la mentalidad general, es difícil que los proyectos ambientales lleguen a su máximo potencial.

10.2.4.2. Criterios Ambientales

El perfil ambiental de los proyectos ha tomado más protagonismo el último tiempo, debido a la conciencia general que existe sobre el cambio climático, emisiones de gases invernadero y residuos, que afectan a innumerables ecosistemas a lo largo del mundo. Un proyecto que cuenta con criterios ambientales claros y soluciones a problemáticas de esta

índole, presenta una ventaja competitiva frente a otras alternativas, donde además se genera conciencia en empresas, autoridades y en la comunidad.

- **Tratamiento de residuos orgánicos:** Los residuos que no reciben un tratamiento adecuado, sin importar su procedencia, constituyen un riesgo tanto para el ecosistema como también para la sociedad en la cual se encuentran. Para mantener el ambiente sin contaminantes directos y reducir las emisiones CO₂, es necesario contar con un plan de tratamiento para residuos, que minimice los efectos contaminantes, y que sea sustentable en el tiempo.
- **Impacto en el territorio:** La implementación de un proyecto ambiental de gran envergadura tiene un impacto dentro del terreno y las cercanías donde se llevará a cabo. Por parte de los diseñadores del proyecto, es necesario considerar opciones de implementación que reduzcan al máximo el impacto en flora, fauna, ecosistemas y comunidad dentro del sector que se utilizará.
- **Cambio climático:** El cambio climático, provocado principalmente por el uso de fuentes energéticas contaminantes, afecta a los ecosistemas del mundo, debido a cambios en las temperaturas y clima habitual en diferentes regiones. Actualmente es una discusión cultural el hecho de disminuir las emisiones de gases invernadero para mitigar los riesgos de provocar daños irreparables al medio ambiente.
- **Uso de energía renovable no convencional:** Ligado directamente con el cambio climático, las energías renovables no convencionales han sido impulsadas por la necesidad de encontrar fuentes energéticas que disminuyan la contaminación y la emisión de gases nocivos dentro de sus procesos. Estos métodos, que están en constante desarrollo y mejoramiento, llegan al punto de ser más eficientes en cuanto a la generación energética a partir de materiales fósiles, y generan mayor rentabilidad debido a beneficios sociales y ambientales.
- **Sustentabilidad regional:** La creación de proyectos ambientales y de ahorros energéticos a lo largo de Chile se ha transformado en una constante, con una proyección de reducción en consumo energético actual de un 12 % para el año 2020 a lo largo

del país ([Ministerio de Energía, 2013](#)). En el caso de proyectos regionales, proporcionan autonomía energética y permiten una sustentabilidad regional, que aumenta el desarrollo del sector y la comunidad.

- **Desarrollo de imagen ambiental:** El desarrollo de la imagen ambiental dentro de cualquier comunidad puede significar un aumento en la visibilidad del territorio. Al llevar a cabo proyectos ambientales, de la mano de un plan ambiental, es posible atraer nuevas oportunidades de inversión en la región, aumentar los ingresos y disminuir costos energéticos, como también destacarse hacia la comunidad como una entidad dispuesta a realizar cambios para mejorar la calidad de vida de los residentes.

10.2.4.3. Criterios Económicos

Dentro de una evaluación de proyectos, la evaluación económica juega un rol fundamental al elegir opciones o alternativas de implementación. Para este análisis, se consideran como beneficios no solo los indicadores de rentabilidad clásicos ya mostrados anteriormente, sino que además se toman en cuenta beneficios indirectos, que resultan a raíz de las propuestas mencionadas.

- **Desarrollo del turismo:** Tal como se ejemplifica en el PLADECO 2013-2016 ([Profesionals, 2014](#)), las problemáticas que se encontraron dentro de la comuna de Algarrobo tienen la potencialidad de afectar el turismo que se presenta, limitando el ingreso de residentes secundarios a la localidad. La implementación de proyectos medioambientales puede resolver estos problemas mediante la generación de ingresos, pero también permite a la comuna desarrollar su imagen ambiental, que tiene la potencialidad de generar más ingresos a partir del desarrollo del turismo y de la aceptación social.
- **Maximización de recursos:** Como se ha mencionado en distintos fragmentos a lo largo de esta investigación, las actividades pesqueras actuales en Chile presentan una disminución en su productividad, debido a la escasez de recursos a lo largo del territorio nacional. Esto afecta los ingresos directos que obtienen sus trabajadores, y

por lo tanto afecta la economía general de la comuna estudiada. Maximizar la rentabilidad de los productos marinos, mediante el uso de los residuos que previamente no tienen tratamientos, permite aumentar los ingresos generados por la actividad pesquera, impulsando el desarrollo en este rubro y mejorando la calidad de vida de sus trabajadores.

- **Ahorro en costos operacionales:** En la evaluación de proyectos, siempre se consideran los ahorros de una implementación como un factor determinante a la hora de elegir una alternativa. En este caso, se consideran como gastos operacionales todos los costos que se deben cubrir para el funcionamiento y mantenimiento de las alternativas, enfocándose en el aseo y ornato de la comuna de Algarrobo. En las alternativas propuestas, los ahorros se consideran como ingresos directos para los actores, aumentando la rentabilidad del proyecto.

10.2.5. Árbol de jerarquía

En la figura 10.4 se presenta un esquema de jerarquías, que muestra los criterios y sub criterios utilizados para la evaluación multicriterio.

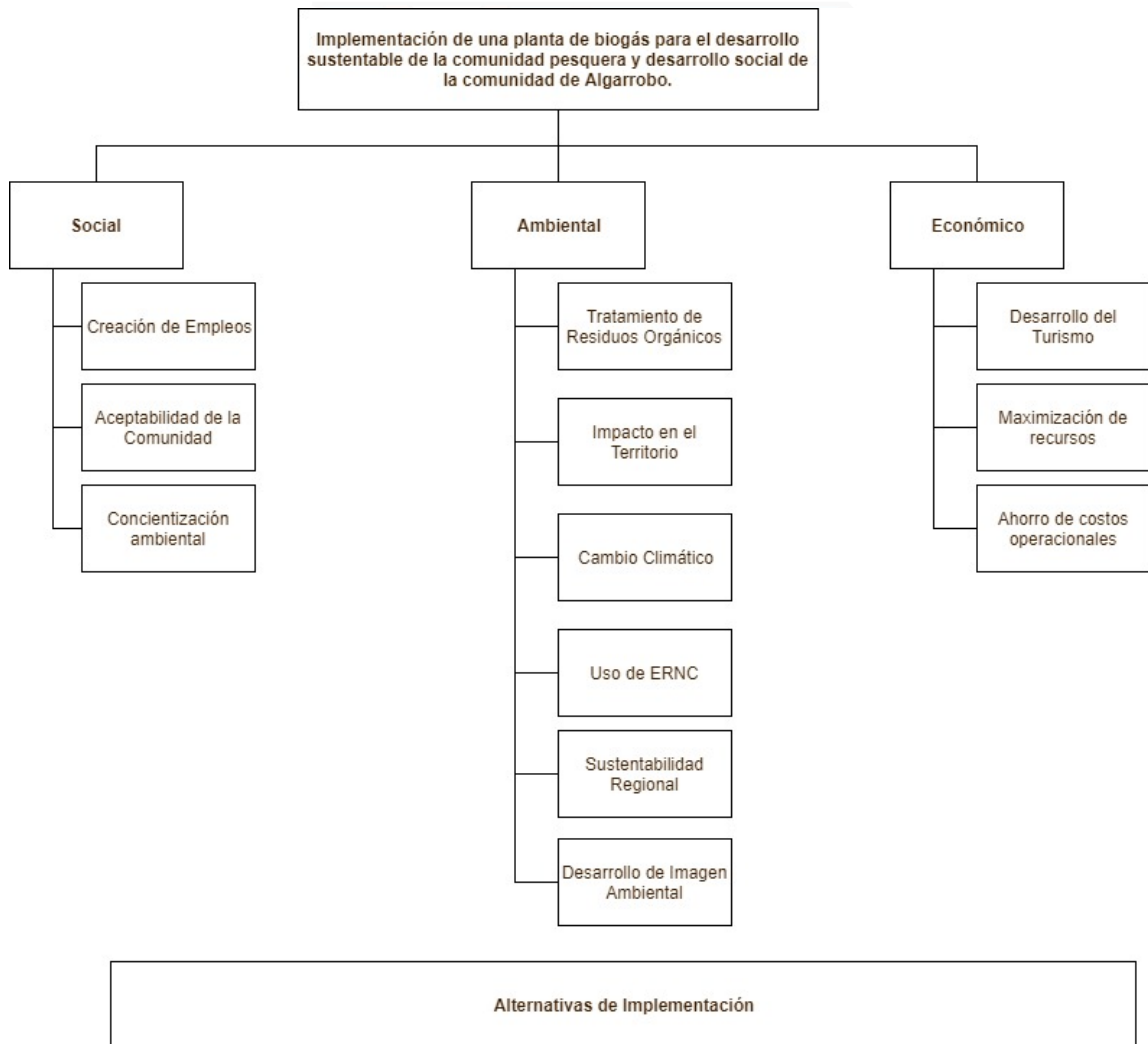


Figura 10.4: Diagrama de jerarquías para los criterios y sub criterios seleccionados.
(Fuente: Elaboración propia)

10.2.6. Puntuación y beneficio de los criterios

A partir de los criterios descritos anteriormente, se confeccionan escalas que permitirán dar un puntaje según percepción y experiencia de los encuestados. De esta manera, se podrá obtener un valor número para cada criterio, y asignar un puntaje final a las alternativas de

implementación.

10.2.6.1. Criterios Sociales

- **Creación de empleo:** Expresión cuantitativa del potencial que tienen las alternativas para la creación de nuevos empleos a partir de su ejecución, funcionamiento y mantención. El objetivo asociado al criterio es maximizar la cantidad de empleos generados a partir de las alternativas propuestas dando valores cuantitativos a partir de la tabla 10.1,

Tabla 10.1: Escala numérica para evaluar la potencialidad de empleos generados.

Puntaje	Descripción
1	El proyecto no presenta la potencialidad para aumentar el número de empleos
2	El proyecto presenta la potencialidad de aumentar levemente el número de empleos
3	El proyecto presenta la potencialidad de aumentar medianamente el número de empleos
4	El proyecto presenta la potencialidad de aumentar altamente el número de empleos
5	El proyecto presenta una muy alta potencialidad de aumentar el número de empleos

(Fuente: Elaboración propia)

- **Aceptabilidad de la comunidad:** Representa el nivel estimado de aceptación que tendrá la alternativa dentro de la comunidad. El criterio busca la maximización de la aceptabilidad, para evitar obstáculos sociales o manifestaciones hacia el proyecto. En este caso, el criterio se mide a partir de la tabla 10.2,

Tabla 10.2: Escala numérica para evaluar el nivel de aceptabilidad de las alternativas.

Puntaje	Descripción
1	La alternativa presenta un nulo nivel de aceptabilidad social
2	La alternativa presenta un bajo nivel de aceptabilidad social
3	La alternativa presenta un mediano nivel de aceptabilidad
4	La alternativa presenta un alto nivel de aceptabilidad social
5	La alternativa presenta un muy alto nivel de aceptabilidad

(Fuente: Elaboración propia)

- **Concientización ambiental:** El criterio busca cuantificar la concientización ambiental que se generara dentro de la comunidad de Algarrobo, tanto pesquera como urbana, con la implementación de la alternativa. El objetivo es maximizar el grado de concientización, valorándose cuantitativamente a partir de la tabla 10.3,

Tabla 10.3: Escala numérica para evaluar la conciencia ambiental generada en la comunidad.

Puntaje	Descripción
1	La alternativa genera nula conciencia ambiental en la comunidad
2	La alternativa genera leve conciencia ambiental en la comunidad
3	La alternativa genera una mediana conciencia ambiental en la comunidad
4	La alternativa genera una alta conciencia ambiental en la comunidad
5	La alternativa genera una muy alta conciencia ambiental en la comunidad

(Fuente: Elaboración propia)

10.2.6.2. Criterios Ambientales

- **Tratamiento de residuos orgánicos:** El criterio representa la importancia que implica la existencia de un tratamiento de residuos orgánicos dentro de la planificación de la alternativa. Este criterio va ligado a los problemas ambientales que se presentan en la comuna de Algarrobo. Se busca maximizar la importancia que se le da a la implementación de métodos de tratamiento, con el fin de contribuir a la disminución de la contaminación, según la tabla 10.4

Tabla 10.4: Escala numérica para evaluar el nivel de importancia asignado al tratamiento de residuos.

Puntaje	Descripción
1	La alternativa no le da importancia al tratamiento de residuos orgánicos
2	La alternativa le da una leve importancia al tratamiento de residuos orgánicos
3	La alternativa le da una mediana importancia al tratamiento de residuos orgánicos
4	La alternativa le da alta importancia al tratamiento de residuos orgánicos
5	La alternativa le da una muy alta importancia al tratamiento de residuos orgánicos

(Fuente: Elaboración propia)

- **Impacto en el territorio:** Se busca cuantificar el impacto que generará la implementación de la alternativa sobre el territorio designado dentro de la comuna. Un proyecto ambiental busca minimizar los efectos que podría causar su puesta en marcha, dentro del ecosistema y comunidad donde se ubica. Los valores cuantitativos se asignan a partir de la tabla 10.5,

Tabla 10.5: Escala numérica para evaluar el impacto en el territorio generado por la implementación.

Puntaje	Descripción
1	La implementación genera un alto impacto ambiental sobre el terreno
2	La implementación genera un considerable impacto ambiental sobre el terreno
3	La implementación genera un mediano impacto ambiental sobre el terreno
4	La implementación genera un leve impacto ambiental sobre el terreno
5	La implementación genera un nulo impacto ambiental sobre el terreno

(Fuente: Elaboración propia)

- **Cambio climático:** Representación cualitativa sobre el impacto positivo que generaría la implementación frente al cambio climático. Se busca maximizar el impacto positivo que se observa debido al funcionamiento de la alternativa propuesta, llevándola a una expresión numérica a través de la tabla 10.6,

Tabla 10.6: Escala numérica para evaluar el impacto sobre el cambio climático.

Puntaje	Descripción
1	La implementación no genera un impacto positivo frente al cambio climático
2	La implementación genera un leve impacto positivo frente al cambio climático
3	La implementación genera un mediano impacto positivo frente al cambio climático
4	La implementación genera un impacto positivo considerable frente al cambio climático
5	La implementación genera un alto impacto positivo frente al cambio climático

(Fuente: Elaboración propia)

- **Uso de ERNC:** Se busca cuantificar la importancia que se le da a la utilización de energías renovables no convencionales como método de generación en cada una de las alternativas. El objetivo es maximizar la importancia y uso de este tipo de

energías, la cual se cuantifica según la tabla 10.7,

Tabla 10.7: Escala numérica para evaluar la importancia que se le da a utilizar ERNC.

Puntaje	Descripción
1	La alternativa no le da importancia al uso de ERNC
2	La alternativa le da poca importancia al uso de ERNC
3	La alternativa le da importancia al uso de ERNC
4	La alternativa le da alta importancia al uso de ERNC
5	La alternativa le da muy alta importancia al uso de ERNC

(Fuente: Elaboración propia)

- **Sustentabilidad regional:** Expresión numérica sobre el aporte que genera la alternativa a la sustentabilidad de la región en la cual esta inserta. El objetivo es maximizar el aporte generado, apoyando a la autonomía y beneficio regional. La cuantificación del criterio se basa en la tabla 10.8,

Tabla 10.8: Escala numérica para evaluar el aporte generado hacia la sustentabilidad regional.

Puntaje	Descripción
1	La alternativa no genera aporte a la sustentabilidad regional
2	La alternativa genera poc aporte a la sustentabilidad regional
3	La alternativa genera un aporte a la sustentabilidad regional
4	La alternativa genera aporte considerable a la sustentabilidad regional
5	La alternativa genera un aporte significativo a la sustentabilidad regional

(Fuente: Elaboración propia)

- **Desarrollo de la imagen ambiental:** Este criterio busca cuantificar la mejora que puede tener la implementación de la alternativa sobre la imagen ambiental que presenta la comunidad o la región. El objetivo es maximizar la mejora que puede tener la alternativa sobre la imagen ambiental, y se expresa numéricamente a partir de la tabla 10.9,

Tabla 10.9: Escala numérica para evaluar el mejoramiento de la imagen ambiental de la localidad.

