



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**PRODUCCIÓN DE BIOCOMBUSTIBLE A PARTIR DE RESIDUOS DE
FLORA BENTÓNICA DEL DISTRITO DE MARCONA, 2018**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERA AMBIENTAL**

AUTORA

AMAYA APAZA, Karen Melissa

ASESORA

M.Sc. CERMEÑO CASTROMONTE, Cecilia Libia

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

CALIDAD Y GESTIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES

LIMA – PERÚ

2018 - II

ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS

 UCV UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS	Código : F07-PP-PR-02.02 Versión : 09 Fecha : 23-03-2018 Página : 1 de 1
--	---------------------------------------	---

El Jurado encargado de evaluar la tesis presentada por don (a) **Karen Melissa Amaya Apaza**

cuyo título es: **PRODUCCIÓN DE BIOCOMBUSTIBLE A PARTIR DE RESIDUOS DE FLORA BENTÓNICA DEL DISTRITO DE MARCONA, 2018**

Reunido en la fecha, escuchó la sustentación y la resolución de preguntas por el estudiante, otorgándole el calificativo de: 15 (número) QUINCE (letras).

Los Olivos 15 de diciembre del 2018



.....
PRESIDENTE



.....
SECRETARIO


.....
VOCAL

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad	Aprobó	Rectorado
---------	----------------------------	--------	---	--------	-----------

DEDICATORIA

Quien es el forjador de mi camino, quien me acompaña y siempre me levanta ante mis tropiezos, al padre celestial que me observa y me apoya.

A mis padres, por mostrarme el camino hacia la superación, por el apoyo moral y económico durante mi formación universitaria.

A mi pequeño Estefanno, quien con su cariño detona en mi la felicidad y mi esfuerzo para buscar lo mejor para él, siempre serás mi motivación principal en el transcurso de cada objetivo.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad César Vallejo, la institución que me formó académicamente, y que junto a sus docentes me inculcaron valores y conocimientos para ser una profesional de éxito.

A mi asesora de tesis, M.Sc. Cermeño Castromonte Cecilia; por su dedicación, sus orientaciones, su manera de trabajar, la paciencia y motivación que han sido fundamentales para mi formación como investigadora.

Al Qco. Quintana Paetán Sigfredo Alexander, por compartir sus conocimientos, por su paciencia, por su motivación y aliento para continuar con la investigación.

A mis padres, que gracias a su comprensión he podido lograr el desarrollo y culmino de la presente tesis. Y a mi hijo Estefanno porque a su corta edad comprendió que mi ausencia en estos meses fue para lograr un objetivo para la mejoría de los dos.

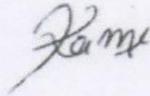
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo, Karen Melissa Amaya Apaza con DNI No 71424864, a efecto de cumplir con los criterios de evaluación de la experiencia curricular de Metodología de la Investigación Científica, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica. Así mismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Lima, 15 de diciembre del 2018



Karen Melissa Amaya Apaza

DNI: 71424864

ÍNDICE

	Pág.
ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS.....	II
DEDICATORIA.....	III
AGRADECIMIENTO.....	IV
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD.....	V
ÍNDICE.....	VI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	X
ÍNDICE DE TABLAS.....	XII
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	XIV
RESUMEN.....	XV
ABSTRACT.....	XVI
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA.....	2
1.2. TRABAJOS PREVIOS.....	4
1.3. TEORÍAS RELACIONADAS AL TEMA.....	9
1.3.1. DISTRITO DE MARCONA.....	9
1.3.1.1. Comunidad Pesquera Artesanal de Marcona.....	11
1.3.2. LAS ALGAS MARINAS.....	13
1.3.2.1. Características de la especie <i>Macrocystis pyrifera</i>	14
1.3.2.2. Composición química del alga.....	16
1.3.3. LOS BIOCOMBUSTIBLES.....	18
1.3.3.1. Los aceites y grasas.....	20
1.3.3.2. Calidad de biocombustible.....	23
1.3.3.3. Aspectos reglamentarios para los biocombustibles.....	26
1.3.3.4. Potencial calorífico.....	32
1.3.4. FASES DE PRODUCCIÓN DE BIOCOMBUSTIBLES.....	34
1.3.4.1. Destrucción celular.....	34
1.3.4.2. Extracción de aceites por solventes orgánicos.....	36
1.3.4.3. Transesterificación alcalina.....	39
1.4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	44
1.4.1. PROBLEMA GENERAL.....	44
1.4.2. PROBLEMA ESPECÍFICO.....	44

1.5. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO	45
1.5.1. JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA.....	45
1.5.2. JUSTIFICACIÓN AMBIENTAL	45
1.5.3. JUSTIFICACIÓN SOCIAL	46
1.6. HIPÓTESIS	46
1.6.1. HIPÓTESIS GENERAL.....	46
1.6.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICA.....	47
1.7. OBJETIVOS.....	47
1.7.1. OBJETIVO GENERAL	47
1.7.2. OBJETIVO ESPECÍFICO.....	47
II. MÉTODO.....	48
2.1. DISEÑO DE INVESTIGACION	48
2.1.1. DISEÑO PRE EXPERIMENTAL.....	48
2.1.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN	48
2.1.3. NIVEL DE INVESTIGACIÓN.....	49
2.2. VARIABLES, OPERACIONALIZACIÓN	49
2.3. POBLACIÓN Y MUESTRA	52
2.3.1. POBLACIÓN	52
2.3.2. MUESTRA	52
2.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS, VALIDEZ Y CONFIABILIDAD.....	54
2.4.1. EQUIPOS, MATERIALES Y REACTIVOS USADOS.....	54
2.4.2. DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO.....	56
2.4.2.1. Primera fase: Recojo y pesado de muestras.....	57
2.4.2.2. Segunda fase: Destrucción celular y secado.....	58
2.4.2.3. Tercera fase: Extracción de aceites con solvente por Soxhlet.....	62
2.4.2.4. Cuarta fase: Transesterificación a partir del aceite de algas.....	67
2.4.2.5. Quinta fase: Cálculo de propiedades de biocombustible.....	72
2.4.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	77
2.4.4. VALIDACIÓN Y CONFIABILIDAD DEL INSTRUMENTO	78
2.5. MÉTODOS DE ANÁLISIS DE DATOS	79
2.6. ASPECTOS ÉTICOS	80
III. RESULTADOS	81

3.1. CONDICIONES OPERATIVAS EN EL PROCESO.....	81
3.2. CALIDAD DE BIOCOMBUSTIBLE.....	82
3.2.1. PRIMERA PRUEBA: NÚMERO DE ACIDEZ	83
3.2.2. SEGUNDA PRUEBA: RESIDUO DE CARBÓN	84
3.2.3. TERCERA PRUEBA: CENIZAS SULFATADAS	84
3.2.4. CUARTA PRUEBA: DENSIDAD	85
3.2.5. QUINTA PRUEBA: VISCOSIDAD CINEMÁTICA.....	86
3.2.6. SEXTA PRUEBA: PODER CALORÍFICO	89
3.3. PRODUCCIÓN DE BIOCOMBUSTIBLE:	91
3.3.1. PRUEBA DE NORMALIDAD	91
IV. DISCUSIÓN.....	96
V. CONCLUSIÓN	99
VI. RECOMENDACIONES	100
VII. REFERENCIAS	101
ANEXOS.....	108
Anexo 1. CD-ROM. Información con fecha 8 setiembre 2017 – Ica, Perú. Publicado por: COPMAR	108
Anexo 2. Matriz de consistencia	108
Anexo 3. Ficha de registro de muestreo de residuos de flora bentónica	110
Anexo 4. Ficha de registro de características físicas de muestras algales.....	111
Anexo 5. Ficha de registro de características químicas de muestras algales.....	112
Anexo 6. Ficha de registro de indicadores para muestras con destrucción celular y secas	112
Anexo 7. Ficha de registro de resultados obtenidos por laboratorio	113
Anexo 8. Ficha 01 de Validación de instrumentos.....	114
Anexo 9. Ficha 02 de Validación de instrumentos.....	115
Anexo 10. Ficha 03 de Validación de instrumentos.....	116
Anexo 11: Identificación de área de estudio, Playa “7 huecos”	117
Anexo 12: Pesado muestras iniciales en laboratorio	117
Anexo 13: Muestras aplicando métodos de destrucción celular y secadas por estufa, según corresponda.....	118
Anexo 14: Paso de trituración de muestras y compacto en cartucho.	120
Anexo 15: Extracción de aceites por muestra generada.	120
Anexo 16: Preparación de biocombustible.....	124

Anexo 17: Medición de densidad del biocombustible.....	126
Anexo 18: Medición de viscosidad dinámica del biocombustible	127
Anexo 19: Resultados de Laboratorio de Energías Renovables - UNALM.....	128
Anexo 20: Recibo digital de Turnitin	129
Anexo 21: Acta de aprobación de originalidad de tesis	130
Anexo 22: Pantallazo del Software Turnitin	131
Anexo 23: Formulario de autorización para la publicación de la tesis.....	132
Anexo 24: Autorización de la Versión final del trabajo de investigación.....	133

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa, identificación de distrito Marcona–Ica y Playa Yanyarina–Arequipa.....	3
Figura 2. Plano de Acondicionamiento territorial distrital de Marcona, 2006.....	10
Figura 3. Disponibilidad de macroalgas en zona sur de Marcona.....	11
Figura 4. Reproducción y morfología de <i>Macrocystis pyrifera</i>	16
Figura 5. Formula química general de un éster.	20
Figura 6. Esquema de las etapas de obtención de aceite de microalgas.....	34
Figura 7. Sistema de extracción Soxhlet.	39
Figura 8. Estructura de triglicéridos.	40
Figura 9. Reacciones de transesterificación.	40
Figura 10. Reacción química de Transesterificación. R1-R3-Hidrocarburos.	41
Figura 11. Reacción general de la saponificación.....	44
Figura 12. Reacción específica de la saponificación.....	44
Figura 13. Varaderos determinados por el SERNANP con apoyo de la COPMAR.....	53
Figura 14. Visita a lugar de estudio, playa “7 huecos”, Marcona - Ica.....	54
Figura 15. Esquema del proceso de biocombustible, a partir de algas marinas.	56
Figura 16. Esquema de levantamiento de información y toma de muestra.....	57
Figura 17. Muestras de algas frescas.....	57
Figura 18. Diagrama de distribución de tratamientos según destrucción celular.....	58
Figura 19. Diagrama de operación de proceso de destrucción celular: autoclave.....	59
Figura 20. Muestras en microondas.	60
Figura 21. Diagrama de operación de proceso de destrucción celular, con microondas....	60
Figura 22. Deshidratación al sol de muestras algales.....	61
Figura 23. Diagrama de operación de proceso de destrucción celular: al sol.	61
Figura 24. Diagrama de extracción por Soxhlet.....	62
Figura 25. Diagrama de operación de proceso de extracción de aceite.....	65
Figura 26. Proceso macro de extracción de aceite.	67
Figura 27. Diagrama de operación de proceso de transesterificación.....	70
Figura 28. Proceso de transesterificación.....	71
Figura 29. Diagrama de flujo del proceso de transesterificación.	72
Figura 30. Playa “7 huecos”, Marcona-Ica; presencia de algas <i>Macrocystis pyrifera</i>	117
Figura 31. Pesado de muestras frescas en cajas Petri y uso de la balanza analítica.....	117

Figura 32. Manipulación de Autoclave marca Daihan Scientific, modelo MaXterile60.	118
Figura 33. Muestras ya aplicando la destrucción celular por método de autoclave.	118
Figura 34. Muestras secas por estufa, posterior al paso de aplicación por autoclave.	118
Figura 35.. Muestras ya aplicando la destrucción celular por método de microondas.....	119
Figura 36. Muestras secas por estufa, posterior al paso de aplicación por microondas. ...	119
Figura 37. Pesado de muestras deshidratadas al sol, con uso de balanza analítica.	119
Figura 38. Trituración de muestras, y formado de cartucho con papel filtro.	120
Figura 39. Armado de agitador magnético y extractor Soxhlet:	120
Figura 40. Evaporación del solvente bencina en estufa.	121
Figura 41. Peso de Aceite + Caja Petri, muestras con aplicación de autoclave.	121
Figura 42. Muestras de aceite de algas marinas de especie <i>Macrocystis p.</i> , por autoclave.....	121
Figura 43. Peso de Aceite + Caja Petri, muestras con aplicación de microondas.....	122
Figura 44. Muestras de aceite de algas marinas de especie <i>Macrocystis pyrifera</i> , por microondas.	122
Figura 45. Peso de Aceite + Caja Petri, con aplicación de deshidratación natural.	123
Figura 46. Muestras de aceite de algas marinas <i>Macrocystis pyrifera</i> , por deshidratación natural.	123
Figura 47. Muestras de aceite en el desecador para eliminar humedad.	123
Figura 48. Pesado y medición de Hidróxido de sodio (NaOH) y metanol (CH ₃ OH).	124
Figura 49. Mezcla de metóxido de sodio (CH ₃ ONa) en agitador.....	124
Figura 50. Calentamiento de aceite y vertimiento de CH ₃ ONa, con agitación.	124
Figura 51. Separación de fases de biocombustible y glicerina en embudo de decantación.	125
Figura 52. Lavado y agitación de éster metílico, y medición de pH de agua de lavado. .	125
Figura 53. Calentamiento de biocombustible para borboteo de aire.	125
Figura 54. Medición de densidad de biocombustible a 25°C, por picnómetro de 50mL.	126
Figura 55. Medición de densidad de biocombustible a 40°C, por picnómetro de 50mL.	126
Figura 56. Medición de viscosidad, a 40°C con viscosímetro de Ostwald.	127

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Asociaciones de pescadores que conforman la COPMAR.....	12
Tabla 2. Composición proximal en algas pardas para base seca.	17
Tabla 3. Contenido de Ácidos Grasos en algas pardas.....	18
Tabla 4. Características químicas de algunos aceites y grasas	21
Tabla 5. Ácido grasos saturados y sus principales características.....	22
Tabla 6. Ácido grasos insaturados más importantes.....	22
Tabla 7. Especificaciones según NTP 321.003:2001	23
Tabla 8. Normativas para la calidad de biocombustible en automoción	24
Tabla 9. Norma ASTM D6751, de ésteres monoalquílicos de ácidos grasos en diésel.	27
Tabla 10. Especificaciones de Norma Europea, EN 14214.....	28
Tabla 11. Especificaciones para biodiesel en Brasil, ANP N°7/08.....	30
Tabla 12. Especificaciones Técnicas de Biodiésel (B100) en Perú– NTP 321.125.2008 ..	31
Tabla 13. Composición de poder calorífico renovable y no renovable	32
Tabla 14. Propiedades físicas de algunos solventes	37
Tabla 15. Propiedades del metanol (CH ₃ OH)	42
Tabla 16. Propiedades del hidróxido de sodio (NaOH).....	43
Tabla 17. Matriz de operacionalización de la variable dependiente e independiente.	50
Tabla 18. Contenido de aceite resultante tras extracción por Soxhlet.....	64
Tabla 19. Cantidad empleada de reactivos	67
Tabla 20. Número de lavados a metieléster con agua destilada	69
Tabla 21. Observaciones de separaciones de fases.....	69
Tabla 22. Cálculo de densidad en muestra de biocombustible a 25°C.....	73
Tabla 23. Cálculo de densidad en muestra de biocombustible a 40°C.....	74
Tabla 24. Tiempo de caída de soluciones en Viscosímetro Ostwald	74
Tabla 25. Instrumentos y técnicas de recolección de datos.....	78
Tabla 26. Validación de instrumentos de la recolección de datos.....	79
Tabla 27. Condiciones operativas en etapa de destrucción celular.	81
Tabla 28. Condiciones operativas en etapa de extracción de aceites.	82
Tabla 29. Condiciones operativas en etapa de destrucción celular.	82
Tabla 30. Resultados de análisis del biocombustible	83
Tabla 31. Comparación del Poder Calorífico de diferentes tipos combustibles.....	89

Tabla 32. Normalidad de las variables	92
Tabla 33. Estadísticos de volúmenes por tratamientos de destrucción celular.....	94

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Número de acidez de prueba de Biocombustible	83
Gráfico 2. Residuo de Carbón de prueba de Biocombustible.....	84
Gráfico 3. Cenizas sulfatadas de prueba de Biocombustible.....	85
Gráfico 4. Comparación de densidad de biocombustible muestra con EN14214	85
Gráfico 5. Comparación de densidad de biocombustible muestra con ANP N°7/08.....	86
Gráfico 6. Comparación de Viscosidad de biocombustible muestra con EN14214.....	87
Gráfico 7. Comparación de Viscosidad de biocombustible muestra con ASTM D6751 ...	87
Gráfico 8. Comparación de Viscosidad de biocombustible muestra con ANP N°7/08	88
Gráfico 9. Comparación de Viscosidad de biocombustible muestra con NTP321.125.2008.....	88
Gráfico 10. Comparación de poder calorífico superior de muestra con otros resultados...	90
Gráfico 11. Comparación de poder calorífico inferior de muestra con otros resultados....	90
Gráfico 12. Histograma de la variable biocombustible por el proceso de autoclave.	92
Gráfico 13. Histograma de la variable biocombustible por deshidratación al sol.....	93
Gráfico 14. Histograma de la variable Biocombustible por el proceso de microondas.	93

RESUMEN

La presente investigación se realiza con el objetivo de producir adecuadamente biocombustible a partir de los residuos de flora bentónica del distrito de Marcona, 2018; con el propósito de definir las condiciones operativas para su desarrollo y determinar la calidad del biocombustible obtenido. Esta investigación tiene un diseño experimental, pre-experimental; de tipo aplicada a nivel explicativo. Comprende un desarrollo continuo de diferentes etapas que inicia desde el recojo de algas marinas de especie *Macrocystis pyrifera*, la recopilación de información, elaboración de gráficas y análisis de resultados que permiten integrar las variables. Se realiza tres tratamientos iniciales con tres repeticiones en cada una, con muestras de 30g cada una, reportándose extracciones de aceite con mejores resultados para la deshidratación al sol, considerando este tratamiento para el desarrollo experimental en macro y llevando a la fase de transesterificación se agregó metóxido de sodio, esto produjo la separación de las fases, lo que conllevó a la obtención del biocombustible siendo equitativo al ingreso de aceite. El producto pasó por análisis para la determinación de la calidad y poder calorífico, según los resultados obtenidos para las propiedades evaluadas del biocombustible como densidad de 0,8999g/mL, viscosidad cinemática a 40°C de 2,3314 cSt, número de acidez de 0,344mg KOH/g, residuo de carbón de 0,024% m/m y cenizas sulfatadas de 0,017% m/m; en cuanto al poder calorífico de 38 MJ/kg a 40 MJ/kg. Llegándose a la conclusión que las propiedades para determinar la calidad de biocombustible a partir de muestras de *Macrocystis pyrifera* cumplen con las siguientes normas y especificaciones: EN 14214, ASTM D6751, ANP N°7/08 y NTP 321.125.2008; sin embargo la viscosidad cinemática a 40°C cumple solo con las dos primeras normas mencionadas; y en cuanto al poder calorífico medido, llega a cumplir con el rango de 38MJ/kg a 40MJ/kg establecido para los éster metílicos.

Palabras claves: Flora bentónica, Biocombustible, Transesterificación.

ABSTRACT

The present investigation is carried out with the objective of adequately producing biofuel from the benthic flora residues of Marcona district, 2018; with the purpose of defining the operating conditions for its development and determining the quality of the biofuel obtained. This research has an experimental, pre-experimental design; of type applied at explanatory level. It comprises a continuous development of different stages that starts from the collection of marine algae of the *Macrocystis pyrifera* species, the collection of information, the elaboration of graphs and the analysis of results that allow integrating the variables. Three initial treatments are performed with three repetitions in each, with samples of 30g each, with oil extractions being reported with better results for sun dehydration, considering this treatment for experimental development in macro and leading to the transesterification phase was added Sodium methoxide, this produced the separation of the phases, which led to obtaining the biofuel being equitable to the entry of oil. The product went through analysis for the determination of the quality and calorific value, according to the results obtained for the evaluated properties of the biofuel as density of 0,8999g/mL, kinematic viscosity at 40°C of 2,3314 cSt, number of acidity of 0,344 mg KOH/g, carbon residue 0,024% m/m and sulphated ash 0,017% m/m; as for the calorific value from 38 MJ/kg to 40 MJ/kg. It was concluded that the properties to determine the quality of biofuel from samples of *Macrocystis pyrifera* comply with the following standards and specifications: EN 14214, ASTM D6751, ANP No. 7/08 and NTP 321.125.2008; however, the kinematic viscosity at 40°C complies only with the first two mentioned standards; and in terms of the calorific value measured, it reaches the range of 38MJ/kg at 40MJ/kg established for methyl esters.

Keywords: Benthic flora, Biofuel, Transesterification

I. INTRODUCCIÓN

En la presente investigación se evaluó la producción de biocombustible a través del recojo de residuos bentónicos de las playas del distrito de Marcona - Ica, estas se evalúan a nivel ex-situ ya que requieren procedimientos bioquímicos de laboratorio, a través de los cuales se transforma la biomasa muestreada en biocombustible; se puede hacer una analogía con la transformación de energía lumínica a energía química. La tecnología con algas marinas se basa en la extracción de sus aceites y grasas, principal propiedad de la biomasa en estudio para la conversión a materia energética, siendo componentes esenciales para determinar la calidad del biocombustible.

Razón por la cual se ejecutó el presente trabajo de investigación, identificando los residuos bentónicos que se generan a diario y enfocando en el uso alternativo de esta biomasa, en cuanto al beneficio social se identifica la continuidad del trabajo de las asociaciones de pesca del distrito de Marcona y la minimización en costos municipales si se añade un consumo responsable a nivel ecológico.

Así entonces, el presente trabajo de investigación contiene, el Capítulo I en el que se describe los campos de realidad problemática de la zona de estudio, las hipótesis y objetivos que se desea obtener. Continuando con la secuencia de la investigación se presenta el Capítulo II describiendo la operacionalización de variables y el diseño de la presente investigación; se suma la descripción de las fases del proceso experimental para la obtención de biocombustible, se incluye las técnicas de muestreo que implican el recojo de algas marinas *Macrocystis pyrifera*. El Capítulo III se enfoca en detallar los resultados obtenidos tras la aplicación de los procesos de laboratorio. Según esto, el Capítulo IV inicia las discusiones de estos mismos resultados, y en el Capítulo V se detallaron las conclusiones a las que se llega, por finalizado el Capítulo VI precisa las recomendaciones en general del presente trabajo de investigación, colaborando con posteriores investigaciones en largo o corto plazo.

1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA

El distrito de Marcona, se ubica en la Provincia de Nazca, al suroeste del departamento de Ica. El distrito cuenta con dos Reservas naturales en toda su extensión, la Reserva San Fernando y la Reserva Punta San Juan de Marcona. Según D.S. N° 024-2009-MINAM, se establece la Reserva Nacional Sistema de Islas, Islotes y Puntas Guaneras (en adelante, RNSIIPG), identificando que en esta Reserva habitan gran variedad de especies marinas como los pingüinos Humboldt, lobos marinos y aves guaneras, así como los afloramientos bentónicos; llegando a formar una extensa biodiversidad marina.

Por la cercanía del distrito de Marcona al Litoral peruano, se forma afloramientos costeros de alta productividad biológica y que la marea va dejando hacia sus playas o flotando sobre ellas; en este último caso, las macroalgas que terminaron su ciclo de vida o sufren el rompimiento de su estipe impiden el ingreso de la luz solar al mar, reduciendo el proceso de la fotosíntesis que a la vez minimiza el crecimiento de la flora marina.

Según la Ley General de Pesca N° 25977, se debe promover el desarrollo sostenido de los recursos hidrobiológicos como fuente de alimentación, empleo e ingresos para los pobladores, en armonía con la conservación de la biodiversidad y medio ambiente. Basado en esto, el informe de “Estudio de investigación de poblaciones y de las condiciones de viabilidad ecológica de las actividades extractivas de algas pardas e invertebrados en la zona costera sur, en apoyo a la investigación y desarrollo del Instituto del mar del Perú (IMARPE)” elaborado por ICON-INSTITUT (2009, p.18) determina que los residuos bentónicos de las playas del distrito de Marcona son comercializados por grupos de asociaciones de pesca, los cuales también extraen esta biomasa desde su yacimiento provocando un desequilibrio en el ecosistema marino. Se utilizan dos modalidades: La modalidad pasiva dirigida a la especie *Macrocystis pyrifera*, sargazo, practicada por los alqueros, que colectan las algas varadas; y la modalidad activa o “barroteo” implementada por buzos artesanales que extraen principalmente la especie *Lessonia trabeculata* o aracanto (IMARPE, 2012, p. 12).

La cantidad de algas marinas recolectadas de forma pasiva en las oriyas desde la playa Yanyarina y Marcona (Figura 1), ascienden en el mes de abril del 2008 a 400 Ton/mes

(ICON-INSTITUT, 2009, p.19), y en el año 2017 la Administración de Desembarcadero Pesquero Artesanal (en adelante, DPA) de Punta San Juan de Marcona, mediante un audiovisual publicado por la Comunidad Pesquera Artesanal de Marcona (en adelante, COPMAR); informó por entrevista que el recojo de productos bentónicos secos ascienden a mil Tn/mes (Ver Anexo 1). Es así que mediante el Informe de “Estudios sobre macroalgas pardas en el sur del Perú” publicado por Instituto del mar del Perú (en adelante, IMARPE) (2012, p. 23), se determinaron en la región Ica – Marcona como zonas de evaluación y abundancia de macroalgas.



Fuente: Google Earth, 2018.

Figura 1. Mapa, identificación de distrito Marcona–Ica y Playa Yanyarina–Arequipa.

Las macroalgas pueden ser una fuente de energía más efectiva que la biomasa terrestre, sin competir con estas mismas por el terreno de cultivo; destacándose la necesidad de un tratamiento previo para la transformación de biomasa en energía (Chojnacka, Pawel, Schroeder y Michalak, 2018, p. 1). También, otorga una continuidad en la fuente de trabajo de los recolectores de algas marinas junto a la situación presentada en párrafos anteriores; promoviéndose la presente tesis para así poder resolver los problemas socio-ambientales y lograr el uso eficiente del material bentónico varado en las oriyas de las playas del distrito de Marcona, e impulsarlo como tecnología para beneficio de los habitantes del mismo distrito; así mismo contribuyendo con la calidad del medio ambiente marino costero y la sociedad.

1.2. TRABAJOS PREVIOS

ALVA, M. y CIPRA, P. (2015) presentaron la tesis “Estudio comparativo de los biodiesel, obtenidos a partir de metanol y etanol y su adaptación a escala piloto” con el objetivo de estudiar la obtención de biodiesel por el proceso de transesterificación a partir de aceites vegetales y aceites usados, utilizando un catalizador y como alcoholes, metanol y etanol, utilizando variadas condiciones experimentales. Los resultados obtenidos se ejecutan en el proceso de transesterificación con muestras de 3,5 a 4L, en donde se varió la velocidad de agitación, siendo la más recomendable de 900 RPM dada en 45 minutos; y la variación de la variable temperatura, siendo la más viable a 65°C con inserción de etanol y 60°C para metanol. En cuanto al biodiesel obtenido a partir de la inserción de metanol, resulto con viscosidad cinemática en uso a partir de aceite nuevo de 4,5cSt, similarmente se obtuvo 4,8cSt para muestras a partir de aceite usado con el mismo alcohol; y se identificó niveles para esta misma propiedad con uso de distinto alcohol, como etanol, para aceite nuevo de 4,83cSt y para aceite usado de 4,96cSt. Concluyendo que el proceso con mayor rendimiento al usar el aceite nuevo o usado, se genera usando como alcohol el metanol y mostrando un mayor porcentaje de recuperación de 1% superior en aceite usado y 3% superior en aceites nuevos.

CASTELLAR, G.; ANGULO, E. y CARDOZO, B. (2014) presentaron el artículo “Transesterificación de aceites vegetales empleando catalizadores heterogéneos” con el objetivo de evaluar a los catalizadores heterogéneos para la obtención de biodiesel a partir de los aceites vegetales. La metodología usada por los autores es descriptiva, dando como resultados que los catalizadores estudiados siendo los óxidos de metales, alcalinotérreos, zeolitas y los heteropoliácidos son eficientes, fáciles de separar y selectivos en el proceso de transesterificación, algunos demuestran una facilidad para su reutilización, y toleran la presencia de agua y de ácidos grasos libres. Concluyendo que los comúnmente usados hidróxidos de sodio y de potasio expulsan jabones; a diferencia de catalizadores sólidos básicos que son sensibles al agua, CO₂ y a altos niveles de ácidos grasos libres; y los catalizadores sólidos ácidos que toleran las intolerancias de los sólidos básicos añadiendo problemas en la rapidez de sus reacciones.

GOHAIN, M.; CHUTIA, S. y DEKA, D. (2017), presentaron en el artículo “Microalgal Biomass Production and Oil Extraction for Algae Biodiesel Production – A Review” su objetivo de evaluar los métodos de producción de biomasa de microalgas, de extracción de aceites para la generación de biodiesel a partir de algas. Usando la metodología de estudio explicativa, recopilando la información existente sobre los temas en mención. Los resultados obtenidos dan por mención a los mejores métodos, siendo eficientes baratos y de mejor rendimiento, en el caso de producción de algas el sistema Open Culture siendo más duradero, barato y con alta capacidad de producción; en la fase de extracción de aceites, trabajando con solventes químicos que realizan un lavado consecutivo a la biomasa, por los que se obtiene alto rendimiento de aceites de algas. En base a costos se concluye que la producción de algas y obtención de aceites es alto, esto debe reducirse para competir con el actual combustible, considerando que el mejor procedimiento de extracción de aceites por extractor Soxhlet es más económico siendo usado a gran escala.

LÓPEZ, L.; BOCANEGRA, J. y MALAGÓN, D. (2015), presentó el artículo “Obtención de biodiesel por transesterificación de aceite de cocina usado” con el objetivo de generar alternativas en los procesos de producción de biodiesel con aceite de cocina usado. La metodología utilizada fue experimental descriptivo ya que expone a nivel de laboratorio la aplicación de determinados procesos de transformación de materia prima a biodiesel. Los resultados demuestran un alto rendimiento de la reacción de transesterificación al emplear aceite usado con catalizadores KOH y NaOH al 1% y 2%; usando metanol:aceite de 6:1, 9:1 y 12:1, a temperatura de 60°C reaccionando por 2 horas. Siendo las mejores condiciones aplicando los dos catalizadores al 1%, con alcohol:aceite de 12:1. Con KOH el porcentaje de metiléster fue de 98.4%, el rendimiento de 88% y la conversión de 63.2%; mientras que con NaOH no existió mucha variación con metiléster de 99.1%, rendimiento de 98% y conversión de 64.1%; demostrando con este último catalizador un mejor resultado. Se concluyó que es posible generar biodiesel a partir de aceite de cocina usado con el uso de catalizador NaOH en la etapa de transesterificación, obteniéndose con un costo menor

NORIEGA, C. (2016), presentó el artículo “Algas marinas para la alimentación de los peruanos” con el objetivo de conocer las algas comestibles y describir taxonómicamente las especies en el Perú. El tipo de metodología es cualitativo descriptivo, inductivo y analítica. Los resultados son representativos a la situación del litoral peruano y la sobre explotación

depredadora de las algas marinas con afectación al ecosistema marina; las algas también demuestran ser un alimento con propiedades en minerales, vitaminas, y demás valores nutricionales. Las microalgas se presentan como fuentes de proteínas para la alimentación.

PANDEY, A.; LEE, D.; CHISTI, Y. y SOCCOL, C. (2014), presentó el libro “Biofuels from algae” con el objetivo de identificar la relación de los biocombustibles de algas con temas relacionados. La metodología usada fue explicativa en el que se discute la aplicación de sistemas de cultivo de algas, haciendo uso de fotobioreactores o sistemas abiertos; a la producción de aceites y evaluándose la genética de las especies de algas estudiadas; y el nivel de gastos por producir biocombustibles a partir de la biomasa en mención. Las conclusiones se identificaron procesos de destrucción celular como etapa de proceso significativo para la obtención de lípidos que conforman la calidad de los ácidos grasos.