Puntaje	Descripción
1	La alternativa no mejora la imagen ambiental
2	La alternativa mejora levemente la imagen ambiental
3	La alternativa mejora la imagen ambiental
4	La alternativa mejora considerablemente la imagen ambiental
5	La alternativa mejora significativamente la imagen ambiental

(Fuente: Elaboración propia)

10.2.6.3. Criterios Económicos

- **Desarrollo del turismo:** Descripción cuantitativa del impacto que genera la implementación en el desarrollo del turismo en la comuna de Algarrobo. Se busca maximizar el impacto para generar mayores beneficios, y se obtiene una representación numérica a través de la tabla 10.10,

Tabla 10.10: Escala numérica para evaluar el desarrollo del turismo a raíz de la implementación.

Puntaje	Descripción
1	La alternativa genera un impacto negativo hacia el desarrollo del turismo
2	La alternativa genera un leve impacto negativo hacia el desarrollo del turismo
3	La alternativa no genera ningún impacto hacia el desarrollo del turismo
4	La alternativa genera un leve impacto positivo hacia el desarrollo del turismo
5	La alternativa genera un impacto positivo hacia el desarrollo del turismo

(Fuente: Elaboración propia)

- **Maximización de recursos:** El criterio busca cuantificar la importancia que se le da a la maximización de recursos en la alternativa propuesta. El objetivo es maximizar la importancia, y queda expresado a través de la tabla 10.11,

Tabla 10.11: Escala numérica para evaluar la importancia que se le da a la maximización de recursos.

Puntaje	Descripción
1	La alternativa le da nula importancia a la maximización de recursos
2	La alternativa le da poca importancia a la maximización de recursos
3	La alternativa le da importancia a la maximización de recursos
4	La alternativa le da alta importancia a la maximización de recursos
5	La alternativa le da muy alta importancia a la maximización de recursos

(Fuente: Elaboración propia)

- **Ahorro en costos operacionales:** Se busca cuantificar la importancia que la alternativa le da al ahorro de costos operacionales, relacionados con el funcionamiento y mantenimiento del proyecto sanitario. El objetivo es maximizar la importancia, y se utiliza la tabla 10.12,

Tabla 10.12: Escala numérica para evaluar la importancia que se le da al ahorro de costos operacionales.

Puntaje	Descripción
1	La alternativa le da nula importancia al ahorro de costos operacionales
2	La alternativa le da poca importancia al ahorro de costos operacionales
3	La alternativa le da importancia al ahorro de costos operacionales
4	La alternativa le da alta importancia al ahorro de costos operacionales
5	La alternativa le da muy alta importancia al ahorro de costos operacionales

(Fuente: Elaboración propia)

10.2.7. Ponderaciones para criterios y sub criterios

Según las encuestas realizadas a los expertos previamente descritos, se obtienen los siguientes resultados en cuanto al análisis de criterios del proyecto. Dado que no fue posible formar una encuesta grupal para poder llegar a un consenso global, se utiliza la solución propuesta por Saaty para integración de juicios a través de la media geométrica, presentada en la figura 10.5 (Pacheco y Contreras, 2008),

$$A_{ij} = \sqrt[n]{\prod a_{ij}^n} \quad (10.1)$$

, donde

A_{ij} = Es el resultado de la integración de juicios para el par de criterios i,j.

a_{ij}^n = es el juicio del involucrado para el par de criterios.

$n = 1.....n$ = Corresponde al número de involucrados que expresan sus juicios sobre los criterios.

A partir de la fórmula se puede obtener un juicio de valor global para cada uno de los criterios y sub criterios propuestos, generando así las ponderaciones necesarias para evaluar ambas alternativas. En las tablas 10.13, 10.14, 10.15 y 10.16 se presentan los resultados obtenidos.

10.2.7.1. Criterios globales

Tabla 10.13: Criterios globales obtenidos de la integración de respuestas dadas por los expertos.

Criterios		C1	C2	C3
Social	C1	1	1,0140442	1,280884
Ambiental	C2	0,98615	1	1,195886
Económico	C3	0,780711	0,8361999	1

(Fuente: Elaboración propia)

10.2.7.2. Criterios sociales

Tabla 10.14: Criterios sociales obtenidos de la integración de respuestas dadas por los expertos.

Criterios Sociales		C1.1	C1.2	C1.3
Creación de empleo	C1.1	1	1,1680161	1,283142
Aceptabilidad de la comunidad	C1.2	0,856153	1	1,222845
Concientización ambiental	C1.3	0,779337	0,8177654	1

(Fuente: Elaboración propia)

10.2.7.3. Criterios ambientales

Tabla 10.15: Criterios ambientales obtenidos de la integración de respuestas dadas por los expertos.

Criterios Ambientales		C2.1	C2.2	C2.3	C2.4	C2.5	C2.6
Tratamiento de residuos orgánicos	C2.1	1	1,269	1,184	1,071	0,948	1,433
Impacto en el territorio	C2.2	0,788	1	1,049	1	0,885	1,241
Cambio climático	C2.3	0,844	0,953	1	1,071	1,044	1,249
Uso de ERNC	C2.4	0,934	1	0,934	1	0,904	1,184
Sustentabilidad regional	C2.5	1,054	1,129	0,958	1,106	1	1,433
Desarrollo de la imagen ambiental	C2.6	0,698	0,806	0,801	0,844	0,698	1

(Fuente: Elaboración propia)

10.2.7.4. Criterios económicos

Tabla 10.16: Criterios económicos obtenidos de la integración de respuestas dadas por los expertos.

Criterios Económicos		C3.1	C3.2	C3.3
Desarrollo del turismo	C3.1	1	0,9426796	0,98867
Maximización de recursos	C3.2	1,060806	1	1,071075
Ahorro en costos operacionales	C3.3	1,01146	0,933641	1

(Fuente: Elaboración propia)

10.2.8. Procesamiento de información y resultado para criterios

Utilizando la metodología descrita en el manual multicriterio (Pacheco y Contreras, 2008), es posible calcular el vector de prioridades de la matriz dada. Se toma como ejemplo el cálculo del vector de prioridades para la matriz de criterios globales. El resto de los cálculos se muestran en los anexos del trabajo.

1. Se realiza la suma por columna de los elementos de la matriz.

- **Columna 1:** $1 + 0,9862 + 0,7807 = 2,7669$
- **Columna 2:** $1,014 + 1 + 0,8362 = 2,8502$
- **Columna 3:** $1,2809 + 1,1959 + 1 = 3,4768$

2. Se divide cada elemento de la columna por la suma de la columna respectiva, como se muestra en la tabla 10.17 y 10.18.

Tabla 10.17: Tabla demostrativa de los criterios y divisiones a realizar.

Criterios		C1	C2	C3
Social	C1	1/2,7669	1,0140442/2,7669	1,280884/2,7669
Ambiental	C2	0,98615/2,8502	1/2,8502	1,195886/2,8502
Económico	C3	0,780711/3,4768	0,8361999/3,4768	1/3,4768

(Fuente: Elaboración propia)

Tabla 10.18: Tabla de resultados para la división de los criterios.

Criterios		C1	C2	C3
Social	C1	0,36142041	0,3557745	0,36841212
Ambiental	C2	0,35641486	0,35084714	0,34396466
Económico	C3	0,28216473	0,29337835	0,28762322

(Fuente: Elaboración propia)

3. Para obtener el vector de prioridades se promedian los valores de cada fila.

- **Fila 1:** $\frac{0,36142041 + 0,3557745 + 0,36841212}{3} = 0,36186901 \approx 0,362$

- **Fila 2:** $\frac{0,35641486 + 0,35084714 + 0,34396466}{3} = 0,35040889 \approx 0,35$
- **Fila 3:** $\frac{0,28216473 + 0,29337835 + 0,28762322}{3} = 0,28772210 \approx 0,288$

El resultado (0,362; 0,35; 0,288) corresponde al vector de prioridades, que en otras palabras describe para el caso dado y según las encuestas respondidas por los expertos, la ponderación para los criterios sociales es de 36,2 %, para los criterios ambientales es de 35 % y para los criterios económicos es de 28,8 %.

4. Finalmente, se debe validar que exista consistencia entre los valores de las ponderaciones. Para esto se utilizan los pasos descritos en el marco teórico de este trabajo.

■ Índice de consistencia

Como se explica en el marco teórico, para calcular el índice de consistencia es necesario obtener el valor de λ_{max} , que se determina a partir de la siguiente álgebra de matrices.

En primer lugar es necesario multiplicar la matriz de juicios de valor por el vector de prioridades obtenido.

$$\begin{bmatrix} 1 & 1,0140442 & 1,280884 \\ 0,98615 & 1 & 1,195886 \\ 0,780711 & 0,8361999 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 0,362 \\ 0,35 \\ 0,288 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1,086 \\ 1,051 \\ 0,863 \end{bmatrix}$$

Luego, el vector resultante se divide por el vector de prioridades correspondiente obteniendo un vector de tres componentes, que luego se promedian para obtener el valor de λ_{max} .

$$\begin{bmatrix} 1,086/0,362 \\ 1,051/0,35 \\ 0,863/0,288 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 3,00 \\ 3,00 \\ 2,99 \end{bmatrix}$$

$$\frac{3,00 + 3,00 + 2,99}{3} \approx 3$$

Finalmente, utilizando la formula para calcular IC se obtiene,

$$IC = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} = \frac{3 - 3}{3 - 1} = 0$$

■ **Índice aleatorio**

El índice aleatorio se obtiene de la tabla presentada en el marco teórico, la cual determina un valor según la dimensión n de la matriz. En este caso, $n = 3$, por lo que el valor a considerar como índice aleatorio es 0,525.

- **Relación de consistencia** Finalmente, dada la relación de RC mostrada anteriormente, se obtiene

$$RC = \frac{IC}{IA} = \frac{0}{0,525} = 0$$

Dado que $RC = 0$, se puede decir que la matriz de juicios de valor es consistente, al igual que el vector de prioridades obtenido.

La validación del resto de los vectores de prioridades se muestra en los anexos de este trabajo.

10.2.9. Ponderaciones locales y globales para criterios y sub criterios

En la tabla 10.19, se presentan los resultados consolidados de los juicios emitidos por el grupo de expertos encuestados. Para cada criterio se presenta un ponderador local, que es el peso frente a los criterios del mismo ámbito, como también un ponderador global, que representa el peso considerando todos los criterios del problema.

Tabla 10.19: Resumen ponderaciones de criterios de evaluación, a partir de los juicios de expertos.

Sigla	Criterios	Ponderación Local	Ponderación Global
C1	Criterios Sociales	0,362	0,362
C1.1	Creación de empleo	0,379	0,137
C1.2	Aceptabilidad de la comunidad	0,336	0,122
C1.3	Concientización ambiental	0,285	0,103
C2	Criterios ambientales	0,350	0,350
C2.1	Tratamiento de residuos orgánicos	0,189	0,066
C2.2	Impacto en el territorio	0,163	0,057
C2.3	Cambio climático	0,169	0,059
C2.4	Uso de ERNC	0,164	0,057
C2.5	Sustentabilidad regional	0,183	0,064
C2.6	Desarrollo de la imagen ambiental	0,133	0,046
C3	Criterios económicos	0,288	0,288
C3.1	Desarrollo del turismo	0,325	0,094
C3.2	Maximización de recursos	0,348	0,100
C3.3	Ahorro en costos operacionales	0,327	0,094

(Fuente: Elaboración propia)

10.2.10. Nota de sub criterios y evaluación final de alternativas

Dentro de la encuesta realizada, se pidió que cada experto asignara una nota a los sub criterios estudiados por cada una de las alternativas propuestas, dependiendo de la escala de valores correspondiente. A partir de esa información, se obtiene un puntaje promedio por sub criterio para cada alternativa, presentado en la tabla 10.20.

Tabla 10.20: Puntaje promedio para cada subcriterio analizado dentro de las encuestas, en función de las alternativas propuestas.

Sigla	Criterios	Promedio A1	Promedio A2
C1	Criterios Sociales		
C1.1	Creación de empleo	2,67	1,00
C1.2	Aceptabilidad de la comunidad	3,67	1,67
C1.3	Concientización ambiental	4,33	1,00
C2	Criterios ambientales		
C2.1	Tratamiento de residuos orgánicos	5,00	1,00
C2.2	Impacto en el territorio	3,33	1,67
C2.3	Cambio climático	4,67	1,00
C2.4	Uso de ERNC	5,00	1,00
C2.5	Sustentabilidad regional	4,33	1,00
C2.6	Desarrollo de la imagen ambiental	4,33	1,00
C3	Criterios económicos		
C3.1	Desarrollo del turismo	4,33	1,67
C3.2	Maximización de recursos	3,33	1,00
C3.3	Ahorro en costos operacionales	4,33	1,67

(Fuente: Elaboración propia)

Al comparar la nota promedio de cada sub criterio para ambas alternativas propuestas, junto con las ponderaciones de criterios presentadas anteriormente, se obtiene la nota ponderada final de los proyectos, indicados en la tabla 10.21 y 10.22.

■ **Resultado alternativa A1**

Tabla 10.21: Nota ponderada para la alternativa de implementar la planta de biogás.

Sigla	Criterios	Promedio A1	Ponderación Global	Nota
C1	Criterios Sociales			1,26
C1.1	Creación de empleo	2,67	0,14	0,37
C1.2	Aceptabilidad de la comunidad	3,67	0,12	0,45
C1.3	Concientización ambiental	4,33	0,10	0,45
C2	Criterios ambientales			1,56
C2.1	Tratamiento de residuos orgánicos	5,00	0,07	0,33
C2.2	Impacto en el territorio	3,33	0,06	0,19
C2.3	Cambio climático	4,67	0,06	0,28
C2.4	Uso de ERNC	5,00	0,06	0,29
C2.5	Sustentabilidad regional	4,33	0,06	0,28
C2.6	Desarrollo de la imagen ambiental	4,33	0,05	0,20
C3	Criterios económicos			1,15
C3.1	Desarrollo del turismo	4,33	0,09	0,41
C3.2	Maximización de recursos	3,33	0,10	0,33
C3.3	Ahorro en costos operacionales	4,33	0,09	0,41
Nota Final				3,97

(Fuente: Elaboración propia)

■ Resultdo alternativa A2

Tabla 10.22: Nota ponderada para la alternativa de no implementar la planta de biogás.

Sigla	Criterios	Promedio A2	Ponderación Global	Nota
C1	Criterios Sociales			0,44
C1.1	Creación de empleo	1,00	0,14	0,14
C1.2	Aceptabilidad de la comunidad	1,67	0,12	0,20
C1.3	Concientización ambiental	1,00	0,10	0,10
C2	Criterios ambientales			0,39
C2.1	Tratamiento de residuos orgánicos	1,00	0,07	0,07
C2.2	Impacto en el territorio	1,67	0,06	0,10
C2.3	Cambio climático	1,00	0,06	0,06
C2.4	Uso de ERNC	1,00	0,06	0,06
C2.5	Sustentabilidad regional	1,00	0,06	0,06
C2.6	Desarrollo de la imagen ambiental	1,00	0,05	0,05
C3	Criterios económicos			0,41
C3.1	Desarrollo del turismo	1,67	0,09	0,16
C3.2	Maximización de recursos	1,00	0,10	0,10
C3.3	Ahorro en costos operacionales	1,67	0,09	0,16
Nota Final				1,24

(Fuente: Elaboración propia)

A partir de ambos resultados presentados en ambas tablas, se puede ver claramente que la implementación de la planta de biogás presenta una nota mayor que la alternativa de no realizar el proyecto. Esto quiere decir, que los expertos encuestados creen, a partir de su experiencia, que la implementación es factible, lo que apoya también el resultado del análisis económico obtenido.