PÉREZ, M. y QUISHPI, J. (2014), presentó el trabajo de investigación de tesis “Evaluación cuantitativa de la producción de biodiesel de microalgas de lagunas de tratamiento de agua residual” con el objetivo de conocer y analizar la composición de lípidos y la cinética de diferentes microalgas. La metodología aplicada en la presente investigación es experimental y explicativa, determinando el mejor método para la extracción de lípidos. Los resultados obtenidos se detallan en la cosecha de las microalgas siendo la familia F.F. de especie 3 entre 9 y 13 días. La extracción de lípidos más clorofila mediante el equipo Soxhlet para las cinco familias estudiadas fueron: con solventes metanol:hexano de 1:3 en *Chlorella* con 20,37% y F.F especie 3 con 19,17%, con solventes cloroformo:metanol de 1:2 la especie *Scenedesmus* con 20,10%, F.F. especie 1 con 17,69% y *H1* con 5,46%. Se concluye que la mezcla de los dos solventes y la especie de microalgas *Chlorella* aumenta el porcentaje de extracción de lípidos, junto con la familia es la que mayor producción de lípidos posee.

RODRIGUEZ, A. (2017), presentó el trabajo de tesis “Evaluación de métodos de extracción de aceite de microalgas para la producción de biodiesel” con el objetivo de comparar la extracción de aceite de microalgas, a través de procesos fisicoquímicos, determinando la eficiencia de los mismos. La metodología es de investigación experimental, por lo que los resultados obtenidos en la extracción de lípidos con mayor eficiencia fue de 19,66% por la mezcla de solventes etanol/hexano, por el método de destrucción celular por acidificación a

diferencia que con una muestra sin aplicar algún tipo de destrucción celular. Concluyéndose que se muestra un aumento en la cantidad de aceite obtenido ejecutando la experiencia con algún tipo de destrucción celular.

SALAVARRÍA, E. (2014), con el trabajo de tesis “Análisis de la variabilidad genética de *Macrocystis spp.* (laminariales) en la Costa Centro Sur del Perú, empleando marcadores mitocondriales” con el objetivo de determinar la frecuencia de haplotipos en las poblaciones y lugares de estudio, analizar la estructura genética y sus relaciones filogenéticas de las poblaciones de *Macrocystis spp.* y analizar y comparar los resultados con las secuencias en *GenBank*. La metodología usada fue experimental. Los resultados en base a la estructura genética presentaron una igualdad entre *Macrocystis pyrifera* y *M. integrifolia* presentando baja diversidad haplotípica (H_e) de 0,500-0,800, y $\pi=0,00253-0,00458$, presentándose con mayor frecuencia en la Bahía Independencia, San Juan de Marcona y Callao. Llegando a la conclusión en cuanto a la estructura genética de las muestras su baja diversidad, con punto haplotipos comunes, ya reportados y nuevos en las zonas de estudio de San Juan de Marcona y Callao, asignados como zonas de diversidad.

SERRATO, C. y LESMES, V. (2016), con el trabajo de tesis “Metodología para el cálculo de energía extraída a partir de la biomasa en el departamento de Cundinamarca”, con el objetivo de desarrollar una metodología para estimar el poder energético de la biomasa por estudios de sectores agrícolas y pecuarios. Se planteó la metodología para analizar las alternativas del distrito en la producción y uso de biomasa como fuente de energía. Los resultados obtenidos en el departamento de Cundimarca por el potencial energético en el sector agrícola fueron dados por la caña panelera ocupando un 76%; determinando que este campo representa un mayor potencial energético en GWh/año. Concluyendo que es posible generar altas cantidades de energía eléctrica en el departamento de Cundinamarca a partir de la biomasa residual sin verse afectado por la humedad de la materia energética, no debiendo superar el 30%.

SINGH, B.; BAUDDH, K. y BUX, F. (2015), presentó el libro “Algae and Environmental Sustainability” con el objetivo de identificar las nuevas generaciones de los biocombustibles utilizando materia prima que no compita con los sectores alimentación. La metodología utilizada fue explicativa, atendiendo a los procesos que se desarrollan para la obtención de

tipos de energía en el campo de transporte, alimentación y agrícola. Los resultados obtenidos son la nueva tercera generación para uso en biocombustibles, incluyendo la producción, cosecha y procesamiento de biomasa acuática como microalgas y macroalgas. Se concluye con la optimización de los procesamientos existentes para la producción de biocombustibles, bioetanol, biodiesel, etcétera o extracto de materia prima para uso agrícola y de alimentos.

TEJADA, L.; HENAO, D.; ALVEAR, M. y CASTILLO, C. (2015), en el artículo presentado “Caracterización y perfil lipídico de aceites de microalgas” con el objetivo de determinar la caracterización y cantidad de ácidos grasos de la microalga *Chlorella sp.* La metodología de investigación es experimental explicativa en base a las especies cultivadas *Chlorella sp* y *Dunaliella salina* con niveles de pH y niveles de nitrógeno. Los resultados para la especie *Chlorella sp.* cultivadas en 14 días con nivel de pH 7.5 y en nitrógeno de 0,1 mg L⁻¹, esta última condición fue igual con la especie *Dunaliella salina* cultivada en 6 días con nivel de pH 8,5. Para la extracción de aceites se usó la mezcla de cloroformo:metanol, encontrándose mayor porcentaje de ácidos grasos en ácidos linoleicos para la especie *D. salina* con 51% p/p a comparación de la segunda especie de estudio con 39% p/p; y el ácido oleico con mayor porcentaje en la especie *Chlorella sp.* con 35% p/p, a diferencia del 25% p/p de *D. salina*. Concluyéndose que la especie *Chlorella sp.* obtuvo una mayor porcentaje de lípidos y con menor nivel de insaturaciones que la especie *D. salina*, esto significa que la microalga *Chlorella sp.* cuenta con mayor disponibilidad de poder calorífico.

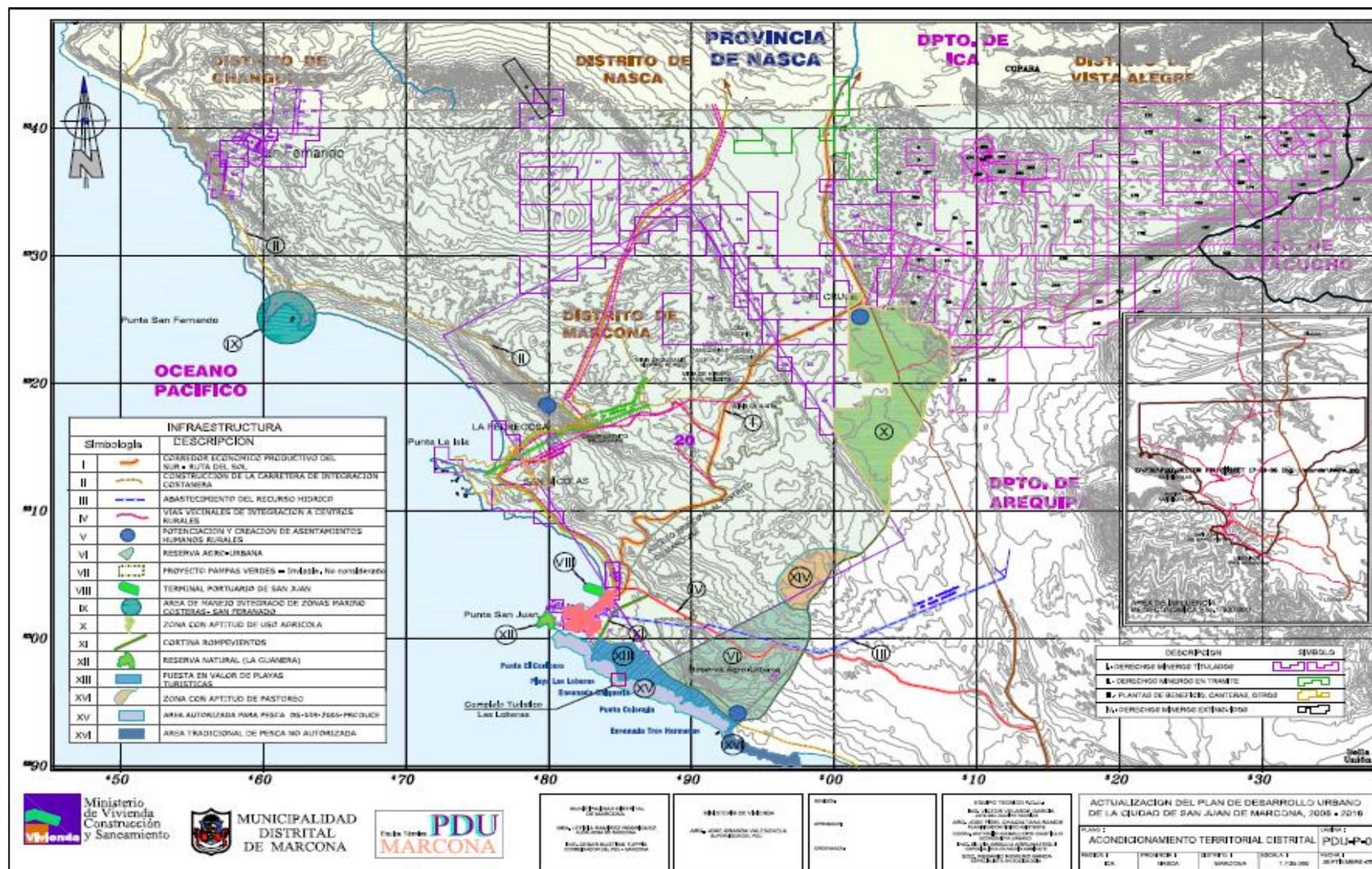
1.3. TEORÍAS RELACIONADAS AL TEMA

1.3.1. DISTRITO DE MARCONA

El distrito de Marcona está ubicado en el departamento de Ica y forma parte de los cinco distritos de la provincia de Nazca; con una extensión de 2009 km², altitud de 27 msnm, y limita por (Figura 2):

- El Norte: Distrito de Nazca, Changuillo y Vista Alegre (Provincia de Nazca, Región Ica).
- El Sur: Distritos de Lomas y Bella Unión (Provincia de Caravelí, Región Arequipa).
- El Este: Distrito de Santa Lucía (Provincia de Lucanas, Región Ayacucho).
- El Oeste: Océano Pacífico.

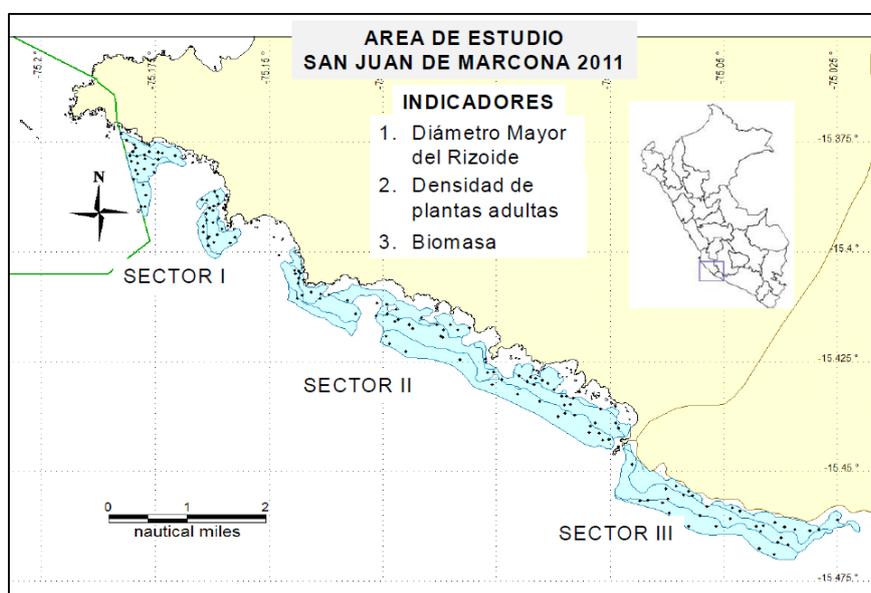
En el distrito de Marcona, se cuenta con la extensión de la Reserva San Fernando en la zona norte y en la zona centro la Reserva Nacional Punta San Juan de Marcona, estas Reservas y sus alrededores poseen condiciones idóneas para el asentamiento y desarrollo de una gran variedad de especies y comunidades representativas de los fondos marinos. Por R.P. N° 048-2016-SERNANP se aprobó el Plan Maestro de la RNSIIPG 2016-2020 (2016, p. 19), determinando la generación de las praderas de macroalgas en consecuencia del proceso de afloramiento del mar peruano, que consiste en el transporte de las aguas profundas hacia la superficie, acarreando nutrientes ubicados en el fondo del mar, esto constituye una zona de extensa variedad de flora y fauna marina, las que tienen importancia comercial a nivel provincial y nacional.



Fuente: Actualización del Plan de desarrollo urbano de la Ciudad de San Juan de Marcona, 2006

Figura 2. Plano de Acondicionamiento territorial distrital de Marcona, 2006.

La costa distrital se caracteriza por sus penínsulas con acantilados de 30 metros de altura que dificultan el ingreso a las bahías, puntas y a las dieciocho playas que se forman a nivel de su rompiente. Por su ecosistema marino favorece la conservación de la manta bentónica que habita en toda la extensión del litoral de Marcona; priorizándose las especies macroalgales como el sargazo *Macrocystis pyrifera*, aracanto o palo *Lessonia trabeculata* (SERNANP, 2016, p. 20), estas especies se detallaron en el informe de ICON-INSTITUT (2009, p. 18) como especies comercializadas del distrito de Marcona y ampliamente distribuidas en la zona marino costera; zonas inter y submareales (Figura 3).



Fuente: PPD-Marcona, 2006.

Figura 3. Disponibilidad de macroalgas en zona sur de Marcona.

1.3.1.1. Comunidad Pesquera Artesanal de Marcona

En el Artículo N° 2 del D.S. N° 015-2003-PRODUCE se precede como bioalternativa a la pesca artesanal del distrito de Marcona, protegiendo los recursos hidrobiológicos de la zona de influencia sin afectar de manera negativa la biodiversidad y medio ambiente, a la vez generando empleos a pescadores organizados del mismo distrito.

La Comunidad Pesquera Artesanal del Puerto de San Juan de Marcona (en adelante, COPMAR) establecida en el año 2004, presentó a PRODUCE el Plan Piloto Demostrativo

(en adelante, PPD) donde se especifica la distancia de 23 km. de litoral para el uso de los recursos hidrobiológicos y la integración de 16 organizaciones de pescadores artesanales embarcados y no embarcados, dispersados entre Sectores para el orden entre sus límites de trabajo, teniendo presente la no depredación de algas.

Según D.S N° 009-2005-PRODUCE en el Artículo N° 1 se aprobó el PPD y se especifica el ámbito comprendido para la COPMAR en el área entre Punta San Juan y el límite distrital de Marcona, y siendo asignados para representar a las organizaciones sociales de pescadores artesanales del distrito (Tabla 1) conformada por quince (15) asociaciones; e identificar los recursos hidrobiológicos para cultivo y comercialización.

Las asociaciones se distribuyen de la siguiente manera:

- **Pescadores embarcados:** Realizan la extracción de recursos hidrobiológicos desde las embarcaciones.
- **Pescadores no embarcados:** Recojo de macroalgas del litoral y las que sufren varazones en las oriyas de las playas dentro de la distancia especificada en el PPD, sin recurrir a la extracción de estos recursos bentónicos.

Tabla 1. Asociaciones de pescadores que conforman la COPMAR

COPMAR			
PESCADORES EMBARCADOS	Ubic. en mapa	PESCADORES NO EMBARCADOS	Ubic. en mapa
Asociación Gremio de Pescadores de Marcona	14	Asociación de Maricultores “El Almejar” de Marcona	13
Asociación Proyecto Mar de Marcona “APROMAR	12	Asociación de Maricultores “El Arca de Noé” de Marcona	4
Asociación de Maricultores “San Pedro” de San Juan de Marcona	3	Asociación de Maricultores “Cristóbal Colon” de E / H Puerto San Juan de Marcona	11
Asociación de Maricultores “Pacífico sur” de Marcona	1	Asociación de Maricultores “Los hijos de Jacob” de R / H de Marcona	15
Asociación de Maricultura “Mundo marino” de San Juan de Marcona	6	Asociación de Maricultura “APUMAR” de Marcona	2
Asociación de Maricultores “San Nicolás” de Marcona	8	Asociación de Maricultores “BUZMAR” de Marcona	7

COPMAR			
PESCADORES EMBARCADOS	Ubic. en mapa	PESCADORES NO EMBARCADOS	Ubic. en mapa
Asociación de “Jóvenes Pescadores y Transformadores Artesanales San Juan de Marcona	5	Asociación de Maricultores de R / H de Marcona “José Olaya Balandra”	10
Asociación de Cultivos Marinos de Marcona “ACUMAR”	9	Asociación Juventud del Mar	-

Fuente: COPMAR, 2006.

Existen 37 km de litoral ubicadas entre Punta San Juan y la Playa Yanyarina en las que resaltan los varazones de macroalgas que por fuerza de la marea son llevadas hacia las orillas de las playas, roqueríos y acantilados. En el mes de abril del 2008 se conoce que el recojo y desembarque de los residuos bentónicos de la Reserva son equivalentes a 400 Ton., estos datos son determinados por la colecta pasiva de los mismos, que devienen de la mortalidad natural de la flora sin perjudicar al ecosistema marino. (ICON-INSTITUT, 2009, p. 19). Según DPA por contenido audiovisual (2017), esta cantidad de recojo de macroalga ascienden a mil Tn/mes en el año (Ver Anexo 1).

1.3.2. LAS ALGAS MARINAS

Son organismos eucarióticos unicelulares y pluricelulares, designados como productores primarios de la cadena trófica; estos realizan el ciclo de la fotosíntesis (Lazcano, 2014, p. 214); por ello los cloroplastos se exponen al sol por medio de las hojas y tallos de las plantas, absorbiendo la energía química del sol y por sus moléculas se encuentran los pigmentos captadores de energía luminosa la que se convierte en energía química (Madrid *et al.*, 2015, p. 138). Por esta transformación de energía lumínica en energía química, las plantas generan biomasa y compuestos de almacenamiento (Nakamura y Li, 2016, p. 179). Se dividen en tres grupos según la pigmentación: pardas marrones (*Phaeophyceae spp.*), algas rojas (*Rhodophyta*) y algas verdes (*Chlorophyta spp.*) (Pandey, Lee, Chisti y Soccol, 2014, p. 206).

Las micro y macroalgas fueron usadas en años atrás como alimento, forraje, remedios y fertilizantes (Barsanti y Gualtieri, 2014, p. 267), actualmente se continúa con sus usos en los mismos campos pero con mayor volumen, y presencia en áreas como: cosméticos, textil,

aditivos para piensos, y en productos agrícolas. Identificando estos productos por tener un alto valor agregado por ser renovables, sostenibles y amigables con su entorno y con mayor productividad a comparación del uso de biomasa terrestre (Chojnacka *et al.*, 2018, p. 2).

En el caso de estudio, las macroalgas no tienen raíces, tallos ni hojas, por lo que se componen de un talo (hojas) y, a veces, un tallo y un pie; estas especies contienen azúcares en aproximadamente 50% generando la posibilidad a la fermentación (Pandey *et al.*, 2014, p. 239). En especial los contenidos de alginatos pueden encontrarse en las macroalgas pardas *Ascophyllum*, *Laminaria*, *Macrocystis*, *Durvellia*, *Sargassum*, *Cystoseira* y *Ecklonia*, etcétera (Sahoo y Seckbach, 2015, p. 198). Otra característica poseedora en su vida marina es el lugar que ocupan lentamente, pero creciendo más rápido pudiendo sobrepasar el fondo o nivelarse con la superficie del agua; conduciendo a su vulnerabilidad al pastoreo y a la turbulencia del agua (Chojnacka *et al.*, 2018, p. 18).

Respecto a la producción de macroalgas se conoce como viable a comparación de la caña de azúcar con productividad por hectárea por año de 70 a 170 mg de biomasa fresca, a diferencia de las algas con 150 a 600 mg de biomasa fresca por hectárea por año (Chojnacka *et al.*, 2018, p. 35).

Las propiedades que tienen las algas son:

- Alta capacidad de captar CO₂ (Thajuddin y Dhanasekaran, 2016, p. 3).
- No compiten por terrenos cultivables para especies oleaginosos, lo que provoca un conflicto con alimentos (Pandey, Lee, Chisti y Soccol, 2014, p. 111).
- Crecimiento y desarrollo de las especies algales en cualquier ecosistema acuático como aguas saladas y dulces, incluyendo las contaminadas (Singh, Bauddh y Bux, 2015, p. 3).
- Se aprovecha la biomasa para uso agrícola, como biofertilizantes o abonos.
- Alto potencial energético para generar biocombustibles.

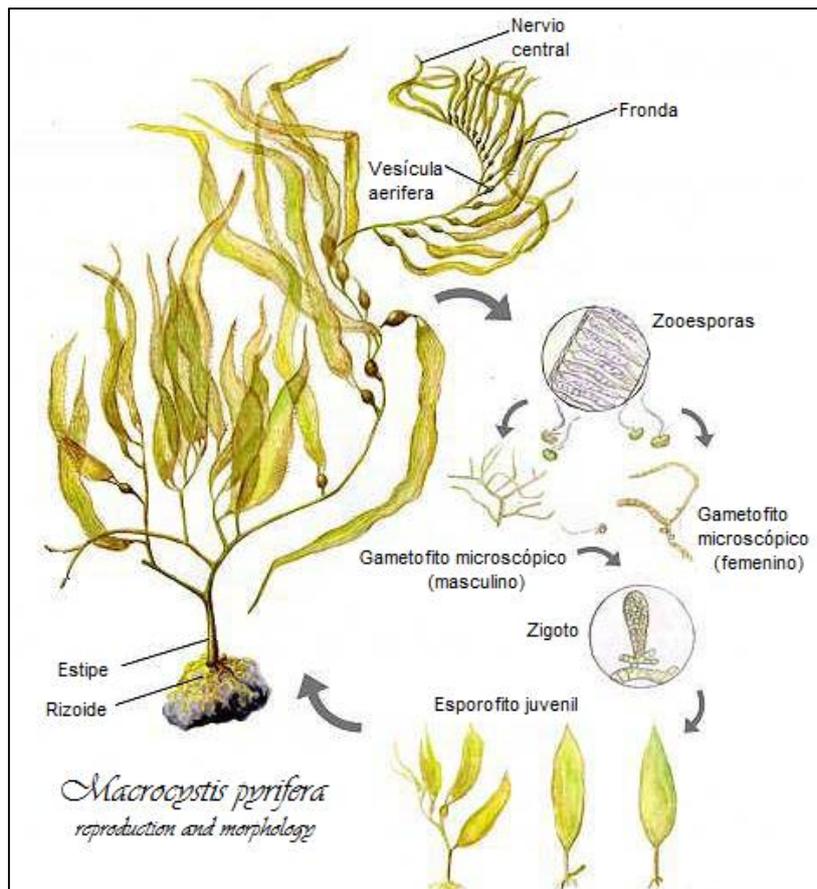
1.3.2.1. Características de la especie *Macrocystis pyrifera*

Esta especie de alga es un organismo bentónico considerado el más grande del mundo, pudiendo llegar a una altura de 30 metros de longitud (Peña y Salgado, 2016, p. 112) y como

anteriormente se encontró una con 65 metros de largo; su crecimiento en 21 días asciende hasta los 50cm (Barsanti y Gualtieri, 2014, p. 272). Esta especie *Macrocystis pyrifera* cuenta con su clasificación taxonómica descrita en la división de Phaeophyta, clasificado por Phaeophyceae (Feofíceas), de orden Laminariales, familia de Lessoniaceae y de género *Macrocystis* (Salvarría, Benavente y Gil, 2014, p.70).

Esta macroalga adhiere un color café verdoso o amarillo parduzco, debido a la presencia de gran cantidad de xantófilas, entre ellas la fucoxantina y flavoxantina (Ortíz, 2011, p. 17); así se le denomina como alga parda. Su formación se origina en el sustrato rocoso en el que se fijan fuertemente (Salvarría *et al.*, 2014, p.71) y a una proximidad de profundidad de 25 metros de la intermareal; su presencia en los espacios acuáticos se debe a la existencia como sustrato para las hábitats de moluscos, peces, etcétera. Cuenta con una distribución en toda la extensión del pacífico norte, desde Alaska a México; a lo largo del oeste y sureste de la costa de Sudamérica, desde Perú a Argentina; y en regiones aisladas como Sudáfrica, Australia y Nueva Zelanda y en varias islas subantárticas (Peña y Salgado, 2016, p. 112).

De acuerdo a su morfología (Figura 4), conformado por el rizoide del cual surgen uno o varios estipes de ramificación dicotómica totalmente flexibles, estos originan la creación de las frondas que llegan a medir 70cm de largo por 30cm de ancho y son caracterizadas por ser planas y rugosas. En la base de la fronda se ubica la vesícula aerífera con forma piriforme que contiene aire; esta cualidad hace que esta alga flote en las mareas. En el caso de la reproducción; las frondas intervienen y se dividen sin formar las vesículas aeríferas ni alargar el estípite; por ello en su superficie se formarán manchones de esporangios. Las esporas darán origen a gametofitos microscópicos y distintos: los masculinos con espermatozoides flagelados pequeños y los femeninos con un gametofito grande e inmóvil (Salvarría *et al.*, 2014, p.70).



Fuente: Mesa Schumacher, 2010.

Figura 4. Reproducción y morfología de *Macrocyctis pyrifera*.

1.3.2.2. Composición química del alga

Por función de la fotosíntesis de las algas, el oxígeno y los compuestos carbonosos de alta energía se producen y pueden llegar a transformarse en productos valiosos (Chojnacka *et al.*, 2018, p. 2).

Las algas han sido identificadas como fuente de alto valor biológico poseedora de triglicéridos (aceite), incluyendo a toda pigmentación de especies de algas existentes. Las macroalgas pueden ser una fuente de energía más efectiva que la biomasa de las plantas terrestre (Chojnacka *et al.*, 2018, p. 135), considerándose capaces de generar combustible (Pandey *et al.*, 2014, p. 155). Los lípidos son uno de los componentes principales de las algas (Singh, Baudh, Bux, 2015, p. 6), antes de su extracción requieren de la deshidratación (Pandey *et al.*, 2014, p. 272).

Los contenidos de lípidos de las dos algas verdes *Ulva rigida* y *Codium bursa*, el alga parda *Cystoseira barbata* y el alga roja *Ceramium diaphanum* fue menor que 3,00% peso/peso seco [p/ps]. El alga parda *Cystoseira barbata* presentó el valor más alto (2,51% p/ps); a pesar de que este valor es relativamente bajo, fue mayor que los valores registrados para las dos algas verdes, los cuales fueron menores que 1% (0,80% y 0,95% p/ps para *U. rigida* y *C. bursa*, respectivamente) (Frikha *et al.*, 2011, Composición proximal, párr. 2).

Según Ortiz, 2011 (p. 21), en el caso de las algas pardas *Macrocystis pyrifera*, *Durvillaea antarctica*. (Cochayuyo) y *Durvillaea antarctica* (Hulte) se tiene la siguiente composición proximal, expresadas en base seca.

Tabla 2. Composición proximal en algas pardas para base seca.

Algas pardas	Proteínas	Lípidos (%)	Ceniza (%)	E.N.N. (*) (%)	Calorías (Kcal/100g)
<i>Macrocystis pyrifera</i>	13,2 ± 0,0	0,7 ± 0,1	10,8 ± 0,3	75,3 ± 0,2	360,3
<i>Durvillaea antarctica</i> . (Cochayuyo)	10,4 ± 0,6	0,8 ± 0,0	17,9 ± 0,1	70,9 ± 1,3	332,4
<i>Durvillaea antarctica</i> (Hulte)	11,6 ± 0,1	4,3 ± 0,1	25,7 ± 0,1	58,4 ± 0,8	318,7

(*) La fracción química se compone casi en su totalidad por hidratos de carbono solubles y carragenanos
Fuente: Ortíz, 2011.

Donde la especie *Macrocystis pyrifera* demuestra un elevado porcentaje en niveles de proteínas de 13,2% a diferencia de los 10,4% de *Durvillaea antarctica* y 11,6% de *Durvillaea antarctica* (Hulte). La cantidad porcentual lipídica para *Macrocystis pyrifera* es bajo en 0,1% a diferencia de *Durvillaea antártica* (Cochayuyo) asignándole una cantidad de 0,7%. En cuanto a la cantidad de cenizas la especie con más alto nivel es *Durvillaea antártica* (Hulte) con 25,7%, siguiendo la denominada Cochayuyo con 17,9% y la especie *Macrocystis pyrifera* con 10,8% presentando los niveles más bajos. Los porcentajes de hidratos de carbono solubles y carragenanos, representados en E.N.N.; reconoce su mayor cantidad porcentual para la especie de alga *Macrocystis pyrifera* con 75,3% y en menor cantidad la denominada Cochayuyo con 70,9% y la Hulte con 58,4%. En este mismo orden resulta la cantidad de nivel calorías, asignando de 360,3 Kcal/100g para la especie *Macrocystis pyrifera*, para Cochayuyo de 332,4 Kcal/100g y la Hulte con 318,7 Kcal/100g.

Las algas feofíceas o pardas estudiadas, presentan todos los aminoácidos esenciales, la especie *Macrocystis pyrifera* con 5134,4 mg/100 g de muestra seca; es decir un 38,9% de la proteína total, similar porcentaje a las otras muestras, como la *Durvillaea antarctica* (Cochayuyo) con 40,3% y 38,6% para la *Durvillaea antarctica* (Hulte) (Ortíz, 2011, p.23).

En el caso de la evaluación de los ácidos grasos, los productos marinos llevan una similitud en las cantidades presentadas de ácidos grasos saturados, monoinsaturados y poliinsaturados (Ortíz, 2011, p.24), demostrándose en la siguiente tabla:

Tabla 3. Contenido de Ácidos Grasos en algas pardas

Ácidos grasos	<i>Macrocystis pyrifera</i>	<i>Durvillaea a.</i> (Cochayuyo)	<i>Durvillaea a.</i> (Hulte)
Porcentaje materia grasa	0,7	0,8	4,3
Total saturados (%)	22,78 ± 0,62	26,63 ± 1,46	39,77 ± 1,43
Total monoinsaturados (%)	25,17 ± 0,15	38,88 ± 2,24	33,88 ± 2,82
Total poliinsaturados (%)	51,41 ± 0,56	35,51 ± 3,38	28,25 ± 1,27
Índice de poliinsaturación (%)	2,3	1,3	0,7

Fuente: Ortíz, 2011.

Mediante la tabla 3 se identifica a la especie *Macrocystis pyrifera* con contenidos de ácidos poliinsaturados de 51,41%, que superan extensamente a las especies de *Durvillaea antarctica*, identificada como Cochayuyo y Hulte. Esto demuestra que los niveles de ácidos grasos han variado para el total de poliinsaturación conforme a la especie *Macrocystis pyrifera* y se conforma por el ácido linoleico al 43,41%, y en el total de monoinsaturados se representa por el ácido graso oleico de 19,64%. Por lo tanto, su contenido de lípidos es reducido, frente a la cantidad ácidos grasos insaturados (Ortíz, 2011, p.29).

1.3.3. LOS BIOCOMBUSTIBLES

Los biocombustible son productos procedentes de la transformación por medios bioquímicos de la biomasa, utilizándose como fuente energética (San Miguel y Gutiérrez, 2015, p. 4). En especial, los biocombustibles de la tercera generación, a partir de microalgas y macroalgas, son una alternativa viable para desplazar a los combustibles fósiles (Pandey *et al.*, 2014, p.

206). Toda biomasa alternativa en la quema genera un 78% menos dióxido de carbono, un 98% de azufre y un 50% de emisiones de materia particulada; por ello se considera combustible renovable, biodegradable, no tóxico y ecológico (Pandey *et al.*, 2014, p. 19), minimizando los gas del efecto invernadero (Thajuddin y Dhanasekaran, 2016, p. 3).

Las ventajas de un biocombustible:

- Todo organismo fotosintético absorbe CO₂ de la atmósfera, reduciendo la emanación de gases del efecto invernadero (Nakamura y Li, 2016, p. 180).
- El biodiesel es biodegradable, por su punto de inflamación mayor a 110°C, puede almacenarse y manipularse sin resultar peligroso (Madrid *et al.*, 2015, p. 191).
- Puede producirse plantas oleaginosas en tierras no cultivadas o improductivas para el procesamiento de sus semillas (Madrid *et al.*, 2015, p. 191).