11 | Conclusiones

La industria pesquera artesanal, tanto mundial como nacional ha experimentado bajas en la producción debido a la escases en la que se encuentran ciertos productos marinos, a la sobre explotación por parte de la pesca industrial, y además a un aumento sustancial en la importancia de la acuicultura. Esto no solo afecta económicamente a los países productores en cuando a ingresos por ventas, sino que además es una dificultad para las personas que viven directamente de los ingresos generados por las actividades pesqueras. En Chile, esta situación se ve reflejada en los diferentes movimientos sociales que se han desarrollado en apoyo a la pesca artesanal, ya sea por falta de financiamiento o en contra de los otros métodos de explotación, por el daño que producen a la pesca artesanal. A raíz de las múltiples problemáticas sociales, económicas y ambientales que se han identificado dentro de la industria y la comunidad alrededor de la pesca artesanal, es que se han implementado diferentes proyectos y actividades para fomentar el desarrollo social y económico de los principales actores del rubro.

Por otro lado, existe un consenso mundial de que se está llegando a un límite sin retorno en cuanto al consumo energético global, y a la explotación de combustibles fósiles y contaminantes. Debido a esto, se han generado diferentes instancias para reducir las emisiones de gases nocivos, e implementar el uso de energías limpias para sustentar el creciente consumo energético. En Chile se han desarrollado planes ambientales a nivel nacional para apoyar con la disminución de gases, el uso eficiente de la energía, e implementar métodos de generación de energía renovable, como por ejemplo, el plan de acción de eficiencia energética 2020 mencionado a lo largo de este trabajo.

Considerando estos antecedentes, el proyecto de implementación de una planta de biogás para la generación de energía a base de residuos y materiales orgánicos parece

resolver en cierto grado estas problemáticas. El proyecto presenta tres beneficios principales, donde se destaca el uso de residuos o elementos contaminantes para la generación de energía, la utilización de energía limpia en lugar de combustibles fósiles, aportando a la disminución de la contaminación, y por último, la generación de ingresos para la comunidad pesquera y para la localidad de implementación, promoviendo el desarrollo y crecimiento económico, social y ambiental. El atributo más importante del proyecto es su capacidad de ser replicado en otras localidades, creando así un método o modelo de sustentabilidad enfocado hacia la comunidad pesquera, pero obteniendo beneficios a nivel nacional, con la generación de energía a partir de recursos renovables. Esto no solo sigue los lineamientos propuestos por el gobierno para implementar medidas medioambientales a lo largo del país, sino que entrega sustento y apoyo social a las localidades de implementación, y específicamente a la comunidad pesquera del sector.

Para la selección de la localización de implementación, la principal fuente de información fue un estudio social sobre las caletas pesqueras dentro de la región de Valparaíso, desarrollado por la Universidad Católica de Valparaíso. A partir de un análisis de variables sociales y económicas, se determinó que la caleta San Pedro de Algarrobo era la localidad que presentaba mayor impacto positivo a nivel económico y social. Cabe destacar que la fuente de información social utilizada es de los únicos estudios en profundidad que existen, y que la realización de este fue en el año 2011, una mejora sustancial para el trabajo presentado sería realizar un estudio previo sobre el estado actual de la comunidad pesquera. El estudio se centraría en los mismos parámetros sociales que definieron el lugar de instalación en este proyecto, pero el hecho de realizar los cálculos con datos actualizados podría mejorar aún más el impacto que provocaría la implementación de una planta de biogás en la comunidad pesquera de la localidad.

Considerado el caso de estudio en la caleta San Pedro de Algarrobo, se aprovecharon tanto los residuos generados de la actividad pesquera, como también residuos orgánicos provenientes problemáticas medioambientales que se identificaron en el transcurso del trabajo. Debido a esto, la inversión no solo considera como actores al sector pesquero, sino que la municipalidad toma un rol activo, siendo el principal moderador de la implementación. Para que se mantenga uno de los objetivos principales del proyecto, que impulsar el

desarrollo social en la comunidad pesquera a partir de los ingresos generados del proyecto, se propone que un porcentaje de las ganancias sean destinadas específicamente al mejoramiento social de la comunidad pesquera, a través de proyectos de infraestructura, talleres sociales, creación de áreas verdes, o lo que sea necesario para mejorar la calidad de vida de los trabajadores y sus familias. Una metodología posible para realizar esto, sería asignar a un delegado dentro de la municipalidad, principalmente a alguien del departamento social, que tenga directa relación con el presidente del sindicato de pescadores, de manera de saber cuáles son sus necesidades. Así, se pueden promover diferentes proyectos financiados a partir de las ganancias generadas por el proyecto.

A partir de la evaluación económica, para el caso conservador se ve que el proyecto es factible según los indicadores económicos utilizados, con un VAN positivo, una TIR mayor que la tasa social utilizada, y un PAYBACK dentro de los parámetros de un proyecto social de esta envergadura. Una mejora sustancial que podría tener el proyecto en cuanto a los datos utilizados, sería proyectar de manera verídica el nivel de desembarques registrados, ya que inciden directamente en los ingresos y costos del proyecto. Esto se podría realizar en conjunto con entidades del gobierno centradas en la pesca, como Sernapesca o Subpesca, de tal manera que se tenga información de todas las variables que influyen en el nivel de recursos disponibles. Para esta evaluación se considera un financiamiento del 50 % de la inversión requerida por parte inversionistas externos. En un principio se consideró la opción de no incluir financiamiento externo, con el objetivo de reducir los actores participantes, simplificando el proyecto. En la realidad, es probable que una fracción del proyecto sea financiada por la municipalidad, mientras que el resto será por parte de inversionistas privados o por fondos de fomento social, ya sea hacia la comunidad pesquera, la comuna de Algarrobo, o incluso fondos de financiamiento a proyectos medioambientales. Se considera el 50 % a partir de financiamientos estudiados dentro del análisis social de las caletas pesqueras, pero este porcentaje puede variar dependiendo de la disponibilidad de fondos, afectando directamente la rentabilidad económica del proyecto.

A modo de recomendación para el análisis económico, se podría considerar la comercialización de sub productos derivados del proceso anaeróbico de la planta de biogás. En este caso, no se consideraron como ingresos directos o ahorro el uso del lodo proveniente

de la digestión de las bacterias, ya que no se obtuvo información confiable sobre el valor comercial de este producto. Por otro lado, se podría tomar en cuenta la posibilidad de formar economías de escala entre las caletas estudiadas. Tal como se menciona dentro del estudio de factibilidad, se realizó un levantamiento sobre la posibilidad de juntar dos o más caletas y realizar el proyecto de manera conjunta. Debido a que es necesario un plan de repartición de beneficios minucioso para trabajar con más de una municipalidad, se consideró que la mejor opción para un estudio de factibilidad teoría era realizar la implementación con una sola municipalidad. Pero la posibilidad de realizar la implementación entre comunas aledañas podría aumentar sustancialmente no solo los recursos disponibles, sino además los beneficiados por el proyecto, y por ende, el número de medidas sociales y ambientales que se pueden desarrollar, entregándole aún más valor a la implementación de la planta de biogás.

Debido a que el proyecto no solo considera variables cuantitativas, se realizó un análisis multicriterio para dar valores a los factores cualitativos que pueden afectar la decisión de implementar o rechazar el proyecto propuesto. Considerando como criterios principales el ámbito social, ambiental y económico, se realizaron encuestas con 4 expertos del área de evaluación de proyectos ambientales y sociales, con el fin de obtener una opinión de experiencia y objetiva frente a cual alternativa es mas conveniente. Se consideraron dos alternativas, donde la primera consiste en llevar a cabo la implementación de la planta de biogás, mientras que la segunda desecha esta implementación, considerando que existen otras formas mas eficientes y beneficiosas de resolver los problemas presentados en la localidad. Luego de realizar el calculo de ponderadores, vectores de prioridades, y consistencia para los parámetros a utilizar, se llegó a la conclusión de que realizar el proyecto presenta beneficios mucho mayores frente a la alternativa de no realizar la implementación de la planta de biogás. Esto refuerza la idea de que el beneficio generado no es solo económico, sino que aporta al desarrollo y bienestar social de la comunidad pesquera y de la localidad en general. Cabe destacar que dentro del análisis no se consideró la opinión directa de los trabajadores de la caleta o de la representación municipal de Algarrobo, debido a la dificultad de generar consenso entre las partes de acuerdo a los criterios y sub criterios considerados. Una mejora importante al proyecto sería considerar a

estos actores dentro del análisis multicriterio, tanto en la toma de encuestas como también en la decisión de criterios y sub criterios relevantes, ya que entregarían información clave sobre los temas sociales importantes a considerar.

Tal como indica tanto la evaluación económica como el análisis multicriterio, la implementación de una planta de biogás para generación de energía eléctrica a partir de residuos se considera factible para el caso de estudio en la caleta San Pedro de Algarrobo. Aun cuando la factibilidad depende de muchos factores que varían de acorde a la localidad estudiada, el objetivo de determinar una metodología y un proceso de implementación para hacer replicable el proyecto se cumple a lo largo del estudio presentado. La implementación de un proyecto energético a base de recursos renovables implica una reducción en la dependencia de recursos fósiles, una solución a problemas de contaminación en la localidad a implementar, y una fuente de ingresos directos para el desarrollo social en la comunidad. El trabajo presentado solo considera de manera teórica todos los análisis expuestos, por lo que el siguiente paso sería realizar un proyecto piloto para demostrar la utilidad de la implementación. Ya con datos concretos sobre los beneficios que se generarían a nivel local, sería posible replicar la metodología a nivel nacional, apoyando a la implementación de métodos sustentables de energía, y entregando un uso para los recursos extraídos de la pesca artesanal, actividad que define y representa a una gran cantidad de personas a lo largo del país y del mundo.

Bibliografía

- Agencia Andaluza de la Energía (2011). *Estudio Básico del Biogás*. Consejería de Economía, Innovación y Ciencia. [4.5.3](#)
- AQUA (2014a). Cámara de Diputados aprobó proyecto de resolución que prohíbe la pesca de arrastre. [4.2.2](#)
- AQUA (2014b). Las reacciones del sector frente al fraccionamiento 80/20 de la jibia. [4.2.2](#)
- AQUA (2014c). Trabajadores industriales en alerta por discusión sobre pesca de arrastre. [4.2.2](#)
- AQUA (2015a). Caleta Portales: Residuos de pesca artesanal serán utilizados como insumo acuícola. [4.2.2](#)
- AQUA (2015b). Dirigentes de la Conapach consideran urgente revisar la Ley de Pesca en el Congreso. [1](#)
- Brennan, Pat (2016). Power play: Envisioning a wind, water and solar world. [4.4.1](#)
- Caro, Víctor (2014). *Estudio Caracterización del Sector de la Pesca en la Economía Social y Cooperativa*. Subsecretaría de Economía y Empresas de Menor Tamaño. [5](#), [6.1](#), [6.2](#), [6.3](#), [6.4](#), [6.5](#), [6.7](#), [6.8](#), [6.9](#), [6.10](#), [6.11](#), [6.12](#), [6.13](#), [6.14](#)
- Carrasco, Juan Luis (2015). *Planta De Biogás Para Autoabastecimiento Energético : Una Estrategia Para Diferentes Contextos*. Memoria para optar al título de ingeniero civil en biotecnología, Universidad de Chile. [\(document\)](#), [4.5.2](#), [4.21](#), [4.22](#), [4.5.3](#), [4.5](#), [7](#), [4.5.4](#), [4.23](#), [4.24](#), [4](#), [4.25](#), [4.26](#), [4.5.5](#)
- Chavez, Lester (2015). La necesidad de ampliar las 5 millas de la pesca artesanal para asegurar los alimentos a los chilenos. [4.2.2](#)
- CONAPACH (2015). Nuestra institución. [4.2.1](#)
- CONDEPP (2015). Quienes somos. [4.2.1](#)
- CONFEPACH (2013). Quienes somos, nuestra historia. [4.2.1](#)
- Cox, Francisco y Bravo, Pablo (2013). SECTOR PESQUERO y ACUÍCOLA. ODEPA, Ministerio de Agricultura. [1](#)

- Cox, Francisco y Bravo, Pablo (2014). Sector pesquero: evolución de sus desembarques, uso y exportación en las últimas décadas. *ODEPA, Ministerio de Agricultura*, IV. ([document](#)), [1](#), [4.3](#), [4.4](#)
- de Inversiones, División de Evaluación Social (2014). *Precios Sociales Vigentes 2014*. Ministerio de Desarrollo Social. [8.1](#), [9.2.1](#), [9.6](#)
- de Pesca, División Jurídica Subsecretaría (2013). *Ley General de Pesca y Acuicultura*. *SERNAPESCA*. [1](#), [4.2.2](#), [6](#)
- DiarioUchile (2016). Las 15 demandas que la Mesa Provincial de Chiloé exige para poner fin a conflicto. [1](#), [4.2.2](#)
- Economipedia (2017). Payback – Plazo de Recuperación. [3](#)
- FAO (2014). *El estado mundial de la pesca y la acuicultura*. Roma: FAO, organización de las naciones unidas para la alimentación y agricultura. ([document](#)), [4.1.1](#), [4.1](#), [4.1](#), [4.1.1](#), [4.1.1](#), [4.2](#)
- FAO (2016). *Acuicultura*. [4.1.1](#)
- FAP (2016). *Pesca Artesanal*. [2](#)
- FFAP (2016). *Qué es el FFPA*. [3](#)
- Finanzas, Dirección de Administración y (2017). *Presupuesto de Ingresos y Gastos 2017*. Ilustre Municipalidad de Algarrobo. [8.3](#)
- G., Guillermo Martínez; M., Patricia Molina; y F., Jaime Aguilera (2013). *CONTRATACION EQUIPO PROFESIONAL PARA EL APOYO Y ASESORÍA DE UN PLAN DE DESARROLLO DE LA PESCA ARTESANAL DE LA REGION VALPARAÍSO*. PhD thesis, Pontificia Universidad católica de Valparaíso. ([document](#)), [1](#), [5](#), [5](#), [6](#), [A.3](#), [A.6](#), [A.9](#), [A.12](#), [A.15](#), [A.18](#), [A.21](#), [A.24](#), [A.27](#), [A.30](#), [A.33](#), [A.36](#), [A.39](#), [A.42](#)
- Gaete Rosales, Rafael Ignacio (2016). *Mitigación del impacto ambiental de la bahía de Quintero mediante la implementación de un parque eólico offshore*. Tesis para optar al grado de magíster en ciencias de la ingeniería industrial y al título de ingeniero civil industrial, Universidad Técnica Federico Santa María. ([document](#)), [4.31](#), [4.32](#), [4.34](#), [A.43](#)
- Gonzalez, Exequiel; Cerda, Rene; Quezada, Jorge; Martinez, Guillermo; Lopez, Ernesto; Thomas, Felipe; y Merino, Jose (2013). *Diagnóstico del Estado y Tendencias de la Pesca Artesanal en Chile Proyecto*. PhD thesis. ([document](#)), [4.2](#), [4.1.3](#), [4.6](#), [4.7](#), [4.2.1](#), [4.8](#), [4.2.1](#), [4.9](#), [4.3.1](#), [4.10](#), [4.3.2](#), [4.11](#), [4.3.2](#), [4.12](#), [4.3.3](#), [4.13](#), [4.3.3](#), [4.3.4](#), [4.14](#), [4.15](#), [4.3.5](#)
- Gtz; Chamy, Rolando; Vivanco, Elba; y Escuela de Ingeniería Bioquímica, Pucv (2008). *Potencial de Biogás. Identificación y clasificación de los distintos tipos de biomasa disponible en Chile para la generación de biogás de los distintos tipos de biomasa disponible en Chile*.