Según Pandey *et al.* (2014, p. 172), para la conversión de la biomasa de algas en biodiesel se acude a los procesos de recolección, secado, destrucción de células, extracción y transesterificación. La demanda de los biocombustibles existente con la primera y segunda generación reside ahora con el uso de algas (Singh *et al.*, 2015, p. 7).

Para Madrid *et al.*, (2015, p. 136), la conversión de la materia lignocelulósica en combustible se lleva a cabo a través de procesos bioquímicos, iniciando en la trituración de las semillas, la extracción del aceite y se somete a un proceso de refinación. Luego, se somete a una transesterificación, donde reacciona el aceite con un alcohol ligero obteniéndose dos productos:

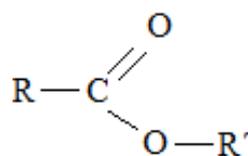
- Biodiesel: Se le asigna como B100 cuando se utiliza con pureza total, si se mezcla con distintas cantidades de diésel se le llama B5 (contiene 5% de biodiesel), sucesivamente.
- Glicerina: Es un subproducto de la reacción de transesterificación teniendo aplicaciones en cosmética.

Existen distintos métodos para la producción de biocombustible considerando el estado líquido, se aplica la fermentación alcohólica de los carbohidratos pasando a etanol, la

biomasa en fermentación butílica a alcohol butílico y la transformación de aceites de vegetales esterificados a biodiesel (Frac, Jezierska-Tys y Tys, 2010, p. 9228).

1.3.3.1. Los aceites y grasas

Los aceites vegetales contienen triacilgliceroles estos pueden convertirse en ésteres metílicos de ácidos grasos (Figura 5), conocidos como biodiesel (Nakamura y Li, 2016, p. 179) produciéndose a partir de reacciones de transesterificación (Kumar T., Ahmad, Sharma, Kumar Ch. y Kishore, 2018, p. 422).



Fuente: Nakamura y Li, 2016

Figura 5. Formula química general de un éster.

El contenido de ácidos grasos libres del aceite de algas es bastante alto y, por lo tanto, es necesario un tratamiento previo antes de la conversión del biodiesel (Singh *et al.*, 2015, p. 6). En comparación con las contrapartes basadas en cultivos, las algas tienen tasas de crecimiento rápidas. Se estima que las algas podrían producir 61,000 L/ha, en comparación con 200 L/ha a 450 L/ha de cultivos como la soja y la canola (Pandey *et al.*, 2014, p. 155).

Se refiere a un biocombustible, al estar formado solo de ácidos grasos monoinsaturados. Al obtenerse a partir de materias primas comunes como aceites vegetales y grasas de animales, se entiende a los ácidos grasos formados por 10 de sus tipos más comunes, que conforman de 12 a 22 átomos de carbono, los que el 90% se encuentran en 16 a 18 carbonos. Estas cadenas de ácidos grasos son saturadas, otras son monoinsaturada y otras poliinsaturadas (Pinglo y Valencia, 2016, p.18).

La composición media en ácidos grasos de los aceites vegetales se aproxima a 65% de grasas linoleicas, 20% de grasas oleicas, un aproximado de 5% de grasas palmíticas y esteáricas, y otras en menor proporción (Tabla 4) (Camps y Marcos, 2008, p. 261).

Tabla 4. Características químicas de algunos aceites y grasas

Aceite o grasa	Principales ácidos grasos presentes	Viscosidad a 38°C mm ² /s	Índice de yodo (g/100g)	Índice de saponificación (mg KOH/g)	Materia insaponificable (%)
Soya	53% linoleico 23% oleico 12% palmítico 8% linolénico	32,6	125 – 140	190-194	1,00
Semilla de algodón	53% linoleico 24% palmítico 18% oleico	33,5	110	192-200	1,50
Girasol	59% linoleico 34% oleico	37,1	133	189-194	1,30
Palma	48% palmítico 38% oleico 9% linoleico	-	50	196-206	0,30
Coco	49% láurico 18% mirístico 8% caprílico 8% palmítico	-	10	252-260	0,40
Canola	62% oleico 22% linoleico 10% linolénico	37	100	170-180	1,00
Manteca de cerdo	45% oleico 25% palmítico 13% esteárico 10% linoleico	-	-	-	-
Sebo de vacuno	39% oleico 26% palmítico 22% esteárico	51,2	35-48	-	-
Ricino	88% ricinoleico 8% oleico	297	85	177-187	0,50

Fuente: San Miguel y Gutiérrez, 2015.

Los ácidos grasos son representativos de los compuestos carboxílicos terminales, por lo que acaban con un radical carboxilo – COOH, siendo de cadena abierta alifática con longitudes de C8 hasta C24. Se clasifican como saturadas o insaturadas (Castro et al., 2007, p. 98).

A). Los ácidos grasos saturados

Si los ácidos grasos son saturados, el triglicérido es sólido y se llama grasa (Chaverra e Hincapié, 2015, p. 162). Los ácidos grasos saturados son llamados así cuando no contienen dobles ni triples enlaces entre los átomos de carbono, que se indican en la Tabla 5, indicando sus puntos de fusión y ebullición (Castro *et al.*, 2007, p. 99).

Tabla 5. Ácido grasos saturados y sus principales características

Ácido	N° átomos de carbono	Fórmula	Punto de ebullición a 16 mm (°C)	Punto de fusión (°C)
Butírico	4	C ₃ H ₇ COOH	163 (a 760 mm)	-8
Caproico	6	C ₅ H ₁₁ COOH	107	-3,4
Caprílico	8	C ₇ H ₁₅ COOH	135	16,7
Caprílico	10	C ₉ H ₁₉ COOH	159	31,6
Láurico	12	C ₁₁ H ₂₃ COOH	182	44,2
Mirístico	14	C ₁₃ H ₂₇ COOH	202	54,4
Palmítico	16	C ₁₅ H ₃₁ COOH	222	62,9
Estearico	18	C ₁₇ H ₃₅ COOH	240	69,6
Aráquico	20	C ₁₉ H ₃₉ COOH	-	75,4
Behénico	22	C ₂₁ H ₄₃ COOH	-	80,0
Lignocérico	24	C ₂₃ H ₄₇ COOH	-	84,2

Fuente: Castro et al., 2007.

B). Los ácidos grasos insaturados

Si los ácidos grasos que componen un triglicérido son insaturados, el triglicérido es líquido y recibe el nombre de aceite. (Chaverra e Hincapié, 2015, p. 162). Estos ácidos grasos demuestran uno o más dobles o triples enlaces entre los átomos de carbono, siendo difíciles de estudiar por la propiedad que tienen de isomerizar o polimerizar por acción del calor o de los agentes químicos (Tabla 6) (Castro et al., 2007, p. 100).

Tabla 6. Ácido grasos insaturados más importantes

Nombre común	Nombre de Ginebra	Número de átomos de carbono	Número de dobles enlaces	Fórmula
Miristoleico	Tetradecenoico	14	1	C ₁₃ H ₂₅ COOH
Palmitoleico	Hexadecenoico	16	1	C ₁₅ H ₂₉ COOH
Oleico	Octadecenoico	18	1	C ₁₇ H ₃₃ COOH
Linoleico	Octadecadienoico	18	2	C ₁₇ H ₃₁ COOH
Linolénico	Octadecatrienoico	18	3	C ₁₇ H ₂₉ COOH
Araquidónico	Eicosatetraenoico	20	4	C ₁₉ H ₃₁ COOH
Erúico	Docosenoico	22	1	C ₂₁ H ₄₁ COOH

Fuente: Castro et al., 2007.

1.3.3.2. Calidad de biocombustible

Las características de los biocombustibles a partir del uso de biomasa debe ser similar a la comúnmente obtenida, combustible fósil. (Castro, 2007, p. 101). Por esto en la Norma Técnica Peruana (en adelante, NTP) 321.003:2001 se establece los límites permisibles de las propiedades significativas de los combustibles disponibles.

Tabla 7. Especificaciones según NTP 321.003:2001

Características	Especificaciones						Método de ensayo
	Diésel N° 1		Diésel N° 2		Diésel N° 2 especial		
	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	
Volatilidad							
Destilación, °C (a 760 mm Hg)							ASTM D86:99a / ISO 3405:88 PNTP 312.023
90% recuperado a		288	282	360	282	360	
Punto de inflamación Pensky Martens, °C	38		52		52		ASTM D93:99B / ISO 2719:88 PNTP 321.024
Fluidez							
Viscosidad cinemática a 40°C, cSt	1,3	2,4	1,9	4,1	1,9	4,1	ASTM D445:97 / ISO 3104:94 PNTP 321.031
Punto de escurrimiento, °C		-12		+4		+4	ASTM D97:96A / ISO 3016:94
Composición							
Número de cetano (1)	40		45		50		ASTM D613:95 / ISO 5165:98
Índice de cetano	40		40		45		ASTM D4737:96a ISO 4264:95 / PNTP 312.130
Cenizas, % masa		0,01		0,01		0,01	ASTM D482:95 / ISO 6245:93
Residuos carbón Ramsbottom, 10% fondos, % masa		0,15		0,35		0,35	ASTM D524:97 / D189:97 ISO 4262:93 / ISO 6615:93
Corrosividad							
Corrosión lámina de cobre, 3h, 50°C, N°		3		3		3	ASTM D130:94 / ISO 2160:98 PNTP 321.021
Azufre total, % masa		0,5		0,5		0,15	ASTM D129:95 / D2622:98 ASTM D4294:98 / ISO 8754:92
Contaminantes							
Agua y sedimentos, % Vol		0,05		0,05		0,05	ASTM D1796:97 / D2709:96 ISO 3734:97 / PNTP 321.029
OBSERVACION: Estas especificaciones técnicas son el resultado de tomar como referencia: Norma ASTM D 975:98b (En vigencia), NTP 321.003:1989: petróleo y derivados. Combustibles Diésel y recomendaciones del Joint Nations Development Programme - World Bank - "Armonización de las especificaciones de los Combustibles en América Latina y el Caribe" - Junio 1998 (En vigencia).							

(1) En caso de no contar con el equipo del Método de Ensayo ASTM D 613-95 (Número de Cetano), se calculará el Índice de Cetano con el Método de Ensayo ASTM D 4737:96a.

Fuente: NTP 321.003:2001, 2001.

Tras la producción de los ésteres metílicos se canaliza su empleabilidad en automoción o en aparatos de calefacción. Las especificaciones o normativas creadas para determinar la calidad de biocombustible y posterior uso en campos de automoción son los siguientes.

Tabla 8. Normativas para la calidad de biocombustible en automoción

Área de control	Normativa	Definición
Estados Unidos	ASTM D-6751	American Society for Testing and Materials
Europa	EN14214	European Committee for Standardization
Brasil	ANP N°7/08	Agencia Nacional de Petróleo, Gas natural y Biocombustibles
Perú	NTP 321.125.2008	Norma Técnica Peruana

Fuente: San Miguel y Gutiérrez, 2015.

Además del perfil lipídico de una grasa o aceite, hay otros factores que pueden influir en la calidad de biocombustible, ya sean propios del proceso de obtención, y las condiciones de transporte y almacenamiento. La estabilidad a la oxidación, las propiedades a bajas temperaturas, densidad, número de cetano etcétera, son propiedades que dependen de la materia prima de partida, sin embargo, la presencia de impurezas derivadas de una mala purificación, almacenaje y/o transporte pueden también influir negativamente en las mismas. Otras, como la humedad, la presencia de metales de metanol o de glicerina se deben exclusivamente a fallos en la purificación del biodiesel, mientras la presencia de mono-, di- o triglicéridos es indicativa de un bajo rendimiento en el proceso de transesterificación (San Miguel y Gutiérrez, 2015, p. 304).

➤ **Densidad**

Esta prueba es física y primordial para caracterizar a los combustibles, pudiendo ser usada con otras para el mismo fin, por lo que las muestras no deben tener problemas para cumplir con este parámetro (Knothe, 2010, p.168). Las variaciones en los resultados de la densidad afectan en las variaciones de la potencia del motor y en las emisiones y consumo. Se conoce que la densidad del biocombustible tiene efectos en el tiempo de la inyección de los equipos de inyección que se controlan mecánicamente (Poma, 2004, p. 25). La densidad también

depende del aceite utilizado y del proceso de producción de transesterificación; al obtener un valor bajo se concluye que existe una excesiva cantidad de alcohol, no recomendable para el uso del producto final (León *et al.*, 2009, p. 9).

➤ **Viscosidad**

La viscosidad de los ésteres cuenta con un aproximado de ser dos veces superior a la de un combustible fósil, frente a diez veces o más de la del aceite crudo (León *et al.*, 2009, p. 8). Mediante la transesterificación se obtienen metiléster que presentan valores de viscosidad menor que los aceites de partida, este valor aumenta con la longitud de la cadena y disminuye con la presencia de insaturaciones; moléculas cuyas insaturaciones tienen configuración *trans*, sin embargo, los aceites vegetales solo presentan configuración *cis* (San Miguel y Gutiérrez, 2015, p. 306).

Al tener una viscosidad más baja a las especificaciones beneficia a los motores que requieran menor potencia en la bomba de inyección y en la salida de los inyectores, pero este bajo rango indicaría un exceso de metano. Y los altos valores, acortan la vida del motor e indican una degradación térmica y oxidativa, antecedentes de aceites sin reaccionar y que provocarían problemas en los sistemas de bombeo e inyectores (León *et al.*, 2009, p. 8).

➤ **Índice de acidez**

Siendo un parámetro que asiste al motor, es utilizado para determinar el nivel de ácidos o ácidos grasos libres que en el proceso puedan presentarse. Al tener una elevada cantidad, superior al rango establecido por normativas, puede aumentar la formación de depósitos en los sistemas de inyección y la probabilidad de su corrosión (León *et al.*, 2009, p. 10).

Se debe considerar que este parámetro no puede ser usado para predecir la corrosividad de ningún tipo de biocombustible cuando se encuentre en uso; es así que no está determinada la relación que existiera entre el índice de acidez y la presencia de la corrosión del biocombustible en la superficie metálica del equipo (Poma, 2004, p. 25).

➤ **Residuo carbonoso**

Considerado como parámetro que ayuda a la protección del motor, asegurando la cantidad que residuos carbonosos que provocan desgaste a los elementos del motor (Arias, 2011, p.74). Al realizar la medición, se demuestra la cantidad de este residuo depositado en cualquier tipo de combustible al ser calentado en un bulbo bajo condiciones establecidas (por pirolisis). Si bien no está directamente correlacionada con los depósitos en el motor, este parámetro es considerado una aproximación (Poma, 2004, p. 23).

Su resultado depende únicamente del proceso de transesterificación; teniendo un valor elevado se indica el alto contenido de glicéridos, la presencia de metales (jabones, restos de catalizador) u otras impurezas (León *et al.*, 2009, p. 10).

➤ **Cenizas sulfatadas**

Este parámetro medible, representa la cantidad de los compuestos que provocan desgaste en los elementos del motor (Arias, 2011, p. 74), pudiendo presentarse como jabones metálicos solubles, sólidos abrasivos y como catalizadores no removidos. Estos dos últimos, dañan los inyectores, filtros y la bomba de inyección, y generan desgaste en los pistones y anillos, y depósitos en el motor. Por otro lado, los jabones metálicos solubles tienden a surgir el taponamiento de filtros y generar depósitos en los motor (León *et al.*, 2009, p. 10).

1.3.3.3.Aspectos reglamentarios para los biocombustibles

A). American Society for Testing and Materials, ASTM D6751

Según la Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (con siglas en inglés, ASTM) D6751, define al biodiesel como ésteres de mono alquilo de ácidos grasos de cadena larga provenientes de los aceites vegetales y las grasas de animales. Su aplicación consiste en las mezclas con combustibles fósiles en cantidades de 20% a menos, sin especificarse como biodiesel puro (B100) (León *et al.*, 2009, p. 8). Y su cumplimiento en Estados Unidos, se rige a la evaluación de los parámetros del biodiesel previo a la mezcla (Pinglo y Valencia, 2016, p.18).

Este estándar internacional hace referencia al Vol. 5 del ASTM, donde se describen los equipos e instrumentos a usarse y los procedimientos para analizar y evaluar mediante pruebas físicas y químicas las muestras de biocombustible (Knothe, 2010, p.168).

Tabla 9. Norma ASTM D6751, de ésteres monoalquílicos de ácidos grasos en diésel.

Propiedad	Límite		Unidad	Método de prueba
	Min.	Máx.		
Punto de inflamación	93		°C	D 93
Control de alcohol Debe cumplir con una de las siguientes: 1. Contenido de metanol 2. Punto de inflamación	130	0,2	Masa % °C	EN 14110 D 93
Agua y sedimento		0,050	% volumen	D2709
Número ácido		0,50	mg KOH/g	D 664
Ceniza sulfatada		0,020	% masa	D 874
Corrosión lámina de cobre		No. 3		D 130
Residuo de carbono		0,050	% masa	D 4530
Viscosidad cinemática	1,9	6,0	mm ² /s	D 445
Número de cetano	47			D 613
Punto de turbidez	Reporte		°C	D 2500
Filtrabilidad de impregnado en frío		360	Segundos	Anexo A1
Estabilidad de oxidación	3		Horas	EN 14112
Glicerina libre		0,020	% masa	D 6584
Glicerina total		0,240	% masa	D 6584
Sodio y potasio, combinados		5	ppm (µg/g)	EN 14538
Calcio y magnesio, combinados		5	ppm (µg/g)	EN 14538
Azufre		0,0015 0,05	% masa (ppm)	D 5453
Contenido de fósforo		0,001	% masa	D 4951
Temperatura destilación, Temperatura atmosférica equivalente, 90% recuperado		360	°C	D 1160

Fuente: Knothe, 2010.

Demuestra mayor amplitud en el rango de la viscosidad cinemática del biodiesel, esto permite el uso de la mayoría de las materias primas para producción de biocombustible, considerando los cinco ésteres de metilo comunes tienen valores de 4,51 mm²/s para oleato de metilo, 4,38mm²/s para palmitato de metilo, 5,85mm²/s para estearato de metilo,

3,65mm²/s para linoleato de metilo y 3,14mm²/s para linolenato de metilo; pero los ésteres de cadena más corta tienen viscosidad cinemática más baja, como el laureato de metilo con 2,43mm²/s (Knothe, 2010, p. 163). En consecuencia, la viscosidad cinemática del biodiésel derivado de aceite de soya es aproximadamente 4.0-4.1mm²/s y la del biodiésel derivado de aceite de canola es aproximadamente 4,4 - 4,5mm²/s.

B). Norma Europea para biodiesel, EN 14214

Esta Norma presenta una mayor exigencia para definir la calidad de los biocombustibles a diferencia de la ASTM D6751 y es establecida para motores diésel, definiéndose como ésteres metílicos de ácidos grasos (FAME); cumpliéndose con el estándar podría ser utilizado puro (B100) en los motores adecuados, y si es mezclado con el diésel de petróleo cumplirá con la EN 590, especificación para el diésel.

La norma EN 14214 es aplicable al biodiesel cual proceso interviene el metanol e incluye el control de su remanente (León *et al.*, 2009, p. 8), así mismo detalla especificaciones relacionadas con las propiedades de los ésteres de alquilo de ácidos grasos (Knothe, 2010, p.168), todos ellos no incluidos en la ASTM D6751.

Tabla 10. Especificaciones de Norma Europea, EN 14214

Propiedad	Límite		Unidad	Método de prueba
	Min.	Máx.		
Contenido de éster	96.5			EN 14103
Punto de inflamación	101		°C	EN ISO 2719 EN ISO 3679
Contenido de metanol		0.20	% (m/m)	EN 14110
Contenido de agua		500	mg/kg	EN ISO 12937
Valor ácido		0,50	mg KOH/g	EN 14104
Ceniza sulfatada		0,02	% (m/m)	ISO 3987
Corrosión lámina de cobre	No. 1			EN ISO 2160
Residuo de carbono (10% residuo dist.)		0,30	% (m/m)	EN ISO 10370
Contaminación total		24	mg/kg	EN 12662
Densidad 15°C	860	900	Kg/m ³	EN ISO 3675 EN ISO 12185
Viscosidad cinemática	3,5	5,0	mm ² /s	EN ISO 3104

Propiedad	Límite		Unidad	Método de prueba
	Min.	Máx.		
Número de cetano	51			EN ISO 5165
Estabilidad de oxidación, 110°C	6		Horas	EN 14112
Glicerina libre		0,020	% (m/m)	EN 14105 EN 14106
Glicerina total		0,240	% (m/m)	EN 14105
Contenido de monoglicéridos		0,8	% (m/m)	EN 14105
Contenido de diglicéridos		0,2	% (m/m)	EN 14105
Contenido de triglicéridos		0,2	% (m/m)	EN 14105
Índice de yodo		120	g yodo/100g	EN 14111
Contenido de ácido linoléico		12	% (m/m)	EN 14103
Contenido de fame con ≥ 4 enlaces dobles		1	% (m/m)	
Metales Grupo I (Na + K)		5	mg/kg	EN 14108 / 14109 EN 14538
Metales Grupo II (Ca + Mg)		5	mg/kg	EN 14538
Azufre		10	mg/kg	EN ISO 20846 EN ISO 20884
Contenido de fósforo		4	mg/kg	EN 14107

Fuente: Knothe, 2010.

El rango de viscosidad cinemática declarada en la norma EN 14214 es pequeña en diferencia a lo establecido en la ASTM D6751 (León *et al.*, 2009, p. 8); por lo que afecta a los niveles de viscosidad cinemática de los aceites con ácidos grasos de cadena corta, como el aceite de coco; o aceites con altas cantidades de ácidos grasos saturados, como los aceites usados de cocina (Knothe, 2010, p.167).

C). Normativa aplicable para biodiesel en Brasil, ANP N°7/08

Según la Resolución ANP N°7, creada en el 2008, aprobada por la Agencia Nacional de Petróleo, Gas natural y Biocombustibles de Brasil, define al biodiesel (B100) como compuesto de alquil ésteres de ácidos grasos de cadena larga, originarios de los aceites vegetales y de las grasas de animales. Medible según especificaciones a partir del biodiesel usado, antes de la mezcla con el diésel común y aplicado a los biodiesel del territorio o importado

Tabla 11. Especificaciones para biodiesel en Brasil, ANP N°7/08

Propiedad	Límite		Unidad	Método de prueba
	Min.	Máx.		
Contenido de éster	96.5			EN 14103
Densidad 20°C	0,850	0,900	g/cm ³	ASTM D1298/4052 EN ISO 3675/12185
Viscosidad cinemática 40°C	3,5	5,0	mm ² /s	ASTM D445 / EN ISO 2104
Punto de inflamación	100		°C	ASTM D93 / EN ISO 3679
Azufre		0,005	% m/m	ASTM D5453 EN ISO 20846/20884
Número de cetano	Informar			ASTM D613 / 6890 EN ISO 5165
Contenido de agua		500	mg/kg	ASTM D6304 / EN ISO12937
Corrosión lámina de cobre		1		ASTM D130 / EN ISO 2160
Metanol		0,2	% m/m	EN 14110
Glicerina libre		0,020	% m/m	ASTM D6584 EN 14105 / EN 14106
Glicerina total		0,240	% m/m	ASTM D 6584 / EN 14105
Índice de yodo	Informar			EN 14111
Índice de acidez		0,5	mg KOH/g	ASTM D664 / EN 14104
Metales alcalinos (Na + K)		5	mg/kg	EN 14108 / EN 14109 EN 14538
Metales Grupo II (Ca + Mg)		5	mg/kg	EN 14538
Contaminación total		24	mg/kg	EN 12662
Residuo de carbono		0,05	% m/m	ASTM D4530
Ceniza sulfatadas		0,02	% m/m	ASTM D874 / ISO 3987
Estabilidad de oxidación, 110°C	6		Horas	EN 14112
Contenido de monoglicéridos	Informar			EN 14105 / ASTM D6584
Contenido de diglicéridos	Informar			EN 14105 / ASTM D 6584
Contenido de triglicéridos	Informar			EN 14105 / ASTM D 6584
Fósforo		10	mg/kg	ASTM D4951 / EN 14107

Fuente: ANP N°7/08, 2008.

D). Norma Técnica Peruana 321.125.2008, Biocombustibles. Biodiesel. Especificaciones.

La Norma Técnica Peruana (en adelante, NTP) 321.125.2008 define al biodiesel como un combustible compuesto por ésteres mono-alquílicos de ácidos grasos compuesto por cadena larga, derivado de aceites o grasas vegetales o de animales.

Siendo aplicable para los vehículos de motores diésel diseñados o adaptados para dicho uso; su utilización se basa en estado puro o como un elemento de mezcla con combustibles destilados los que se definen por la norma técnica peruana aplicable.

Tabla 12. Especificaciones Técnicas de Biodiésel (B100) en Perú– NTP 321.125.2008

Propiedad	Método de ensayo	Biodiesel B100	Unidades
Contenido de calcio y magnesio, combinado	EN 14538	5 máx.	ppm ($\mu\text{g/g}$)
Punto de inflamación. (Copa cerrada)	ASTM D 93	93 min.	$^{\circ}\text{C}$
Control de alcohol (uno de los siguientes debe ser cumplido)			
1. Contenido de metanol 2. Punto de inflamación	EN 14110 ASTM D 93	0.2 máx. 130.0 min.	% volumen $^{\circ}\text{C}$
Agua y sedimento	ASTM D 2709	0.050 máx.	% volumen
Viscosidad cinemática a 40°C	ASTM D 445	1.9-6.0	mm^2/s
Ceniza sulfatada	ASTM D 874	0.020 máx.	% masa
Azufre	ASTM D 5453	0.0015 máx.	% masa (ppm)
Corrosión a la lámina de cobre	ASTM D 130	N $^{\circ}$ 3	-
Número cetano	ASTM D 613	47 min.	-
Punto nube	ASTM D 2500	Reportar	$^{\circ}\text{C}$
Residuo de carbón	ASTM D 4530	0.050 máx.	% masa
Número acidez	ASTM D 664	0.50 máx.	Mg KOH/g
Glicerina libre	ASTM D 6584	0.020 máx.	% masa
Glicerina total	ASTM D 6548	0.240 máx.	% masa
Contenido de fósforo	ASTM D 4951	0.001 máx.	% masa
Temperatura de destilación Temperatura del 90% de recuperado equivalente a presión atmosférica.	ASTM D 1160	360 máx.	$^{\circ}\text{C}$
Contenido de sodio y potasio, combinado	EN 14538	5 máx.	ppm ($\mu\text{g/g}$)
Estabilidad a la oxidación	EN 14112	3 min.	horas

Fuente: NTP 321.125.2008, 2008.

Según la tabla 12 donde se identifican las propiedades del biodiesel según NTP 321.125.2008, pudiendo resaltar que se han tomado la mayoría de los valores límites de la norma americana ASTM D6751.

1.3.3.4.Potencial calorífico

Medido a partir de su uso en el ámbito de la energía (San Miguel y Gutiérrez, 2015, p. 27). La cantidad energética de la biomasa se calcula por medio del poder calorífico de las biomásas estudiadas, por lo que se refiere a la cantidad de calorías que es capaz de producir por la combustión de una unidad de masa de cada elemento. Cada combustible tiene asociado un valor con el que se puede comparar con otros de características similares (Serrato y Lesmes, 2016, p. 30).

En tanto el poder calorífico de los biocombustibles puede descender a diferencia del diésel producido a partir del petróleo, en 8% a 15% (Arias, 2011, p.75); donde es afectada por propiedades como densidad que al ser mayor aumenta la energía térmica, mientras que la viscosidad debe ser menor para evitar fugas en el motor (Rodríguez, 2017, p. 37). Esto representa un variación no significativa frente al diésel comúnmente usado (Pinglo y Valencia, 2016, p.19).

Según el método de prueba estándar para el calor de combustión de hidrocarburos líquidos mediante calorímetro de bomba, ASTM D240; la evaluación se determina quemando una muestra del biocombustible en una bomba calorimétrica de oxígeno, y se observa la variación de temperatura antes y después de la combustión deseada.

Tabla 13. Composición de poder calorífico renovable y no renovable

COMBUSTIBLES	VALOR CALORÍFICO (MJ/Kg)	
	Poder Calórico Superior (PCS)	Poder Calórico Inferior (PCI)
No Renovables		
Gas refinado	51	47
Gas Natural	52	47
Petróleo crudo	46	43
Gasolina	47	43
Diésel	46	43
Gas licuado de petróleo (GLP)	50	47
Gas licuado natural (GLN)	55	49
Renovables		
Éster metílico (biodiesel)	38	40

Fuente: Escalante, Orduz, Zapata, Cardona y Duarte, 2011.

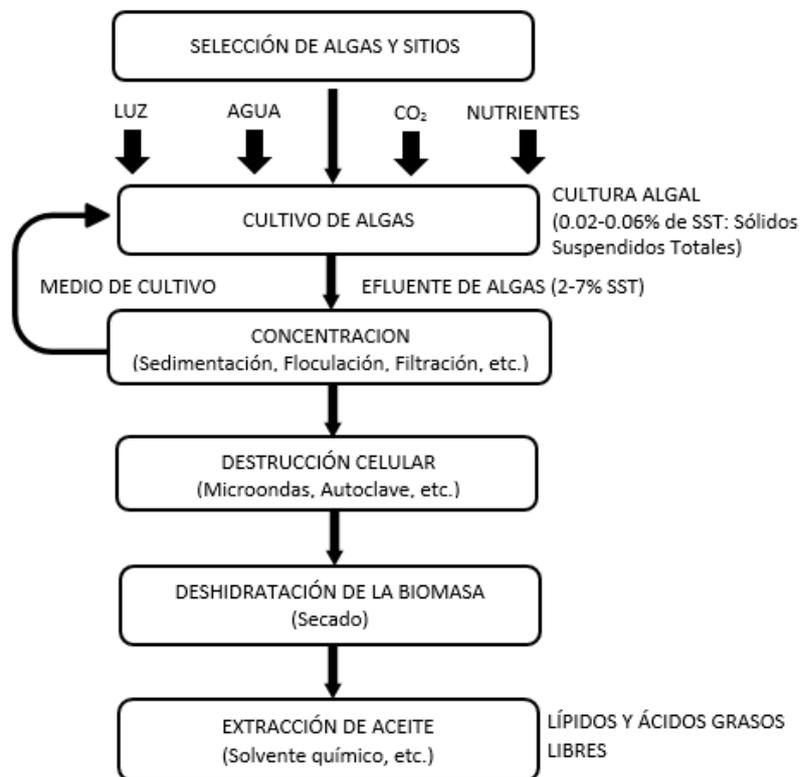
Según Fernández (2010, p. 76), un kilogramo de biomasa permite 14,630 kJ y un litro de gasolina aproximadamente 41.800 kJ, siendo posible que por cada tres kilos de residuos de biomasa, se desaprovecha lo equivalente a un litro de gasolina. Según Pandey (2014, p. 155), existen especies algales con 20 a 50% de aceite del peso seco de biomasa”.

Según San Miguel y Gutiérrez (2015, p. 30), el Poder Calorífico Superior (en adelante, PCS) es la energía total en la combustión completa y puede medirse a partir de UNE-EN 14918 de 2010, utilizando equipos calorimétricos y a volumen constante de 1 kg de biomasa, expresada en KJ/kg o Kcal/kg. El Poder Calorífico Inferior, se obtiene de restar el PCS al latente de vaporización del agua formada en la oxidación del hidrogeno y en la biomasa del contenido en agua. Existen formas empíricas para determinar el PCS a partir del contenido en carbono [C], hidrogeno [H] y oxigeno [O], y algunas incluyendo el contenido en azufre [S] y nitrógeno [N] como por ejemplo:

$$\text{PCS (MJ/kg)} = 0,3491 [\text{C}] + 1,1783 [\text{H}] - 0,1034 - [\text{O}] \dots \text{Ecuación 1}$$

1.3.4. FASES DE PRODUCCIÓN DE BIOCOMBUSTIBLES

El presente esquema (Figura 6) representa los pasos para la obtención de los aceites a partir de la biomasa, algas marinas, para generar el producto final que es el biocombustible.



Fuente: Palomino, 2013.

Figura 6. Esquema de las etapas de obtención de aceite de microalgas.

Los pasos a considerarse en la presente tesis inician en el proceso de destrucción celular, esto porque la biomasa obtenida es recogida naturalmente y no requiere de cultivos de algas.