- Guzmán, Carlos Patricio (2017). *Respuesta Transparencia Municipal*. Oficina de Transparencia Municipal, Municipalidad de Cartagena. [8.1](#)
- Guzmán, Carlos Patricio y García, Luis Rodrigo (2017). *Presupuesto Inicial Área Municipal*. Municipalidad de Cartagena. [8.1](#)
- Intendencia de la Región de Valparaíso (2017). Millonaria Inversión para Terminar con Verteder de Cartagena. [8.1](#)
- Maison, Marañón; Nava, Fernández; y Peláez, Castrillón (2009). *Manual de Estado del Arte de la Co-digestión Anaerobia de Residuos Ganaderos y Agroindustriales*. Ministerio de Ciencia e Innovación, Gobierno de España. [4.5.3.1](#), [4.6](#), [4.7](#), [4.8](#)
- Ministerio de Energía (2013). Plan de acción de eficiencia energética 2020. ([document](#)), [4.4.2](#), [4.18](#), [4.19](#), [10.2.4.2](#)
- Ministerio de Energía (2015a). Biomasa. [4.5.1](#)
- Ministerio de Energía (2015b). Energía 2050. ([document](#)), [4.4.2](#), [4.20](#)
- MMA (2016). Región de Valparaíso se prepara para cerrar vertederos y mejorar operaciones en rellenos sanitarios. [8.3](#)
- NASA (2015a). Climate change: How do we know? ([document](#)), [1](#), [4.4.1](#), [4.17](#)
- NASA (2015b). Global Temperature. ([document](#)), [4.4.1](#), [4.16](#), [4.4.1](#)
- Negocios, Crece (2017). El VAN y el TIR. [1](#), [2](#)
- Pacheco, Juan Francisco y Contreras, Eduardo (2008). *Manual metodológico de la evaluación multicriterio para programas y proyectos*. Naciones Unidas. ([document](#)), [4.6.1](#), [4.27](#), [4.6.1](#), [4.6.2](#), [4.28](#), [4.29](#), [4.30](#), [6](#), [7](#), [4.9](#), [7](#), [4.33](#), [10.2](#), [10.2.4](#), [10.2.7](#), [10.2.8](#)
- Pizarro, Gerardo (2017). *Respuesta Transparencia Municipal Algarrobo*. Oficina de Transparencia Municipal, Municipalidad de Algarrobo. ([document](#)), [8.3](#), [10.2](#), [10.3](#)
- Profesionales, UFFIZI (2014). *Plan de Desarrollo Comunal de Algarrobo 2013 - 2016*. Ilustre Municipalidad de Algarrobo. ([document](#)), [8.3](#), [9.4](#), [10.1](#), [10.1](#), [10.2.4.3](#)
- SERNAPESCA (2015a). *Anuario 2015 desembarques artesanales*. Ministerio de Economía, Fomento y Turismo. [4.1.4](#)
- SERNAPESCA (2015b). *Anuario 2015 Subsector Pesca Artesanal*. Ministerio de Economía, Fomento y Turismo. [4.1.3](#), [4.3](#), [4.1.4](#), [4.4](#), [9.4](#)
- SERNAPESCA (2015c). Informe en Actividades de Pesca y Acuicultura. ([document](#)), [4.1.2](#), [4.1.2](#), [4.5](#), [4.1.2](#), [4.1.3](#), [4.1.3](#)
- SERNAPESCA (2016). Pesca Artesanal. [1](#), [4.1.4](#), [4.2.2](#)
- SERNAPESCA (2017). Anuarios Estadísticos. [9.4](#), [9.4](#)

SII (2017). NUEVA TABLA DE VIDA ÚTIL DE LOS BIENES FÍSICOS DEL ACTIVO INMOVILIZADO. [9.3](#)

SUBPESCA (2016a). Actividades reguladas. [4.1.2](#), [4.1.3](#)

SUBPESCA (2016b). Nueva Ley de Pesca y Acuicultura N°20.657. [4.1.2](#), [4.2.1](#)

Vega, Cristián (2014). Centro de Manejo Ambiental Cartagena Sustentable. [8.1](#)



A | Anexos

A.1. Historia y contexto social de la pesca artesanal en la región de Valparaíso

A.1.1. Caleta Quintay

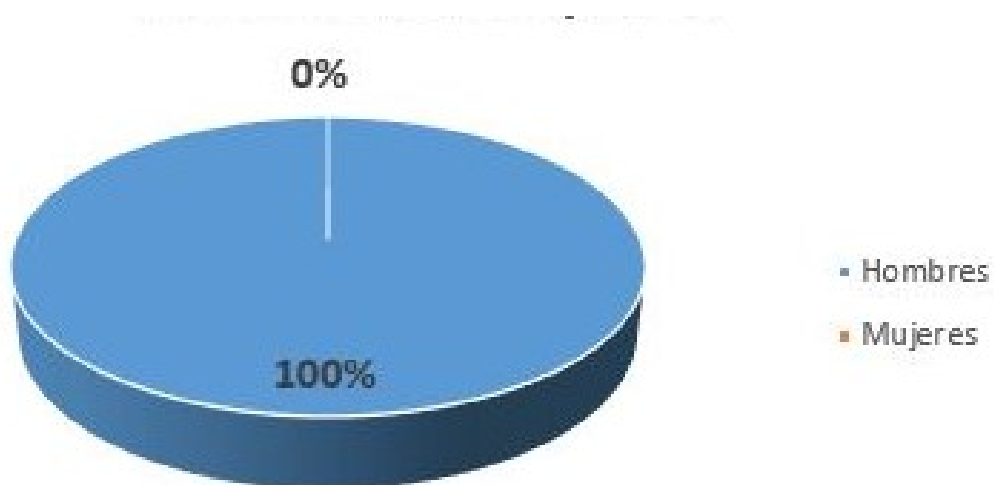


Figura A.1: Género de los trabajadores.
(Fuente: Elaboración Propia)

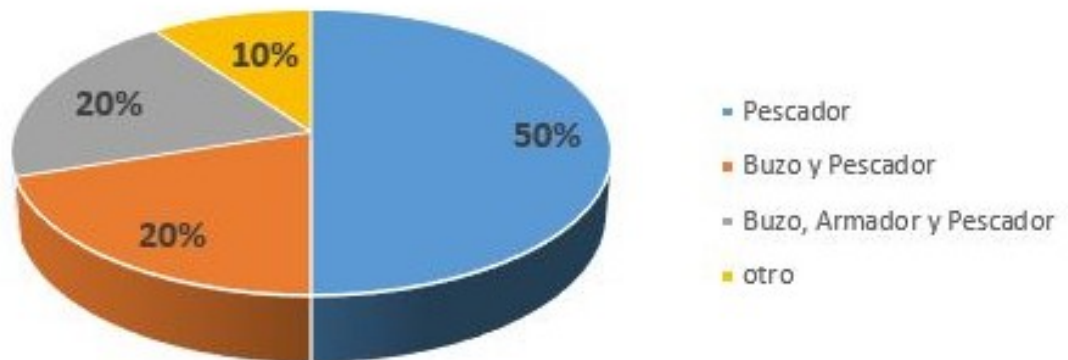


Figura A.2: Actividades desarrolladas por los trabajadores.
(Fuente: Elaboración Propia)

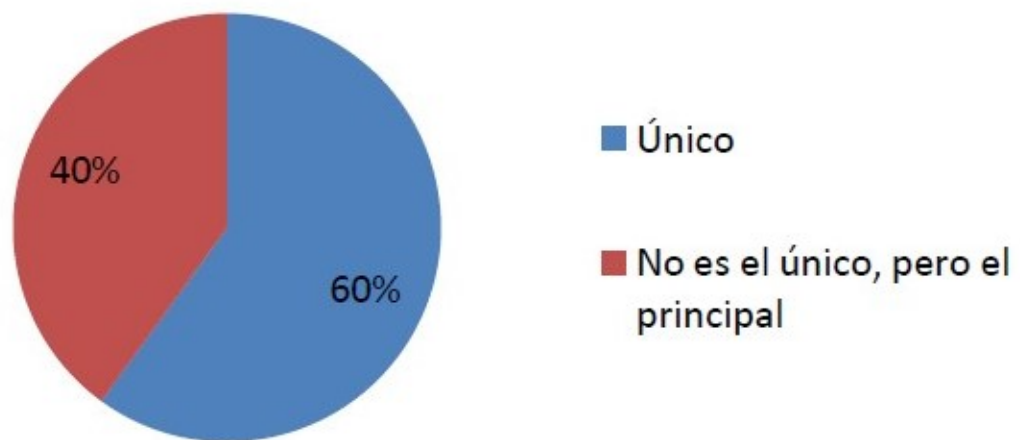


Figura A.3: Dependencia económica de las labores pesqueras en Quintay.
(Fuente: [G. et al. \(2013\)](#))

A.1.2. Caleta Laguna Verde

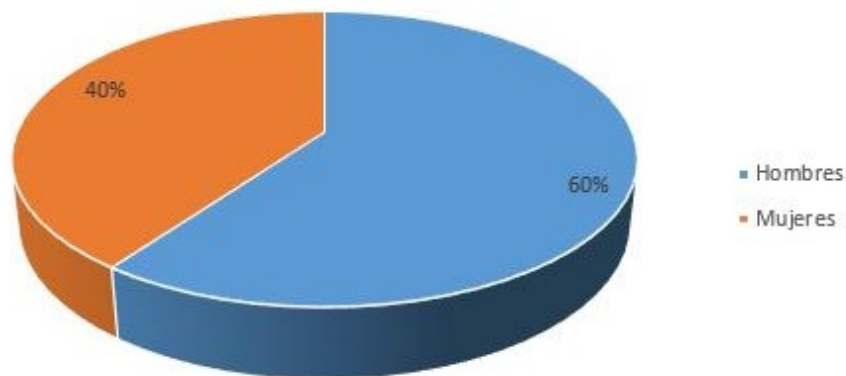


Figura A.4: Género de los trabajadores.

(Fuente: Elaboración Propia)

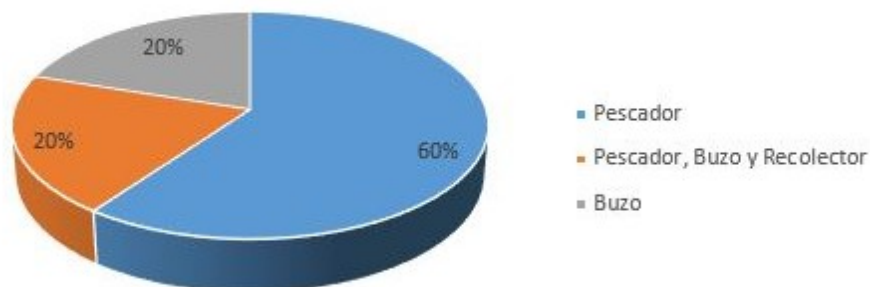


Figura A.5: Actividades desarrolladas por los trabajadores.

(Fuente: Elaboración Propia)

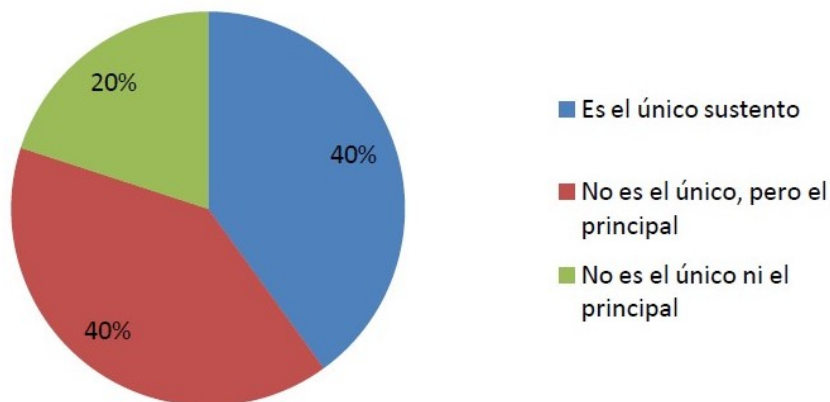


Figura A.6: Dependencia económica de las labores pesqueras en Laguna Verde.
(Fuente: G. et al. (2013))

A.1.3. Caleta Membrillo

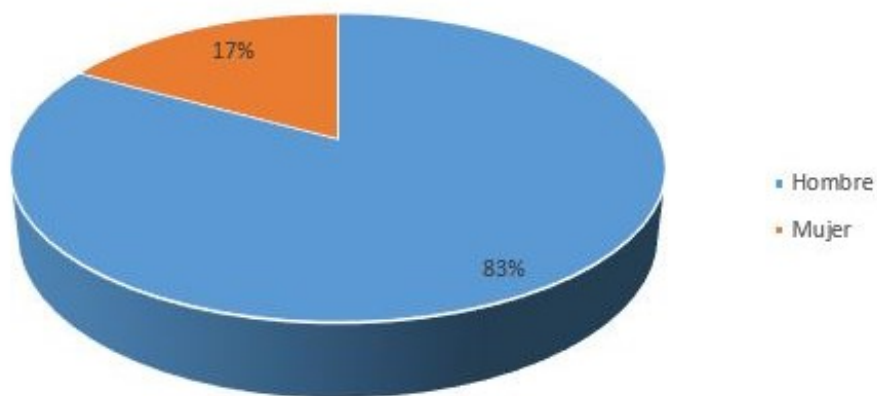


Figura A.7: Género de los trabajos.
(Fuente: Elaboración Propia)

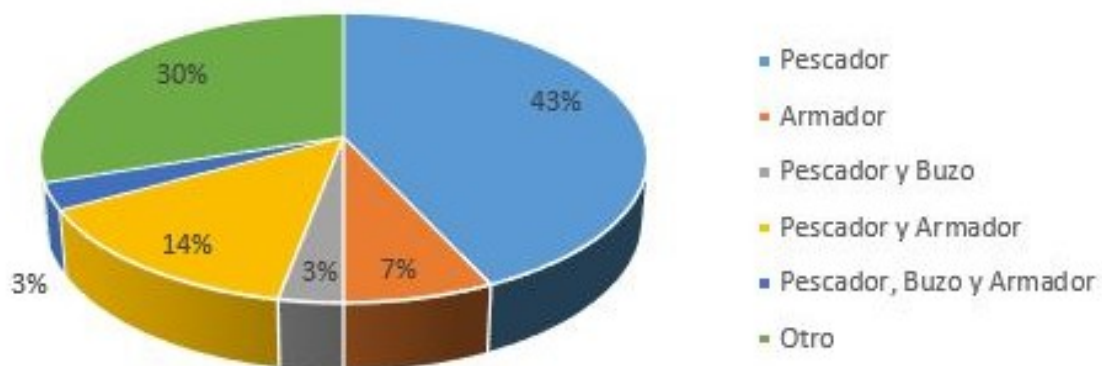


Figura A.8: Actividades desarrolladas por los trabajadores.
(Fuente: Elaboración Propia)

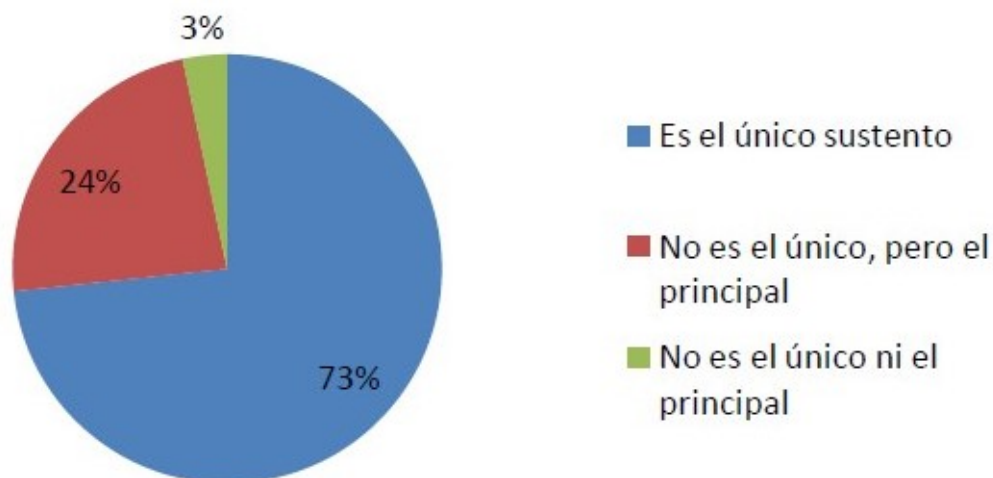


Figura A.9: Dependencia económica de las labores pesqueras en Caleta Membrillo.
(Fuente: [G. et al. \(2013\)](#))