1.3.4.1. Destrucción celular

Es aplicado para el daño físico de la célula mediante un esfuerzo mecánico/químico, lo que facilita la liberación de los contenidos intracelulares en el medio líquido que lo suspende (Singh *et al.*, 2015, p. 4), utilizándose el calor para transformar la biomasa, considerando que los materiales de menor humedad funcionan mejor y son más eficientes (Al Costa, 2013, p. 68) ya que el agua favorece la formación de ácidos grasos libres y de jabones (Castro *et al.*, 2007, p. 107) que se producen en la etapa de extracción de aceites.

Estas rupturas de las células de la muestra de algas se desarrollan antes de la extracción de los contenidos lípidos, y la selección del método de destrucción influye para determinar la eficiencia de extracción de los lípidos (Pandey *et al.*, 2014, p. 172). Mientras que la temperatura en el proceso afecta a la estructura como al rendimiento de los lípidos de las algas, el secado a 60°C conserva una alta concentración de triglicéridos y disminuye ligeramente el rendimiento de los lípidos, aplicando temperaturas entre 80 - 100°C, el rendimiento de los lípidos disminuye en un 10% (Widjaja *et al.*, 2009, p. 15).

La aplicación de los pretratamientos previos a la extracción con solventes químicos se da por el autoclave, tratamientos previos de molienda de perlas, tratamiento con ultrasonidos y con microondas, siendo técnicas de ruptura celular (Singh *et al.*, 2015, p. 6), estos se describen a continuación:

C). MICROONDAS

Algunas muestras van a recurrir a campos electromagnéticos, como el microondas (Madrid *et al.*, 2015, p. 178) rompiendo células por el choque inducido con ondas de alta frecuencia, afectándose la polaridad de las moléculas que componen la estructura de la microalga, creando fricción entre los lípidos y proteínas, además de generar más calor, lo cual hace que se debilite la pared celular (Palomino, 2013, p. 17). Esta es una técnica que disminuye el tiempo y los volúmenes de solventes y aumenta la eficiencia del proceso de la extracción (González *et al.*, 2009, p. 55).

Según Palomino (2013, p. 17), “Las especies *Botryococcus sp.* y *Chlorella vulgaris* mostraron la productividad más alta cuando las células fueron atacadas con microondas a 100°C y 2450 MHz, durante 5 minutos; así mismo este método fue identificado como el más simple, fácil y eficaz para la extracción de lípidos de microalgas”.

En comparación con el uso de la biomasa sin previo tratamiento de destrucción celular, este método alcanza el doble de lípidos extraídos haciendo uso de los mismos solventes (Glembin, Kerner, y Smirnova, 2013, p. 23).

D). AUTOCLAVADO

La destrucción celular por autoclave, se realiza a presión y a temperaturas altas (Palomino, 2013, p. 19). Pudiendo trabajarse con la biomasa húmeda, por lo que mediante la extracción de aceites se pueden degradar los lípidos presentes en las algas; sin embargo aumentaría los costos en el proceso” (González *et al.*, 2009, p. 56).

Este método de pretratamiento usa condiciones de trabajo de 300°C y 100 MPa con tiempos de entre 5 y 60 minutos con biomasa húmeda (Palomino, 2013, p. 19).

E). DESHIDRATACIÓN DE LA BIOMASA

Este tipo de secado se suele utilizar para ampliar la viabilidad del proceso final de generación de biocombustibles. Las técnicas más utilizadas son el secado al sol, el secado por aspersión, el tambor de secado, el secado en lecho fluido, la liofilización, entre otros (Brennan y Owende, 2010, p. 567)

Al exponer la biomasa a los rayos del sol se minimiza el costo de producción, así como el consumo de la energía (Pandey *et al.*, 2014, p. 172), pero a la vez tiene desventajas, que son el tiempo prolongado para obtener el secado óptimo y la pérdida de materia para la ejecución del proceso; en el caso de ser a gran escala se necesitará extensas superficies.

1.3.4.2.Extracción de aceites por solventes orgánicos

Se emplean disolventes para separar la mezcla intracelular como grasas, azúcares, proteínas, etcétera, y otros co-productos que contienen un alto valor económico como alimento, forraje o fármaco suspensión (Singh *et al.*, 2015, p. 4).

Las algas al separarse del agua deben romperse sus paredes celulares, y a partir del disolvente, entonces el aceite puede extraerse; el solvente es reciclado como en la producción convencional de biocombustible (Baird y Cann, 2014, p. 309).

Los lípidos son solubles en solventes orgánicos pero poco solubles o insolubles en agua, la solubilidad de ellos depende del tipo de lípido presente y la proporción de lípidos no polares (Tabla 14), los triacilgliceroles; y lípidos polares, los fosfolípidos y glicolípidos de la muestra (Pandey et al., 2014, p. 173). Constituida básicamente por tres elementos: carbono (C), hidrogeno (H) y oxigeno (O) (Chaverra e Hincapié, 2015, p. 161).

Tabla 14. Propiedades físicas de algunos solventes

Polaridad	Índice de Polaridad	Disolvente	Viscosidad, cP (20°C)	Punto de ebullición (en °C, 1 atm.)
No Polar	0,1	n-hexano	0,313	68,7
	0,2	Ciclohexano	0,98	80,7
	2,8	Eter dietilico	0,22	34,5
	4,1	Cloroformo	0,56	61,0
Polar	3,9	Isopropanol	2,35	117,7
	4,0	Butanol	0,71	125,0
	5,1	Metanol	0,60	64,7
	5,2	Etanol	1,20	78,3
	9,0	Agua	1,00	100,0

Fuente: Guarnizo y Martínez, 2009.

Según Halim, Danquah y Webley (2012, p. 711), los lípidos no siempre existen como líquidos y pueden clasificarse en dos secciones.

- Lípidos polares (fosfolípidos y glucolípidos), fortalecen la formación de la membrana celular de la biomasa.
- Lípidos neutros (triglicéridos, diglicéridos, monoglicéridos, ácidos grasos libres, esteroides, cetonas y ciertos pigmentos como carotenos y clorofila), sirven como medio de almacenamiento de energía en la biomasa.

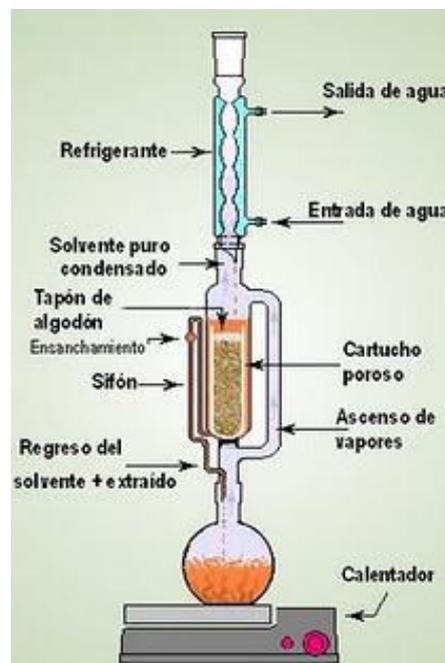
Según Palomino (2013, p. 22) algunos lípidos neutros, se encuentran formando un complejo con lípidos polares, ligado a través de puentes de hidrógeno y fuerzas electrostáticas a las proteínas de la pared celular; por lo tanto, las interacciones entre el solvente no polar y los lípidos neutros son insuficientes para interrumpir estas asociaciones con las proteínas. Por lo que la adición de un solvente orgánico polar (metanol, etanol o 2-propanol), y uno no polar rompen estas asociaciones y facilita el proceso de la extracción de lípidos neutros.

Existen investigaciones aplicando varios tipos de solventes orgánicos a la biomasa de la que se desea extraer los lípidos, con resultados distintos:

- La bencina es una mezcla de alcanos, como pentano, hexano y heptano.
- El método de Bligh & Dyer, (1959), (citado por Kim y Chojnacka *et al.*, 2015, p. 336) utiliza una mezcla de metanol y cloroformo en una proporción de 2:1; siendo un método sencillo que separa los lípidos de la muestra, se debe considerar la toxicidad de este solvente hacia el medio ambiente.
- Con la mezcla hexano-etanol se extrae más del 98% de los ácidos grasos presentes en la biomasa, considerando que el etanol es un buen solvente de extracción pero la selectividad de lípidos es baja a diferencia de otros, pudiendo aparecer otros componentes de las paredes celulares de las algas como azúcares, pigmentos o aminoácidos (Gonzales et al., 2009, p. 54).
- Principalmente se utiliza el hexano como solvente, por ser el medio más eficiente (Camps y Marcos, 2008, p. 253). Además, existe la destilación y reutilización del mismo; y por su alta volatilidad, el residuo de solvente que queda en el aceite es mínimo o nulo. En comparación con otros métodos de extracción para obtención de aceite de soya o de la semilla de algodón, se logra de 9 – 12% más cantidad de aceites con menos impurezas (Castro et al., 2007, p. 93).
- Más económico y fácil de recuperar es el hexano/isopropanol, para la selectividad a los lípidos neutros, además la mezcla se considera segura a escala industrial, eficiente en la extracción de ácidos grasos y de baja toxicidad (Gonzales et al., 2009, p. 55).
- La mezcla diclorometano/metanol, es muy eficiente y recupera una gran cantidad de lípidos naturales (Palomino, 2013, p. 23).

El método de extracción soxhlet (Figura 7) ha sido comúnmente utilizado en la extracción de aceite. El que se compone de un balón donde se encuentra un solvente orgánico que es

calentado hasta ebullición, un tubo de extracción, donde va un cartucho de celulosa donde es colocada la muestra, y un condensador, después de evaporarse, el solvente orgánico es condensado y cae al tubo Soxhlet, en el cual extrae el aceite contenido en la biomasa hasta que el tubo se llena. Cuando el tubo está lleno de solvente, este es sifonado hasta el balón que contiene el resto de solvente y se repite el proceso (González *et al.*, 2009, p. 54). Siendo un proceso semicontinuo que permite la acumulación de un disolvente en la cámara de extracción durante 5 a 20 minutos, este procedimiento proporciona un efecto de remojo. (Pandey *et al.*, 2014, p. 174) Según la extracción, las variables de velocidad y tiempo deben ser exactos para no producir un incremento gradual en el peso (Chaverra e Hincapié, 2015, p. 162).



Fuente: Salazar, 2012.

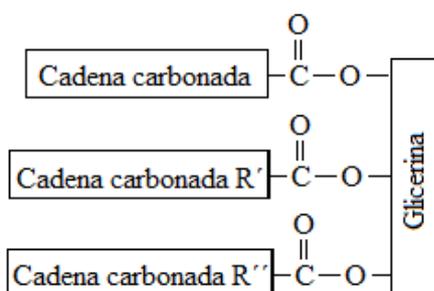
Figura 7. Sistema de extracción Soxhlet.

La biomasa sólida saliente se puede aprovechar como abono orgánico, producción de metano, extracción de pigmentos, y otras de acuerdo al tipo de biomasa y a los solventes utilizados en la extracción (Salazar, 2012, p. 12).

1.3.4.3. Transesterificación alcalina

Tras la extracción de los aceites se realiza la transesterificación con alcohol para producir biodiesel (Singh *et al.*, 2015, p. 4). Consistiendo en la reacción de las moléculas de

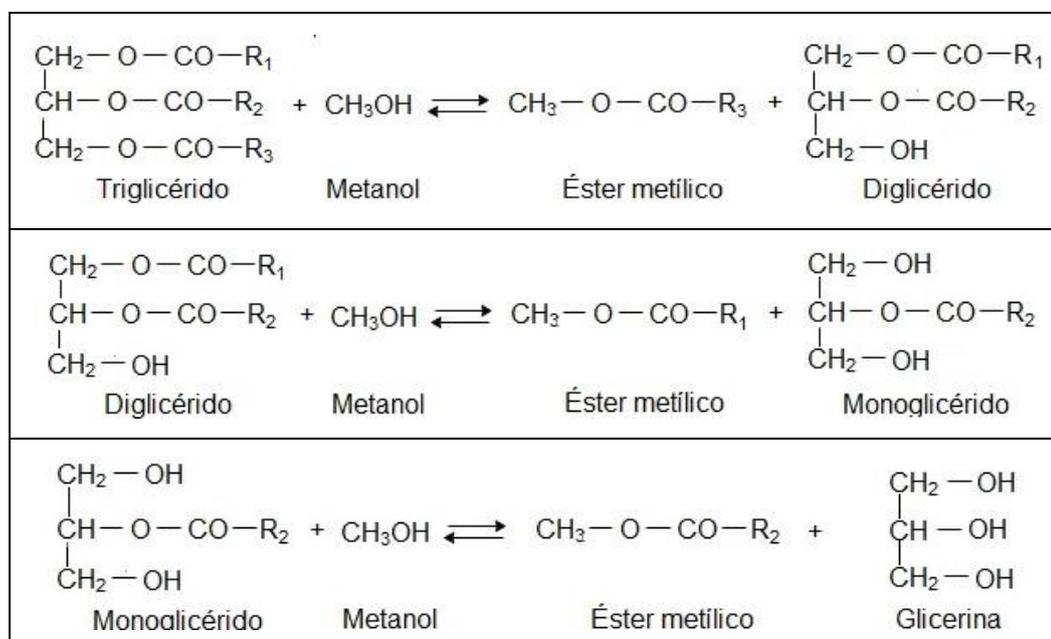
triglicéridos con el alcohol en presencia de un catalizador para producir ésteres de ácidos grasos monoalquílicos y glicerina (Pandey *et al.*, 2014, p. 174), la conversión se da a partir del aceite en ésteres metílicos o etílicos de ácidos grasos (Madrid *et al.*, 2015, p. 221). Mientras que la composición de los aceites vegetales es por los triglicéridos (Figura 8), formados en tres cadenas separadas de ácido grasos y unidas por enlaces éster a trialcohol y glicerina. (Baird y Cann, 2014, p. 304).



Fuente: Wade, 2011.

Figura 8. Estructura de triglicéridos.

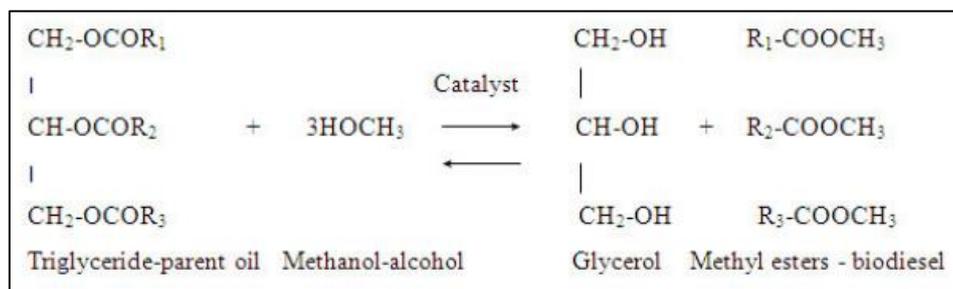
La transesterificación consiste en tres reacciones (Figura 9) reversibles y consecutivas, donde el triglicérido es convertido primero en diglicéridos, luego en monoglicéridos y en glicerina. En cada reacción un mol de éster metílico es liberado, y se producen las reacciones; y en posteriores fases de separación, purificación y estabilización.



Fuente: Wade, 2011.

Figura 9. Reacciones de transesterificación.

De acuerdo con la notación estequiométrica de la reacción de transesterificación (Figura 10) donde los radicales R representan los hidrocarburos de cadena larga o de ácidos grasos, se somete 1 mol de triacilglicerol (triglicéridos) a metanolisis, resultando en el uso de 3 moles de alcohol metílico y 3 moles de ésteres metílicos de ácidos grasos y se obtendrá 1 mol de glicerol (Frac et al., 2010, p. 9231), este último resulta en un 10% de producto final (San Miguel y Gutiérrez, 2015, p. 308).



Fuente: Frac *et al.*, 2010.

Figura 10. Reacción química de Transesterificación. R1-R3-Hidrocarburos.

Entonces, la reacción equivale a:



Donde la cantidad de moles de alcohol en el experimento se consideran más de 3 para que la reacción de transesterificación pueda funcionar y el producto obtenido sea considerado como biodiesel puro, asegurando que no existan productos intermedios sin terminar de reaccionar, como son los monoglicéridos y diglicéridos. (Camps y Marcos, 2008, p. 314). Se considera que la relación entre la entrada de materia prima y la producción de biodiesel es de 1:1, lo que significa que, en teoría, 1 kg de aceite da lugar a 1 kg de biodiesel (Salazar, 2012, p. 20).