A.1.4. Caleta Portales

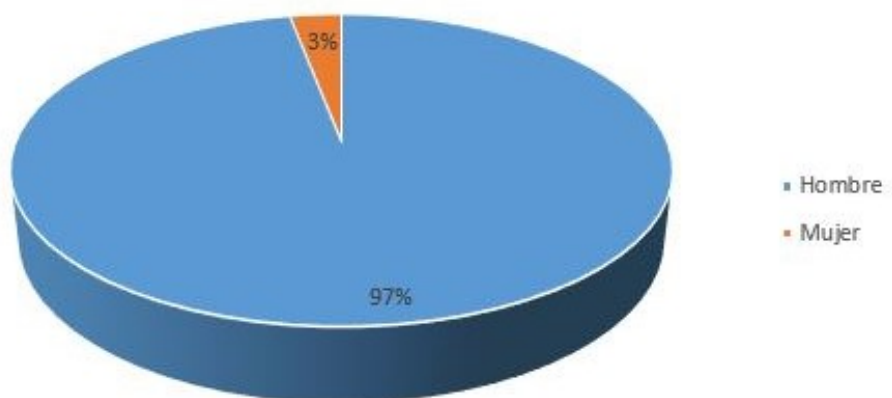


Figura A.10: Género de los trabajadores.
(Fuente: Elaboración Propia)

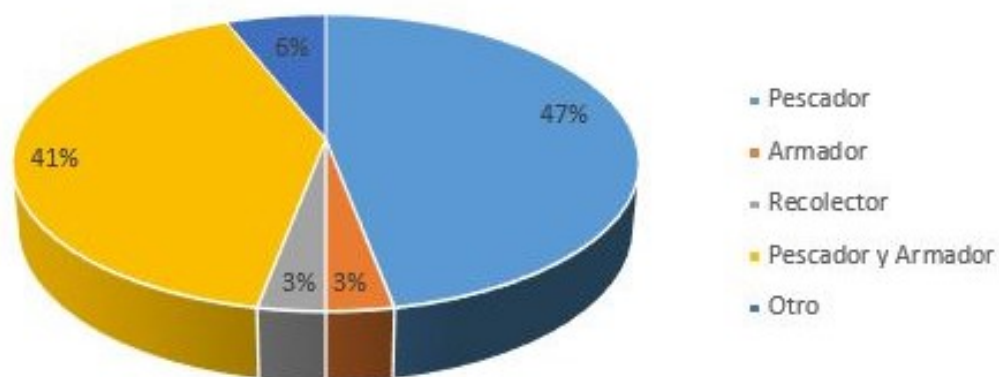


Figura A.11: Actividades desarrolladas por los trabajadores.
(Fuente: Elaboración Propia)

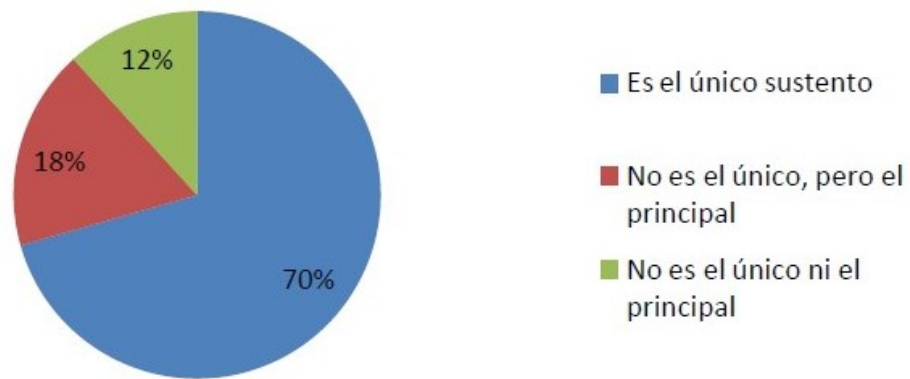


Figura A.12: Dependencia económica de las labores pesqueras en Portales.
(Fuente: G. et al. (2013))

A.1.5. Caleta Huigerillas

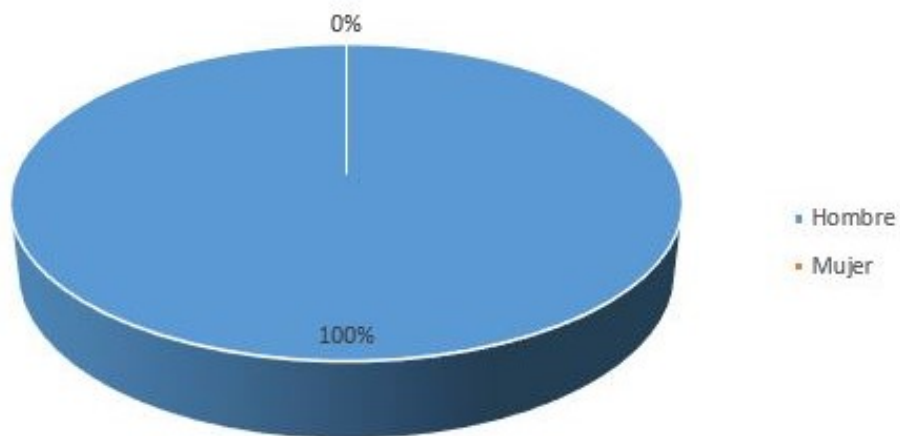


Figura A.13: Género de los trabajadores.
(Fuente: Elaboración Propia)

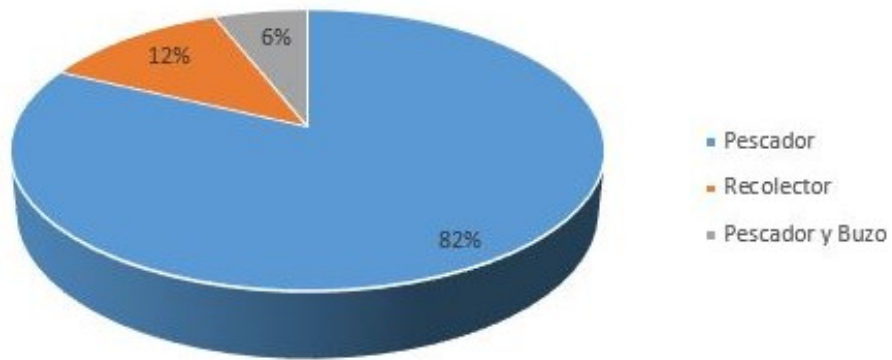


Figura A.14: Actividades desarrolladas por los trabajadores.
(Fuente: Elaboración Propia)

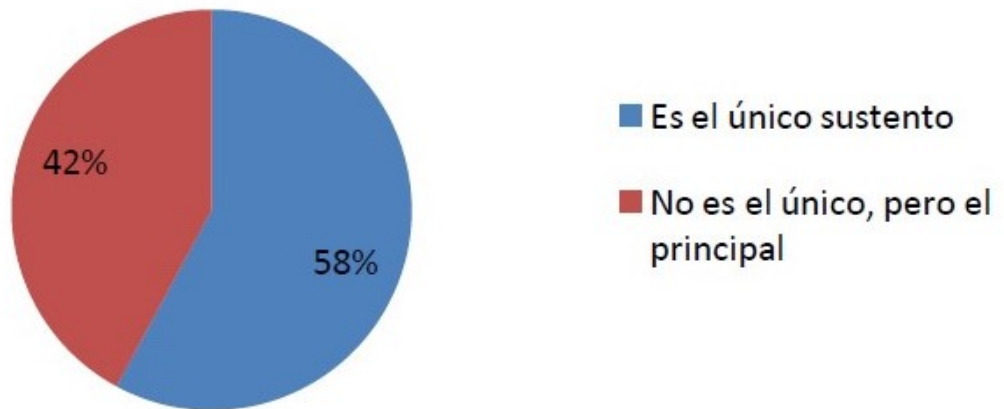


Figura A.15: Dependencia económica de las labores pesqueras en Higerillas.
(Fuente: [G. et al. \(2013\)](#))

A.1.6. Caleta San Pedro

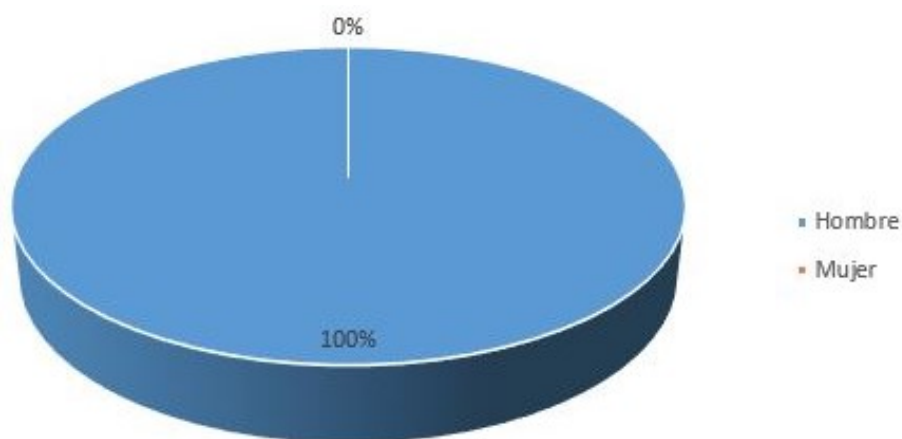


Figura A.16: Género de los trabajadores.
(Fuente: Elaboración Propia)

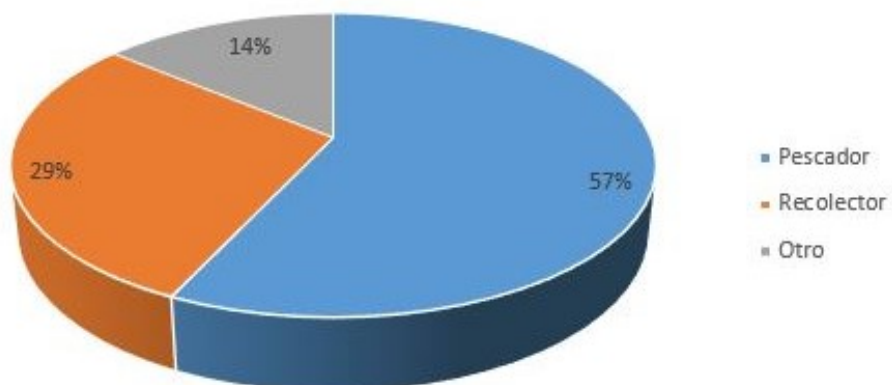


Figura A.17: Actividades desarrolladas por los trabajadores.
(Fuente: Elaboración Propia)

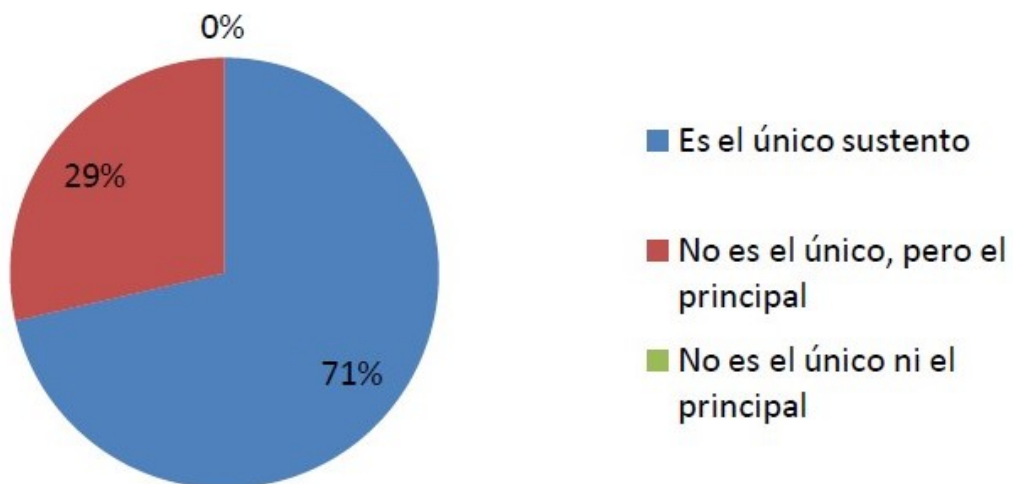


Figura A.18: Dependencia económica de las labores pesqueras en San Pedro.
(Fuente: G. et al. (2013))

A.1.7. Caleta Montemar

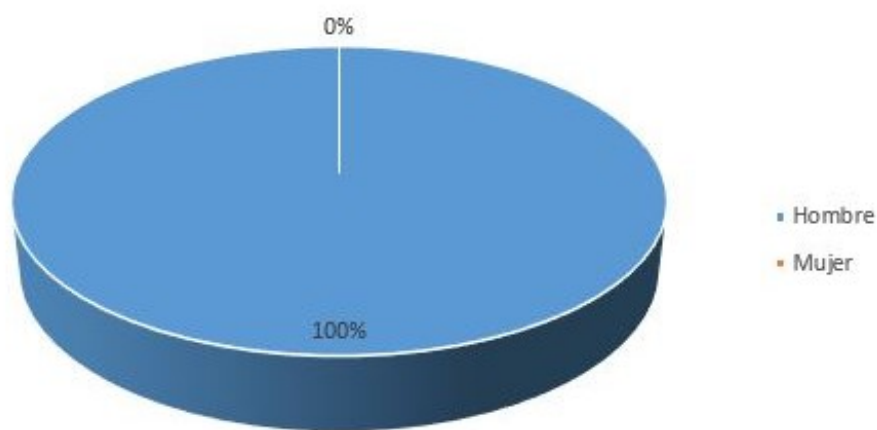


Figura A.19: Género de los trabajadores.
(Fuente: Elaboración Propia)

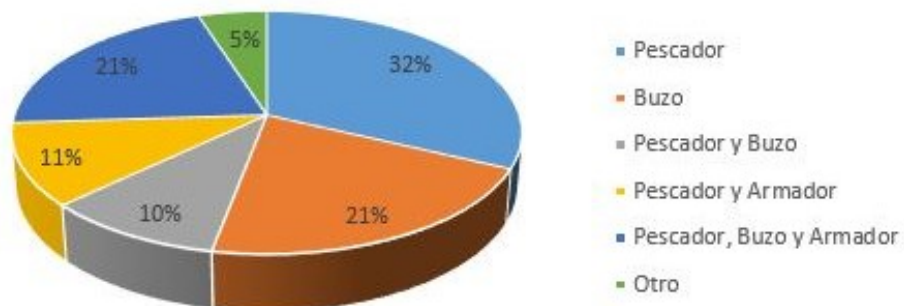


Figura A.20: Actividades desarrolladas por los trabajadores.
(Fuente: Elaboración Propia)

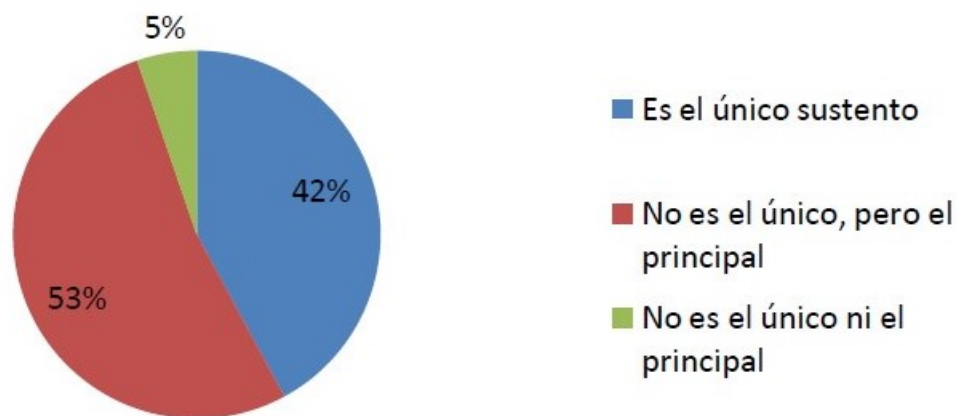


Figura A.21: Dependencia económica de las labores pesqueras en Montemar.
(Fuente: G. et al. (2013))

A.1.8. Caleta Algarrobo

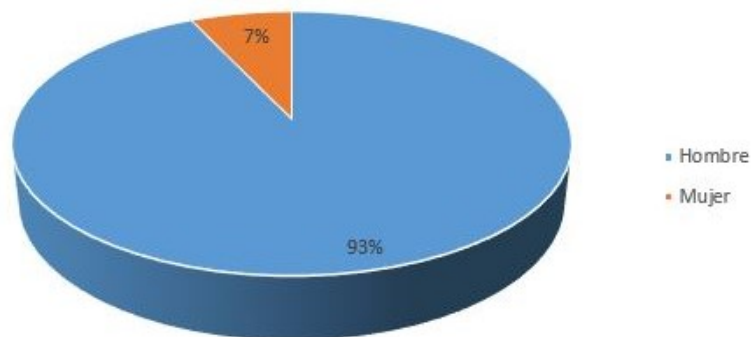


Figura A.22: Género de los trabajadores.
(Fuente: Elaboración Propia)

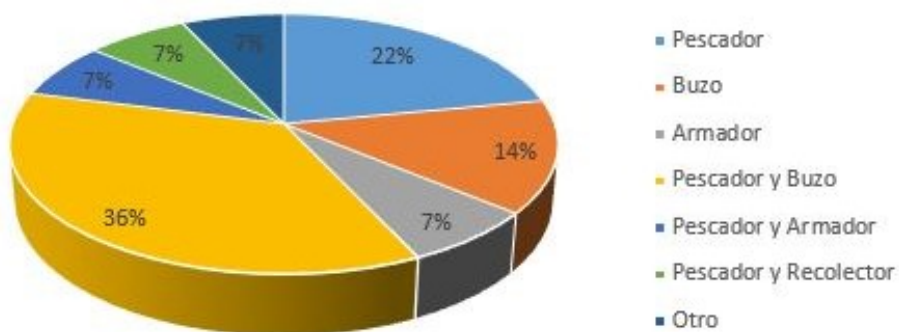


Figura A.23: Actividades desarrolladas por los trabajadores.
(Fuente: Elaboración Propia)

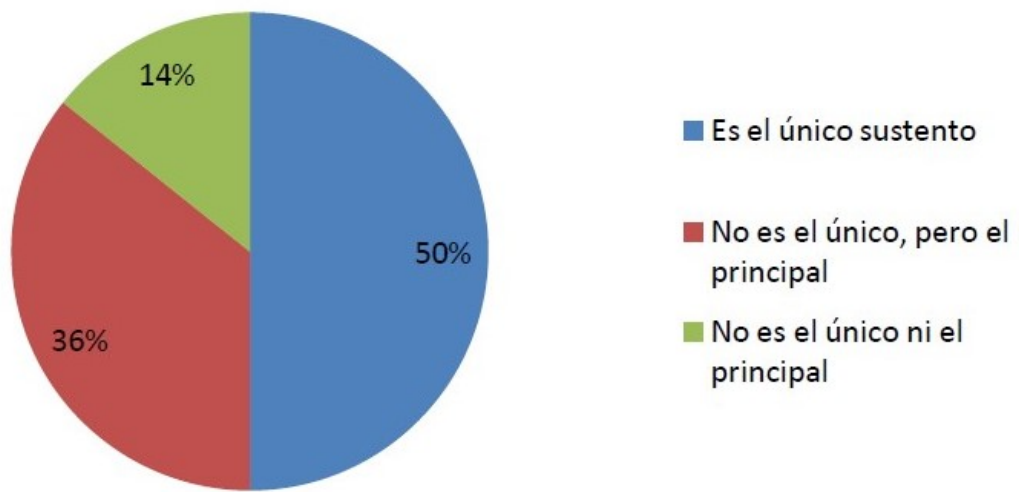


Figura A.24: Dependencia económica de las labores pesqueras en Algarrobo.
(Fuente: G. et al. (2013))

A.1.9. Caleta El Quisco

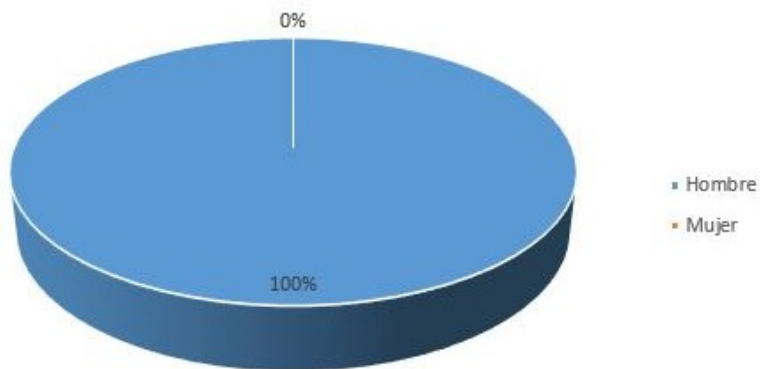


Figura A.25: Género de los trabajadores.
(Fuente: Elaboración Propia)

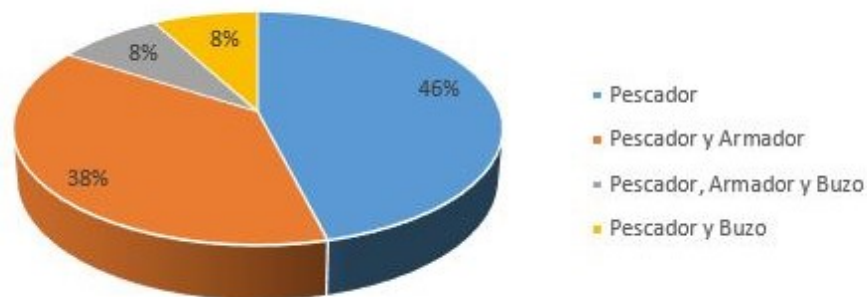


Figura A.26: Actividades desarrolladas por los trabajadores.
(Fuente: Elaboración Propia)

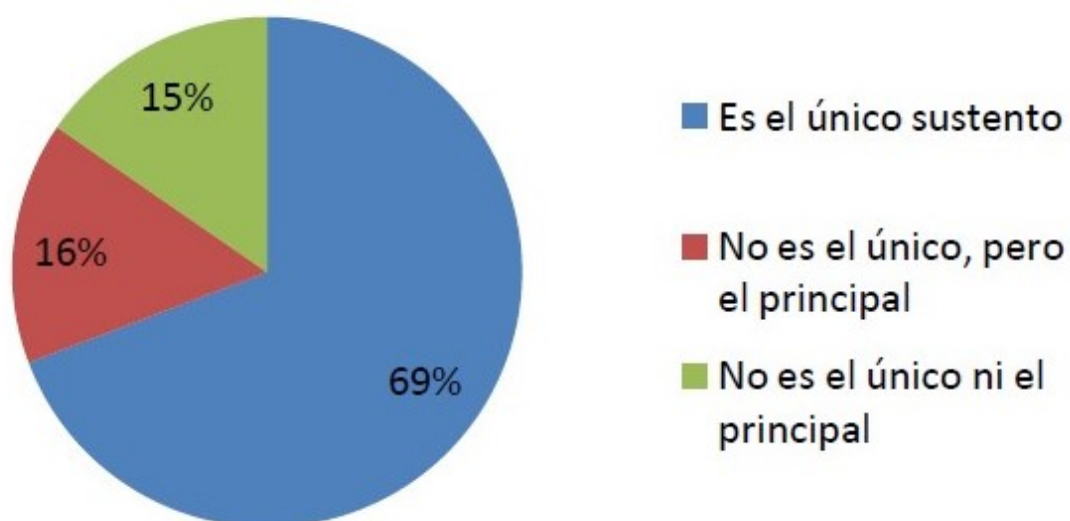


Figura A.27: Dependencia económica de las labores pesqueras en Algarrobo.
(Fuente: [G. et al. \(2013\)](#))

A.1.10. Caleta Las Cruces

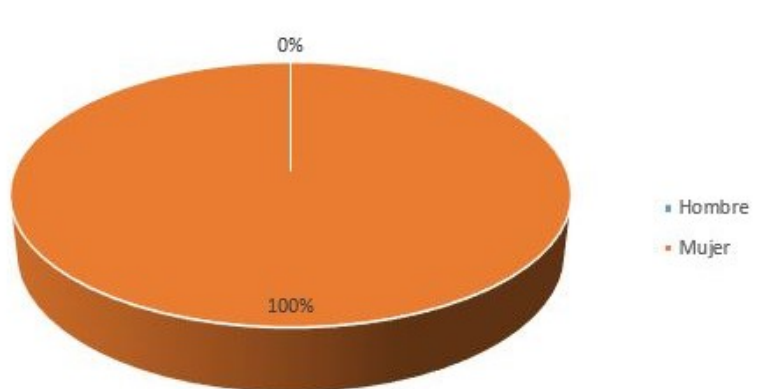


Figura A.28: Género de los trabajadores.
(Fuente: Elaboración Propia)

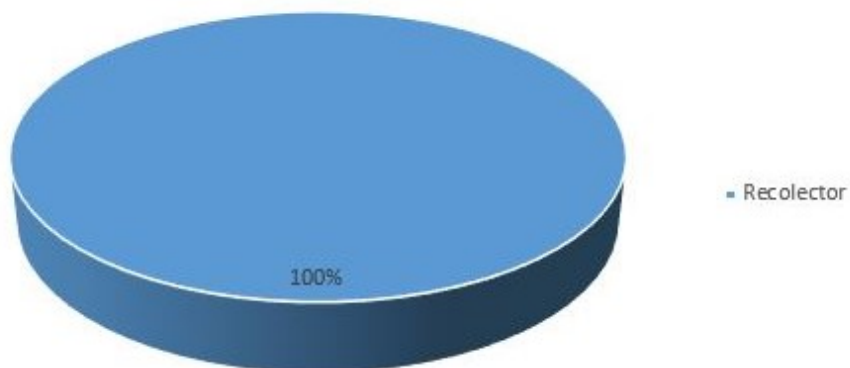


Figura A.29: Actividades desarrolladas por los trabajadores.
(Fuente: Elaboración Propia)

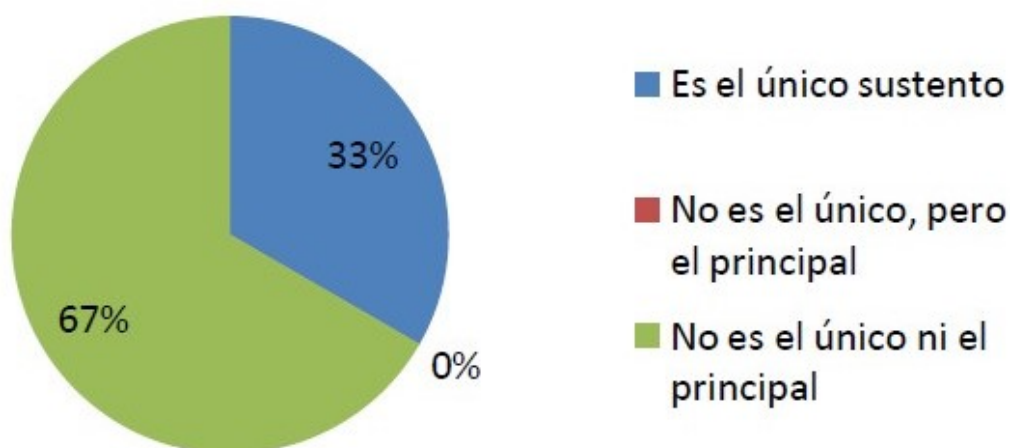


Figura A.30: Dependencia económica de las labores pesqueras en Algarrobo.
(Fuente: G. et al. (2013))

A.1.11. Caleta Cartagena

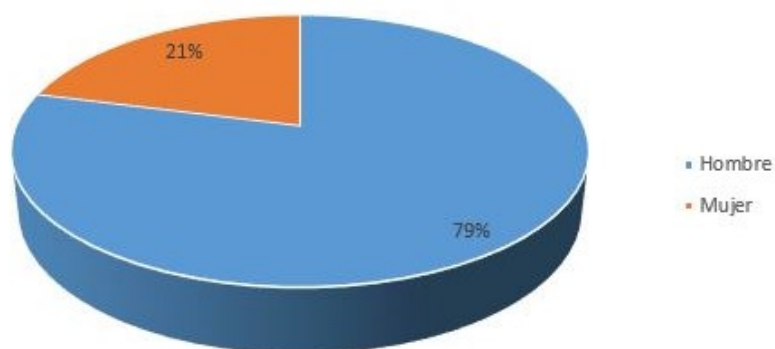


Figura A.31: Género de los trabajadores.
(Fuente: Elaboración Propia)

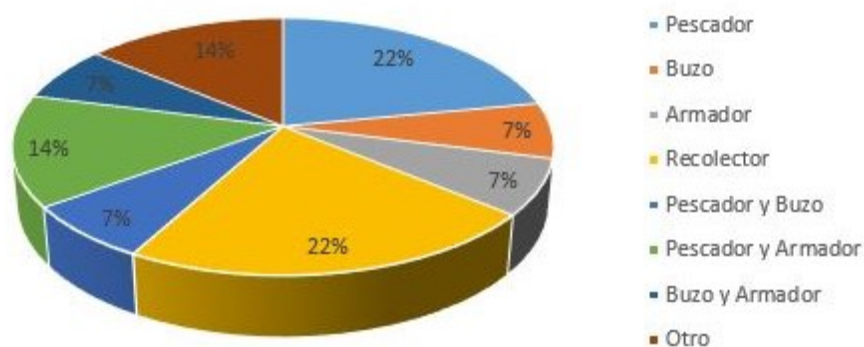


Figura A.32: Actividades desarrolladas por los trabajadores.
(Fuente: Elaboración Propia)



Figura A.33: Dependencia económica de las labores pesqueras en Cartagena.
(Fuente: [G. et al. \(2013\)](#))

A.1.12. Caleta Boca Rio Maipo

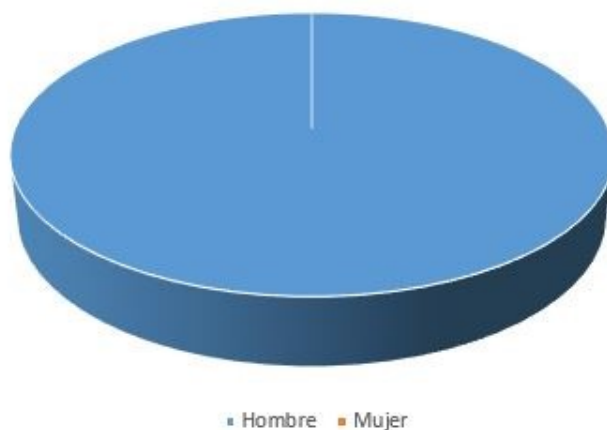


Figura A.34: Género de los trabajadores.
(Fuente: Elaboración Propia)

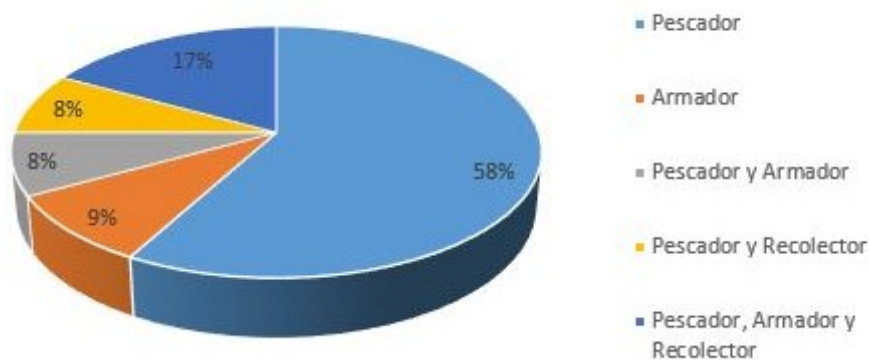


Figura A.35: Actividades desarrolladas por los trabajadores.
(Fuente: Elaboración Propia)

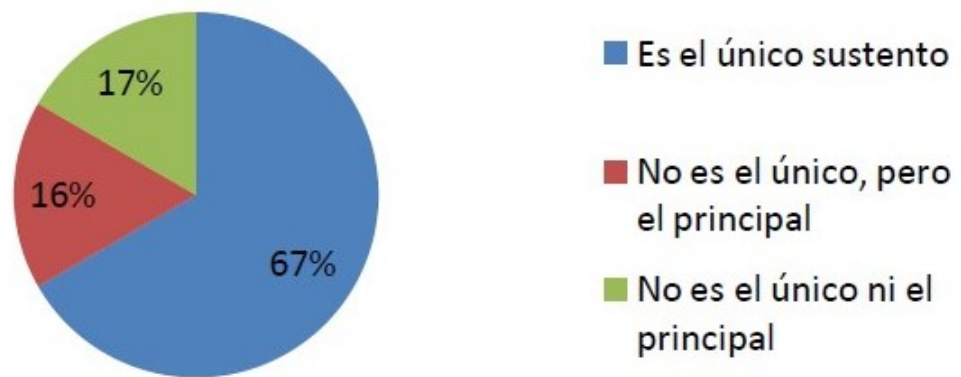


Figura A.36: Dependencia económica de las labores pesqueras en Boca Rio Maipo.
(Fuente: G. et al. (2013))

A.1.13. Caleta Puertecito

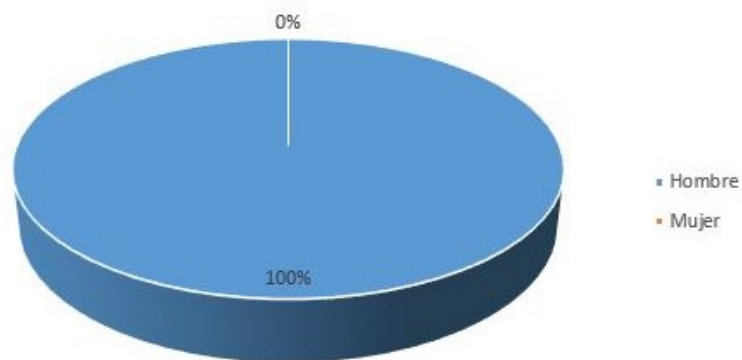


Figura A.37: Género de los trabajadores.
(Fuente: Elaboración Propia)

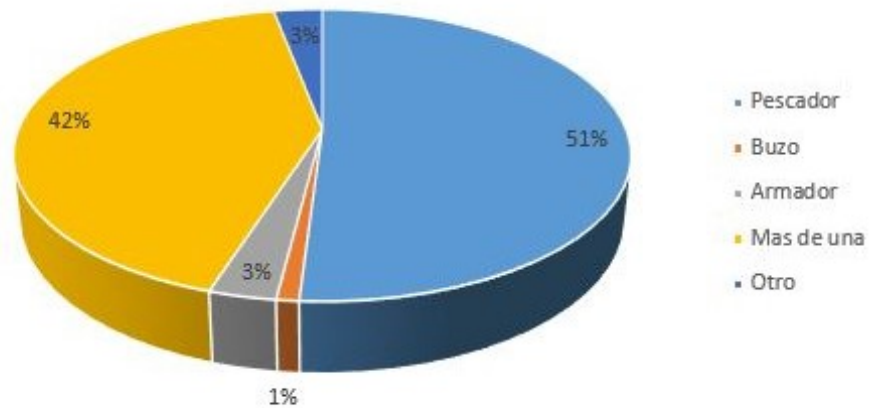


Figura A.38: Actividades desarrolladas por los trabajadores.
(Fuente: Elaboración Propia)

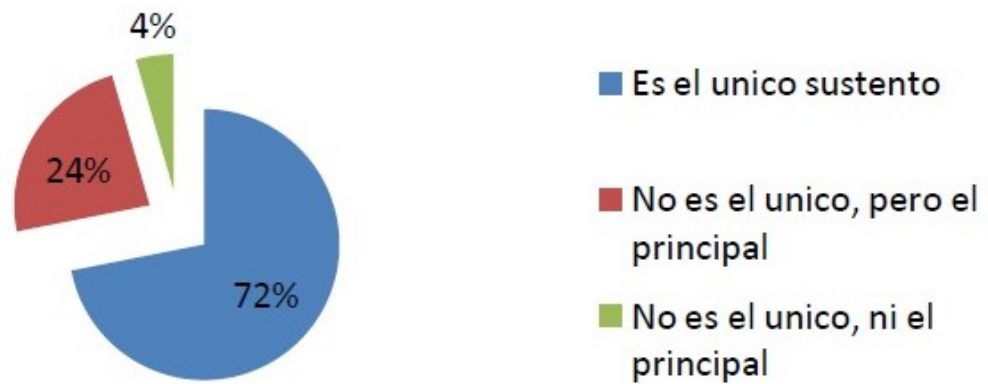


Figura A.39: Dependencia económica de las labores pesqueras en Puertecito.
(Fuente: [G. et al. \(2013\)](#))

A.1.14. Caleta Playa Mostazal

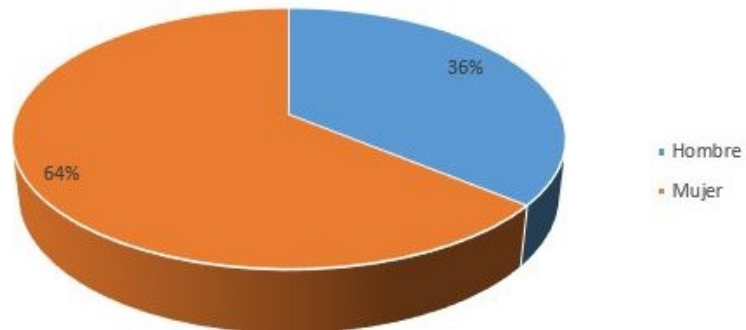


Figura A.40: Género de los trabajadores.
(Fuente: Elaboración Propia)

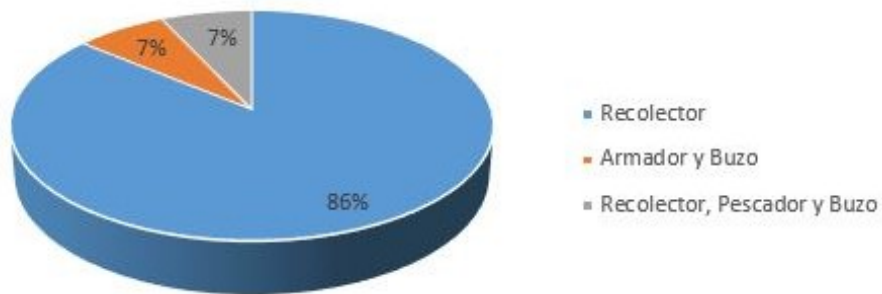


Figura A.41: Actividades desarrolladas por los trabajadores.
(Fuente: Elaboración Propia)

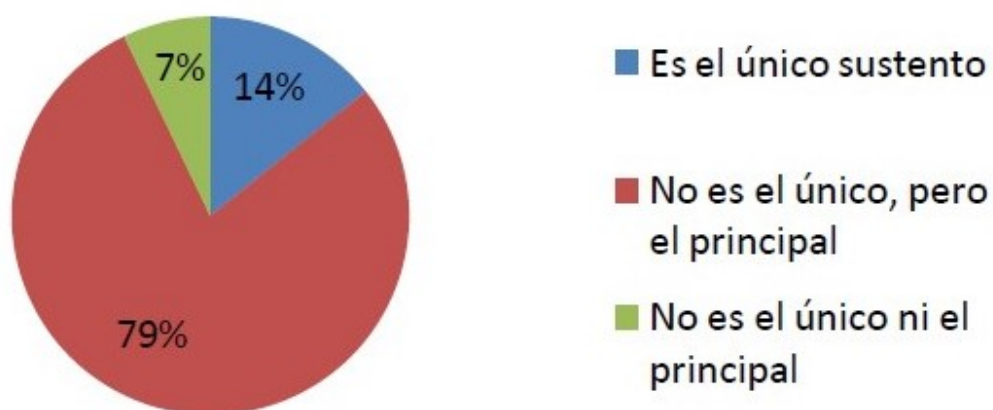


Figura A.42: Dependencia económica de las labores pesqueras en Playa Mostazal.

(Fuente: [G. et al. \(2013\)](#))

A.2. Evaluación económica

A.2.1. Análisis de escenarios

Tabla A.1: Valores de producción considerados para los tres escenarios estudiados.

Periodo	Optimista	Conservador	Pesimista
2015	1.029	1.029	1.029
2016	1.099	1.029	1.018
2017	1.168	1.029	1.008
2018	1.237	1.029	997
2019	1.307	1.029	987
2020	1.376	1.029	976
2021	1.445	1.029	966
2022	1.514	1.029	955
2023	1.584	1.029	944
2024	1.653	1.029	934
2025	1.722	1.029	923
2026	1.792	1.029	913
2027	1.861	1.029	902
2028	1.930	1.029	891
2029	2.000	1.029	881
2030	2.069	1.029	870
2031	2.138	1.029	860
2032	2.208	1.029	849
2033	2.277	1.029	839
2034	2.346	1.029	828
2035	2.416	1.029	817
2036	2.485	1.029	807
2037	2.554	1.029	796
2038	2.623	1.029	786
2039	2.693	1.029	775
2040	2.762	1.029	765

(Fuente: Elaboración propia)

A.3. Evaluación social moderna

A.3.1. Encuesta sustentabilidad para caletas pesqueras

Instrucciones: En las siguientes paginas Ud. encontrará un caso base de evaluación de proyectos, en la cual se comparan dos alternativas de funcionamiento frente a una problemática dada, que tienen tanto variables cuantitativas como cualitativas. Para estas últimas, es necesario realizar un análisis multicriterio, que apoyará a la selección de la alternativa con mayores beneficios. A partir del caso base, se pide que Ud. otorgue nota a los criterios y sub criterios que se presentan a continuación. Para cada uno se presenta una breve descripción, junto con una escala de valorización.

A modo de ejemplo se presenta la forma en la cual se debe responder la encuesta. En el caso del ítem ponderadores de criterios y sub criterios, el puntaje otorgado debe ser en base a la escala Saaty y debe ser llenada de la siguiente forma,

Intesidad	Definición	Explicación
1	De Igual Importancia	Dos Actividades contribuyen de igual forma al objetivo
3	Moderada	La experiencia y el juicio favorecen levemente a una actividad sobre la otra
5	Fuerte	La experiencia y el juicio favorecen fuertemente a una actividad sobre la otra
7	Muy Fuerte	Una actividad es mucho más favorecida que la otra su predominancia se demostró en la práctica
9	Extrema	La evidencia que favorece una actividad sobre la otra, es absoluta y totalmente clara
2,4,6,8	Para transar entre los Valores anteriores	Cuando se necesita un compromiso de las partes entre valores adyacentes

Figura A.43: Escala de valores propuesta por Thomas Saaty.

(Fuente: [Gaete Rosales \(2016\)](#))

Responda: según la escala de Saaty, ¿cuanto mas importante es C1 sobre C2?. ¿Y C2 sobre C3? En caso de considerar la relación inversa, llenar con una fracción de la escala de Saaty.

Criterios	C1	C2	C3
Social	C1	1	1/3
Ambiental	C2	1	3
Económico	C3		1

Puntaje	Descripción	A1	A2
1	La alternativa presenta un nulo nivel de aceptabilidad social		x
2	La alternativa presenta un bajo nivel de aceptabilidad social		
3	La alternativa presenta un mediano nivel de aceptabilidad		
4	La alternativa presenta un alto nivel de aceptabilidad social	x	
5	La alternativa presenta un muy alto nivel de aceptabilidad		

Caso Base: La pesca artesanal en el último tiempo ha perdido protagonismo principalmente por la falta de recursos y por los ingresos limitados que derivan de la actividad. Sin embargo, las instituciones pesqueras continúan funcionando, con costos energéticos y operacionales que son cada vez más difíciles de sustentar. Esto provoca que exista poco desarrollo dentro de las caletas pesqueras, y la comunidad pesquera en general. La propuesta desarrollada consiste de la posibilidad de implementar un método no convencional de generación de energía, a partir de residuos propios de la actividad pesquera, complementados por residuos orgánicos presentes en el territorio designado para la implementación. De esta manera, se generará energía eléctrica de recursos ya disponibles, lo que no solo genera un ingreso extra, sino además ahorros frente a actuales medidas. La propuesta contempla la inversión y costos operacionales de la edificación de una planta de biogás en la localidad de Algarrobo, para aportar al desarrollo social de la caleta San Pedro y de la comunidad general. Los actores a cargo del proyecto serían representantes de la municipalidad de Algarrobo, encargados de la gestión de la planta, junto con la distribución de los posibles ingresos generados. A modo de introducción al problema que se presenta en Algarrobo, tanto para los pescadores como para la municipalidad y comunidad, se presentan los siguientes datos clave.

- 1.057 toneladas de residuos provienen de la pesca artesanal anualmente en la comuna de Algarrobo. Los residuos son derivados a un relleno sanitario en Valparaíso, a un

costo de 0,343 UF por tonelada.

- Los ingresos de un 50 % de los pescadores representa el único sustento del núcleo familiar. Solo un 14 % de los pescadores no representan el único ni el principal sustento financiero.
- En la comuna existen residuos orgánicos sin tratamiento efectivo, equivalentes a 10.080 toneladas, que son depositadas en un terreno con costo de arriendo de \$493.699.
- La municipalidad de Algarrobo describe problemas sanitarios y de contaminación crecientes dentro de su plan de desarrollo comunal, otorgando a la falta de fondos las pocas medidas tomadas. Se describe que los problemas afectan la imagen y turismo de la comuna.
- La municipalidad no cuenta con un plan de desarrollo ambiental, y las actividades medioambientales son poco promovidas.
- Existe una presión constante de la comunidad hacia las autoridades en cuanto los problemas sanitarios y a los efectos sobre la sociedad.
- La comuna de Algarrobo no cuenta con un terreno pre aprobado para la implementación de una planta de biogás.
- Considerando los residuos mencionados, la planta generaría ingresos por \$204.707.933 y ahorros por \$121.160.347.
- La inversión necesaria es de \$1.660.513.370.

Considerando los factores presentados, es necesario la comparación de dos alternativas. La primera alternativa, denominada A1, considera la implementación de la planta de biogás para la generación de energía, considerando todos los impactos positivos y negativos que conlleva. La segunda alternativa, denominada A2, implica no llevar a cabo la implementación, y mantener el funcionamiento actual de la municipalidad y de la caleta, frente a medias sanitarias y tratamiento de residuos. Cabe destacar que

la segunda alternativa no descarta que la municipalidad pueda llevar a cabo algún proyecto medioambiental en un futuro, sino que la implementación de la planta de biogás no se considerará como medida óptima.

Responda: según la escala de Saaty, ¿cuanto mas importante es C1 sobre C2?. ¿Y C2 sobre C3? En caso de considerar la relación inversa, llenar con una fracción de la escala de Saaty.

Criterios	C1	C2	C3
Social	C1	1	
Ambiental	C2		1
Económico	C3		1

Responda: según la escala de Saaty, ¿cuanto mas importante es C1.1 sobre C1.2?. ¿Y C1.2 sobre C1.3? En caso de considerar la relación inversa, llenar con una fracción de la escala de Saaty.

Criterios Sociales	C1.1	C1.2	C1.3
Creación de empleo	C1.1	1	
Aceptabilidad de la comunidad	C1.2		1
Concientización ambiental	C1.3		1

Responda: según la escala de Saaty, ¿cuanto mas importante es C1 sobre C2?. ¿Y sobre C3? ¿Y así sucesivamente? En caso de considerar la relación inversa, llenar con una fracción de la escala de Saaty.

Criterios Ambientales	C2.1	C2.2	C2.3	C2.4	C2.5	C2.6
Tratamiento de residuos orgánicos	C2.1	1				
Impacto en el territorio	C2.2		1			
Cambio climático	C2.3			1		
Uso de ERNC	C2.4				1	
Sustentabilidad regional	C2.5					1
Desarrollo de la imagen ambiental	C2.6					1

Responda: según la escala de Saaty, ¿cuanto mas importante es C1 sobre C2?. ¿Y C2 sobre C3? En caso de considerar la relación inversa, llenar con una fracción de la escala de Saaty.

Criterios Económicos	C3.1	C3.2	C3.3
Desarrollo del turismo	C3.1	1	
Maximización de recursos	C3.2		1
Ahorro en costos operacionales	C3.3		1

Criterios sociales

Puntaje	Descripción	A1	A2
1	No presenta la potencialidad para aumentar el numero de empleos		
2	Presenta la potencialidad de aumentar levemente el numero de empleos		
3	Presenta la potencialidad de aumentar medianamente el numero de empleos		
4	Presenta la potencialidad de aumentar altamente el numero de empleos		
5	Presenta una muy alta potencialidad de aumentar el numero de empleos		

Puntaje	Descripción	A1	A2
1	La alternativa presenta un nulo nivel de aceptabilidad social		
2	La alternativa presenta un bajo nivel de aceptabilidad social		
3	La alternativa presenta un mediano nivel de aceptabilidad		
4	La alternativa presenta un alto nivel de aceptabilidad social		
5	La alternativa presenta un muy alto nivel de aceptabilidad		

Puntaje	Descripción	A1	A2
1	Genera nula conciencia ambiental en la comunidad		
2	Genera leve conciencia ambiental en la comunidad		
3	Genera una mediana conciencia ambiental en la comunidad		
4	Genera una alta conciencia ambiental en la comunidad		
5	Genera una muy alta conciencia ambiental en la comunidad		

Criterios ambientales

Puntaje	Descripción	A1	A2
1	No le da importancia al tratamiento de residuos orgánicos		
2	Le da una leve importancia al tratamiento de residuos orgánicos		
3	Le da una mediana importancia al tratamiento de residuos orgánicos		
4	Le da alta importancia al tratamiento de residuos orgánicos		
5	Le da una muy alta importancia al tratamiento de residuos orgánicos		

Puntaje	Descripción	A1	A2
1	Genera un alto impacto ambiental sobre el terreno		
2	Genera un considerable impacto ambiental sobre el terreno		
3	Genera un mediano impacto ambiental sobre el terreno		
4	Genera un leve impacto ambiental sobre el terreno		
5	Genera un nulo impacto ambiental sobre el terreno		

Puntaje	Descripción	A1	A2
1	No genera un impacto positivo frente al cambio climático		
2	Genera un leve impacto positivo frente al cambio climático		
3	Genera un mediano impacto positivo frente al cambio climático		
4	Genera un impacto positivo considerable frente al cambio climático		
5	Genera un alto impacto positivo frente al cambio climático		

Puntaje	Descripción	A1	A2
1	La alternativa no le da importancia al uso de ERNC		
2	La alternativa le da poca importancia al uso de ERNC		
3	La alternativa le da importancia al uso de ERNC		
4	La alternativa le da alta importancia al uso de ERNC		
5	La alternativa le da muy alta importancia al uso de ERNC		

Puntaje	Descripción	A1	A2
1	No genera aporte a la sustentabilidad regional		
2	Genera poca aporte a la sustentabilidad regional		
3	Genera un aporte a la sustentabilidad regional		
4	Genera aporte considerable a la sustentabilidad regional		
5	Genera un aporte significativo a la sustentabilidad regional		

Puntaje	Descripción	A1	A2
1	La alternativa no mejora la imagen ambiental		
2	La alternativa mejora levemente la imagen ambiental		
3	La alternativa mejora la imagen ambiental		
4	La alternativa mejora considerablemente la imagen ambiental		
5	La alternativa mejora significativamente la imagen ambiental		

Criterios económicos

Puntaje	Descripción	A1	A2
1	Genera un impacto negativo hacia el desarrollo del turismo		
2	Genera un leve impacto negativo hacia el desarrollo del turismo		
3	No genera ningun impacto hacia el desarrollo del turismo		
4	Genera un leve impacto positivo hacia el desarrollo del turismo		
5	Genera un impacto positivo hacia el desarrollo del turismo		

Puntaje	Descripción	A1	A2
1	Le da nula importancia a la maximización de recursos		
2	Le da poca importancia a la maximización de recursos		
3	Le da importancia a la maximización de recursos		
4	Le da alta importancia a la maximización de recursos		
5	Le da muy alta importancia a la maximización de recursos		

Puntaje	Descripción	A1	A2
1	Le da nula importancia al ahorro de costos operacionales		
2	Le da poca importancia al ahorro de costos operacionales		
3	Le da importancia al ahorro de costos operacionales		
4	Le da alta importancia al ahorro de costos operacionales		
5	Le da muy alta importancia al ahorro de costos operacionales		

A.3.2. Vector de prioridades para criterios sociales

1. Se realiza la suma por columna de los elementos de la matriz.

- **Columna 1:** $1 + 0,8562 + 0,7793 = 2,6355$
- **Columna 2:** $1,168 + 1 + 0,8178 = 2,9858$
- **Columna 3:** $1,2831 + 1,2228 + 1 = 3,506$

2. Se divide cada elemento de la columna por la suma de la columna respectiva, como muestra la tabla A.2 y A.3.

Tabla A.2: Tabla demostrativa de los criterios y divisiones a realizar.

Criterios Sociales		C1.1	C1.2	C1.3
Creación de empleo	C1.1	1/2,6355	1,168/2,9858	1,2831/3,506
Aceptabilidad de la comunidad	C1.2	0,8562/2,6355	1/2,9858	1,2228/3,506
Concientización ambiental	C1.3	0,7793/2,6355	0,8178/2,9858	1/3,506

(Fuente: Elaboración propia)

Tabla A.3: Tabla de resultados para la división de los criterios.

Criterios		C1	C2	C3
Creación de empleo	C1	0,37943612	0,39119275	0,36598594
Aceptabilidad de la comunidad	C2	0,32485521	0,33492069	0,34878761
Concientización ambiental	C3	0,29570867	0,27388656	0,28522645

(Fuente: Elaboración propia)

3. Para obtener el vector de prioridades se promedian los valores de cada fila.

- **Fila 1:** $\frac{0,37943612 + 0,39119275 + 0,36598594}{3} = 0,3788716 \approx 0,379$
- **Fila 2:** $\frac{0,32485521 + 0,33492069 + 0,34878761}{3} = 0,33618784 \approx 0,336$
- **Fila 3:** $\frac{0,29570867 + 0,27388656 + 0,28522645}{3} = 0,28494056 \approx 0,285$

El resultado (0,379; 0,336; 0,285) corresponde al vector de prioridades para los criterios sociales.

4. Validación de consistencia

■ **Índice de consistencia**

$$\begin{bmatrix} 1 & 1,1680161 & 1,28314167 \\ 0,85615258 & 1 & 1,22284454 \\ 0,77933717 & 0,81776543 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 0,379 \\ 0,336 \\ 0,285 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1,137 \\ 1,009 \\ 0,855 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} 1,137/0,379 \\ 1,009/0,336 \\ 0,855/0,285 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 3,00 \\ 3,00 \\ 3,00 \end{bmatrix}$$

$$\frac{3,00 + 3,00 + 3,00}{3} \approx 3$$

$$IC = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} = \frac{3 - 3}{3 - 1} = 0$$

- **Índice aleatorio** En este caso, $n = 3$, por lo que el valor a considerar como índice aleatorio es 0,525.

■ **Relación de consistencia**

$$RC = \frac{IC}{IA} = \frac{0}{0,525} = 0$$

Dado que $RC = 0$, se puede decir que la matriz de juicios de valor es consistente, al igual que el vector de prioridades obtenido.

A.3.3. Vector de prioridades para criterios ambientales

1. Se realiza la suma por columna de los elementos de la matriz.

- **Columna 1:** $1 + 0,79 + 0,84 + 0,93 + 1,05 + 0,70 = 5,32$
- **Columna 2:** $1,27 + 1 + 0,95 + 1 + 1,13 + 0,81 = 6,16$
- **Columna 3:** $1,18 + 1,05 + 1 + 0,93 + 0,96 + 0,80 = 5,93$
- **Columna 4:** $1,07 + 1 + 1,01 + 1 + 1,11 + 0,84 = 6,09$
- **Columna 5:** $0,95 + 0,89 + 1,04 + 0,90 + 1 + 0,70 = 5,48$
- **Columna 6:** $1,43 + 1,24 + 1,25 + 1,18 + 1,43 + 1 = 7,54$

2. Se divide cada elemento de la columna por la suma de la columna respectiva como muestra la tabla A.5 y A.6, según el glosario presentado en la tabla A.4.

Tabla A.4: Glosario de criterios ambientales

Criterios Ambientales	
Tratamiento de residuos orgánicos	C2.1
Impacto en el territorio	C2.2
Cambio climático	C2.3
Uso de ERNC	C2.4
Sustentabilidad regional	C2.5
Desarrollo de la imagen ambiental	C2.6

(Fuente: Elaboración propia)

Tabla A.5: Tabla demostrativa de los criterios y divisiones a realizar.

	C2.1	C2.2	C2.3	C2.4	C2.5	C2.6
C2.1	1/5,32	1,27/6,16	1,18/5,93	1,07/6,09	0,95/5,48	1,43/7,54
C2.2	0,79/5,32	1/6,16	1,05/5,93	1/6,09	0,89/5,48	1,24/7,54
C2.3	0,84/5,32	0,95/6,16	1/5,93	1,07/6,09	1,04/5,48	1,25/7,54
C2.4	0,93/5,32	1/6,16	0,93/5,93	1/6,09	0,90/5,48	1,18/7,54
C2.5	1,05/5,32	1,13/6,16	0,96/5,93	1,11/6,09	1/5,48	1,43/7,54
C2.6	0,70/5,32	0,80/6,16	0,80/5,93	0,84/6,09	0,70/5,48	1/7,54

(Fuente: Elaboración propia)

Tabla A.6: Tabla de resultados para la división de los criterios.

	C2.1	C2.2	C2.3	C2.4	C2.5	C2.6
C2.1	0,188	0,206	0,200	0,176	0,173	0,190
C2.2	0,148	0,162	0,177	0,164	0,162	0,165
C2.3	0,159	0,155	0,169	0,176	0,191	0,166
C2.4	0,176	0,162	0,158	0,164	0,165	0,157
C2.5	0,198	0,183	0,162	0,182	0,182	0,190
C2.6	0,131	0,131	0,135	0,139	0,127	0,133

(Fuente: Elaboración propia)

3. Para obtener el vector de prioridades se promedian los valores de cada fila.

- **Fila 1:** $\frac{0,188 + 0,206 + 0,200 + 0,176 + 0,173 + 0,190}{6} = 0,189$
- **Fila 2:** $\frac{0,148 + 0,162 + 0,177 + 0,164 + 0,162 + 0,165}{6} = 0,163$
- **Fila 3:** $\frac{0,159 + 0,155 + 0,169 + 0,176 + 0,191 + 0,166}{6} = 0,169$
- **Fila 3:** $\frac{0,176 + 0,162 + 0,158 + 0,164 + 0,165 + 0,157}{6} = 0,164$
- **Fila 3:** $\frac{0,198 + 0,183 + 0,162 + 0,182 + 0,182 + 0,190}{6} = 0,183$
- **Fila 3:** $\frac{0,131 + 0,131 + 0,135 + 0,139 + 0,127 + 0,133}{6} = 0,133$

El resultado (0,189; 0,163; 0,169; 0,164; 0,183; 0,133) corresponde al vector de prioridades para los criterios ambientales.

4. Validación de consistencia

■ **Índice de consistencia**

$$\begin{bmatrix} 1 & 1,27 & 1,18 & 1,07 & 0,95 & 1,43 \\ 0,79 & 1 & 1,05 & 1 & 0,89 & 1,24 \\ 0,84 & 0,95 & 1 & 1,07 & 1,04 & 1,25 \\ 0,93 & 1 & 0,93 & 1 & 0,90 & 1,18 \\ 1,05 & 1,13 & 0,96 & 1,11 & 1 & 1,43 \\ 0,70 & 0,81 & 0,80 & 0,84 & 0,70 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 0,189 \\ 0,163 \\ 0,169 \\ 0,164 \\ 0,183 \\ 0,133 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1,135 \\ 0,979 \\ 1,016 \\ 0,983 \\ 1,099 \\ 0,797 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} 1,135/0,189 \\ 0,979/0,163 \\ 1,016/0,169 \\ 0,983/0,164 \\ 1,099/0,183 \\ 0,797/0,133 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 6,00 \\ 6,00 \\ 6,01 \\ 5,99 \\ 6,00 \\ 5,99 \end{bmatrix}$$

$$\frac{6,00 + 6,00 + 6,01 + 5,99 + 6,00 + 5,99}{6} \approx 6$$

$$IC = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} = \frac{6 - 6}{6 - 1} = 0$$

- **Índice aleatorio** En este caso, $n = 6$, por lo que el valor a considerar como índice aleatorio es 1,252.

- **Relación de consistencia**

$$RC = \frac{IC}{IA} = \frac{0}{1,252} = 0$$

Dado que $RC = 0$, se puede decir que la matriz de juicios de valor es consistente, al igual que el vector de prioridades obtenido.

A.3.4. Vector de prioridades para criterios económicos

1. Se realiza la suma por columna de los elementos de la matriz.

- **Columna 1:** $1 + 1,060806 + 1,011460 = 3,072266$
- **Columna 2:** $0,942680 + 1 + 0,933641 = 2,876321$
- **Columna 3:** $0,988670 + 1,071075 + 1 = 3,059745$

2. Se divide cada elemento de la columna por la suma de la columna respectiva, como se muestra en la tabla A.8 y A.9, según el glosario presentado en la tabla A.7.

Tabla A.7: Glosario de criterios económicos

Criterios Económicos	
Desarrollo del turismo	C3.1
Maximización de recursos	C3.2
Ahorro en costos operacionales	C3.3

(Fuente: Elaboración propia)

Tabla A.8: Tabla demostrativa de los criterios y divisiones a realizar.

	C3.1	C3.2	C3.3
C3.1	1/3,072266	0,94268/2,876321	0,98867/3,059745
C3.2	1,06080/3,072266	1/2,876321	1,071075/3,059745
C3.3	1,011460/3,072266	0,933641/2,876321	1/3,059745

(Fuente: Elaboración propia)

Tabla A.9: Tabla de resultados para la división de los criterios.

Criterios	C1	C2	C3
Desarrollo del turismo	C1 0,3255	0,3277	0,3231
Maximización de recursos	C2 0,3453	0,3477	0,3501
Ahorro en costos operacionales	C3 0,3292	0,3246	0,3268

(Fuente: Elaboración propia)

3. Para obtener el vector de prioridades se promedian los valores de cada fila.

- **Fila 1:** $\frac{0,3255 + 0,3277 + 0,3231}{3} = 0,3255 \approx 0,325$
- **Fila 2:** $\frac{0,3453 + 0,3477 + 0,3501}{3} = 0,3477 \approx 0,348$
- **Fila 3:** $\frac{0,3292 + 0,3246 + 0,3268}{3} = 0,3269 \approx 0,327$

El resultado (0,325; 0,348; 0,327) corresponde al vector de prioridades para los criterios sociales.

4. Validación de consistencia

■ Índice de consistencia

$$\begin{bmatrix} 1 & 0,942680 & 0,988670 \\ 1,060806 & 1 & 1,071075 \\ 1,011460 & 0,933641 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 0,325 \\ 0,348 \\ 0,327 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,976 \\ 1,043 \\ 0,981 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} 0,976/0,325 \\ 1,043/0,348 \\ 0,981/0,327 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 3,00 \\ 2,99 \\ 3,00 \end{bmatrix}$$

$$\frac{3,00 + 2,99 + 3,00}{3} \approx 3$$

$$IC = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} = \frac{3 - 3}{3 - 1} = 0$$

- **Índice aleatorio** En este caso, $n = 3$, por lo que el valor a considerar como índice aleatorio es 0,525.

■ Relación de consistencia

$$RC = \frac{IC}{IA} = \frac{0}{0,525} = 0$$

Dado que $RC = 0$, se puede decir que la matriz de juicios de valor es consistente, al igual que el vector de prioridades obtenido.