La reacción de transesterificación normalmente son catalizadas para disminuir el tiempo de reacción, como los compuestos ácidos (HCl, H₂SO₄) y bases (KOH, NaOH) y (Al Cali, 2013, p.109); estos cortos tiempos de reacción con rendimientos aceptables y tecnología económica (Frac et al., 2010, p. 9232).

A). ALCOHOLES

El alcohol es el principal insumo para la producción de biodiesel, y su volumen, representa alrededor del 10-15% de los insumos usados en el proceso. Los más usados suelen ser el metanol y etanol, pero también existen los que son más sensible al contacto con agua: el propanol, isopropanol, butanol y pentanol. (Castro et al., 2007, p. 107)

- Con el uso del metanol se recomienda una razón molar de alcohol/aceite de 6:1 para asegurar una conversión máxima de los triglicéridos a ésteres (Salazar, 2012, p. 20), incluyendo condiciones de temperatura de 60°C, tiempo de 1hr., presión ambiente y 1% de catalizador alcalino (Knothe, 2010, p. 164). La utilización del metanol podría ser más perjudicial, que el etanol, el cual es mucho menos tóxico (Baird y Cann, 2014, p. 318).
- Con el uso del etanol, algunos estudios indican que una razón molar de 9:1 sería la más apropiada (Castro et al., 2007, p. 108).

El uso del metanol se debe a su menor costo y genera menos complejidad en el proceso de transformación, la recirculación del alcohol y es más fácil la separación con el agua. En cambio el uso de etanol representara un complejidad en los proceso y mayor coste por la tecnología a usar (León et al., 2009, p. 1).

Tabla 15. Propiedades del metanol (CH₃OH)

Propiedades del metanol (CH ₃ OH)	
Estado de agregación	Líquido
Apariencia	Incoloro
Densidad relativa	0,7918 g/cm ³
Masa molecular	32,04 uma
Punto de fusión	176 K (-97,15°C)
Punto de ebullición	337,8 K (64,65°C)
Solubilidad en agua	Totalmente soluble
Punto de inflamación	12,2°C

Fuente: Alva y Cipra, 2015.

B). CATALIZADORES

Estos actúan como aceleradores del proceso, siendo el hidróxido de sodio (NaOH) o hidróxido de potasio (KOH) utilizado en pequeñas cantidades (Madrid et al., 2015, p. 221). En la reacción, los triglicéridos se transesterifican a una presión atmosférica y temperatura de 60–70°C en presencia de exceso de metanol, el inconveniente es la formación de jabones a altas concentraciones de ácidos grasos libres (Pandey et al., 2014, p. 177), los que deben eliminarse al igual que el agua antes de reaccionar (Knothe, 010, p. 164).

- Los catalizadores alcalinos a usarse son Hidróxido de sodio (NaOH), Hidróxido de potasio (KOH); requiere bajo contenido de ácidos grasos, agua y otras impurezas (Camps y Marcos *et al.*, 2008, p. 316).

Tabla 16. Propiedades del hidróxido de sodio (NaOH)

Propiedades del Hidróxido de sodio (NaOH)	
Estado de agregación	Sólido
Apariencia	Blanco
Densidad	2100 kg/m ³
Masa molecular	40,0 uma
Punto de fusión	596 K (322,85°C)
Punto de ebullición	1663 K (1389,85°C)

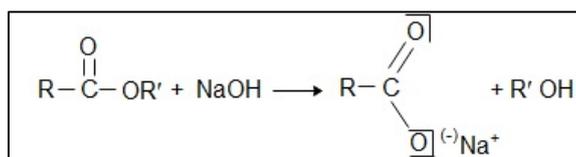
Fuente: Alva y Cipra, 2015.

- Los catalizadores ácidos lo conforman el ácido sulfúrico, ácido fosfórico, ácido clorhídrico, ácido sulfónico (Castro *et al.*, 2007, p. 109); al reaccionar son exigentes con los reactantes (Camps y Marcos *et al.*, 2008, p. 318).

Para la inserción del catalizador se realiza una decantación por el decantador gravitacional; y mientras más catalizado se encuentre, la solubilidad en glicerina se verá aumentada y habrá menos contenido en ácidos grasos libres en el producto de reacción (San Miguel, 2015, p. 301).

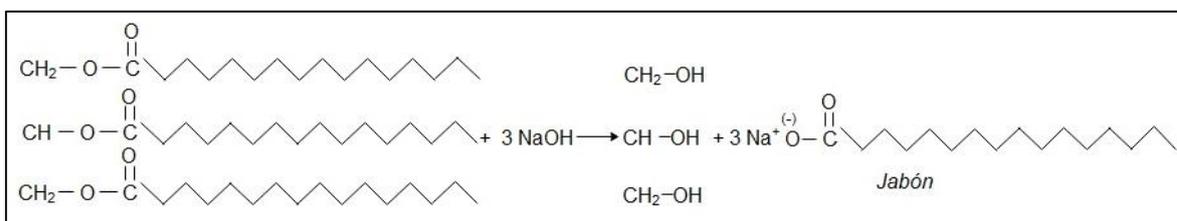
➤ Saponificación (Hidrólisis básica de ésteres)

Para Alva y Cipra (2005, p.54), los jabones se convierten en ácidos grasos libres que se mantienen en el biodiesel, y en sales solubles disueltas en el agua. Así los restos de impurezas como el catalizador, sales, jabón, glicerina y metanol, se rechazan junto al agua de lavado.



Fuente: Baird y Cann, 2014.

Figura 11. Reacción general de la saponificación



Fuente: Baird y Cann, 2014.

Figura 12. Reacción específica de la saponificación

1.4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.4.1. PROBLEMA GENERAL

- ¿En qué medida la producción de biocombustible es adecuada a partir de los residuos de flora bentónica del distrito de Marcona?

1.4.2. PROBLEMA ESPECÍFICO

- ¿Cuáles son las condiciones operativas en las que se someterán los residuos de flora bentónica para la producción de biocombustible?
- ¿Qué calidad de biocombustible se produce a partir de las muestras de residuos de flora bentónica?

1.5. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

El presente trabajo de investigación plantea una alternativa de solución para los residuos de flora bentónica que sufren el rompimiento de su estipe o disco o por su ciclo de vida, son naturalmente varados a las orillas de las playas del distrito de Marcona en Ica.

1.5.1. JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA

El recojo para la especie de macroalgas *Macrocystis pyrifera* y extracción de *Lessonia trabeculata* son actualmente una fuente de ingreso económico para los pescadores pertenecientes a la COPMAR, pero existen pescadores ajenos a la Comunidad que no cumplen con las normas establecidas para la comercialización de las macroalgas. Según ICON-INSTITUT (2009, p. 16) la extracción debe realizarse siguiendo las pautas establecidas en la normativa, referida al tamaño del disco y al entresacado de plantas. Considerando, además que, existen tiempos de veda por lo mismo que el IMARPE verifica mediante monitoreos el estado del ambiente marino; esto produce un gasto económico en las operaciones para conocer el cumplimiento de dichas normas

Es así que la producción de biocombustible aprovechando la biomasa ya existente del área de estudio continuará siendo una fuente de ingreso para la población del distrito de Marcona, y su uso se consideraría dentro del área de investigación. La producción y uso de este biocombustible en el sistema automotor de los vehículos municipales, representará una minimización en los pagos de los pobladores a su municipio, ya que estos costos describen la adquisición de combustibles; mientras que el Municipio de Marcona convertiría en una inversión a la producción de biocombustible para su uso propio.

1.5.2. JUSTIFICACIÓN AMBIENTAL

Según la Ley General de Pesca N° 25977, los recursos hidrobiológicos deben promoverse como fuente de desarrollo sostenible en beneficio de la sociedad sin generar impactos negativos al medio ambiente, aprovechando responsablemente los recursos hidrobiológicos.

Por esto, cuando las algas terminan su ciclo de vida o sufren el rompimiento de sus estipes, disco o fronda, se encuentran flotando en su medio e impiden el ingreso de luz solar al mar impactando en el proceso de la fotosíntesis y a la vez minimiza el crecimiento de esta misma flora marina; también por la fuerza de las olas del mar la mayoría de ellas son varadas a las orillas de la playa. Por estos motivos estos residuos bentónicos pueden ser recogidos de forma pasiva para ser procesadas con el fin de producir biocombustible.

Esta nueva forma de obtención de energía renovable es amigable con el medio ambiente evitando las emisiones contaminantes a la atmosfera, generadas por el uso del habitual combustible; y su recojo contribuye en el ingreso de la luz solar hacia el fondo del mar.

1.5.3. JUSTIFICACIÓN SOCIAL

El recojo de los residuos bentónicos de las playas del distrito de Marcona y posterior producción de biocombustible, solucionaría las deficiencias o excesos de costos de este mismo municipio; y contribuye paralelamente al empleo continuo de los pescadores artesanales asociados.

La población es afectada positivamente con la producción de biocombustible ya que el uso en su misma localidad minimiza el aporte económico que cada familia genera a su municipio de forma anual. Al igual que el distrito representaría eficientemente el aprovechamiento marino en su jurisdicción, asignándose como un distrito ecológico.

1.6. HIPÓTESIS

1.6.1. HIPÓTESIS GENERAL

Hi: La producción de biocombustible es adecuada a partir de los residuos de flora bentónica del distrito de Marcona, 2018.

Ho: La producción de biocombustible no es adecuada a partir de los residuos de flora bentónica del distrito de Marcona, 2018.

1.6.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICA

- Las condiciones operativas para la producción de biocombustible a partir de los residuos de flora bentónica serán los de temperatura o potencia y tiempo en la destrucción celular; la solución química para el proceso de extracción de aceite y el uso de alcohol y catalizador para la etapa final de transesterificación.
- La calidad del biocombustible a partir de las muestras de flora bentónica se demuestran por la evaluación de su caracterización en comparación con la normativa publicada.

1.7. OBJETIVOS

1.7.1. OBJETIVO GENERAL

- Producir adecuadamente biocombustible a partir de los residuos de flora bentónica del distrito de Marcona, 2018.

1.7.2. OBJETIVO ESPECÍFICO

- Definir las condiciones operativas en las que serán sometidas los residuos de flora bentónica para la producción de biocombustible.
- Determinar la calidad de biocombustible a partir de las muestras de residuos de flora bentónica.

II. MÉTODO

2.1. DISEÑO DE INVESTIGACION

El diseño que será empleado en el presente trabajo de tesis es Experimental: Transversal. Para Guerrero G. y Guerrero C. (2014, p. 9), esta investigación experimental ayuda a la observación y manejo de las variables y sus efectos; y al análisis de estos datos recopilados.

Según Behar, D. (2008, p. 19), “el investigador desea comprobar los efectos de una intervención específica, en este caso el investigador tiene un papel activo, pues lleva a cabo una intervención”. Así, el diseño de investigación de la presente tesis es experimental recopilando los datos para comprobar la hipótesis con experiencias de laboratorio y cálculos numéricos.

2.1.1. DISEÑO PRE EXPERIMENTAL

Según Hernández (2014, p. 141), el diseño de pre prueba y post prueba con un solo grupo, se da ya que a este grupo se le aplica una sola prueba para pasar a continuación a su respectivo tratamiento, por ello es importante realizar una prueba posterior que ofrezcan unos resultados que al ser registrados puedan ser analizados.

La presente investigación es considerada de diseño pre experimental, ya que solo existe un grupo experimental que son las algas marinas, de especie *Macrocystis pyrifera*, de las cuales se les han realizado las pruebas para determinar características que serán necesarias, luego pasaran por un proceso experimental para obtener biocombustible, a este grupo, se le realizaran pruebas y tomaran registros para su análisis respectivo.

2.1.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN

La presente investigación de tesis fue considerada de tipo aplicada ya que se pretende dar solución a los problemas planteados mediante la ejecución de prácticas de los conocimientos o teorías científicas adquiridas. Para Behar (2008, p. 12), la investigación aplicada recibe el nombre de “investigación práctica o empírica”, y busca la aplicación de los conocimientos

adquiridos, a la vez que se adquieren otros, después de implementar y sistematizar la práctica basada en investigación.

Se propuso esta investigación para darle un uso alternativo a las algas marinas y de manera positiva al medio social y ambiental, queriendo dar solución a la flora bentónica varada por diversos factores en las playas del lugar de la investigación.

2.1.3. NIVEL DE INVESTIGACIÓN

El nivel de investigación es Explicativa, según Behar (2008, p. 18) busca identificar las razones o causas de los fenómenos del estudio. Por ello explica la base de ocurrencia del fenómeno y las bases de su origen.

De esta manera podemos deducir, que el uso de los residuos bentónicos, específicamente las algas marinas, mediante procesos de laboratorio puede obtenerse aceite vegetal y de estas identificar la calidad del biocombustible sin impactar negativamente al medio ambiente.

2.2. VARIABLES, OPERACIONALIZACIÓN

Siendo la variable independiente manipulada para ocasionar la observación del efecto de la variable dependiente (Hernández, p. 133, 2014). Se define que la variable dependiente es deducida como variable no manipulada, y es medida según los efectos que sucedan en ella tras manipular la variable independiente (Hernández, p. 131, 2014). Concluyendo, que las variables son representadas de la siguiente manera:

A). Variable 1: Definida como variable Independiente: Residuos de flora bentónica.

B). Variable 2: Definida como variable Dependiente: Producción de biocombustible.

Para el desarrollo de la presente investigación se realizó la transformación conceptual expuesta a la referencia de la variable independiente, siendo llevada a procesos experimentales asignados.

Tabla 17. Matriz de operacionalización de la variable dependiente e independiente.

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICION
INDEPENDIENTE: Residuos de flora bentónica (Algas marinas <i>Macrocystis pyrifera</i> o Sargazo).	Son organismos eucarióticos unicelulares y pluricelulares y realizan el ciclo de la fotosíntesis (Lazcano, 2014, p. 214); exponiendo al sol los cloroplastos, por medio de las hojas y tallos de las plantas, absorbiendo la energía luminosa la que se convierte en energía química (Madrid et al., 2015, p. 138).	Las algas marinas actúan como fuente de energía transformando la energía luminosa en energía química, obteniéndose a través de procesos físico-químicos llevados a laboratorio.	Características físicas	Color	Pardas
				Biomasa	<i>Macrocystis</i>
				Humedad	%
				Masa	g
			Propiedades químicas	Proteínas	%
				Lípidos	%
				Cenizas	%
				E.N.N.	%
				Ácidos grasos total saturados	%
				Ácidos grasos monoinsaturados	%
Ácidos grasos poliinsaturados	%				

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICION
DEPENDIENTE: Producción de biocombustible	Los biocombustibles son fuentes de energía que se obtienen a partir de la destrucción celular con el objetivo de liberar lípidos, promoviendo la factibilidad hacia el producto final (Zuleta, 2007, p. 48). Este tipo de combustible permite a la sociedad tener una fuente autosuficiente, no agresiva al medioambiente, y que alimente plenamente de energía a sus actividades. (Al Costa, 2013, p. 45).	La producción de biocombustible a partir de biomasa algal es obtenida por procesos de destrucción celular, facilitando la liberación de los lípidos y posteriormente la óptima extracción de aceite a través del solvente orgánico que se evapora y condensa por el método Soxhlet. En la etapa final de transesterificación se usará un alcohol alcalino y un catalizador, con lo obtenido deducimos la calidad del biocombustible generado.	Destrucción celular: autoclave, microondas y deshidratación natural	Tiempo	min.
				Temperatura	°C
				Potencia	W
		Caracterización de biocombustible	Densidad	g/mL	
			Viscosidad 40°C	cSt	
			Número de acidez	mg KOH/g	
			Residuo de carbón	% m/m	
			Cenizas sulfatadas	% m/m	
		Cantidad energética	Poder Calórico Superior	MJ/l	
Poder Calórico Inferior	MJ/l				

Fuente: Elaboración propia, 2018.

2.3. POBLACIÓN Y MUESTRA

2.3.1. POBLACIÓN

Según López P. (2004, p. 1) destaca sobre la población como un conjunto de personas u objetos de los que se quiere conocer algo en una investigación.

La población en el presente desarrollo de tesis está representada por las algas marinas, que son los residuos bentónicos que afloran en toda la extensión de las playas del distrito de Marcona, provincia de Nazca, Región de Ica.

2.3.2. MUESTRA

Según Argibay (2009, p. 2), la muestra y sus cantidades está relacionadas con la significancia estadística, para verificar la viabilidad de las hipótesis que se planteó en la investigación.

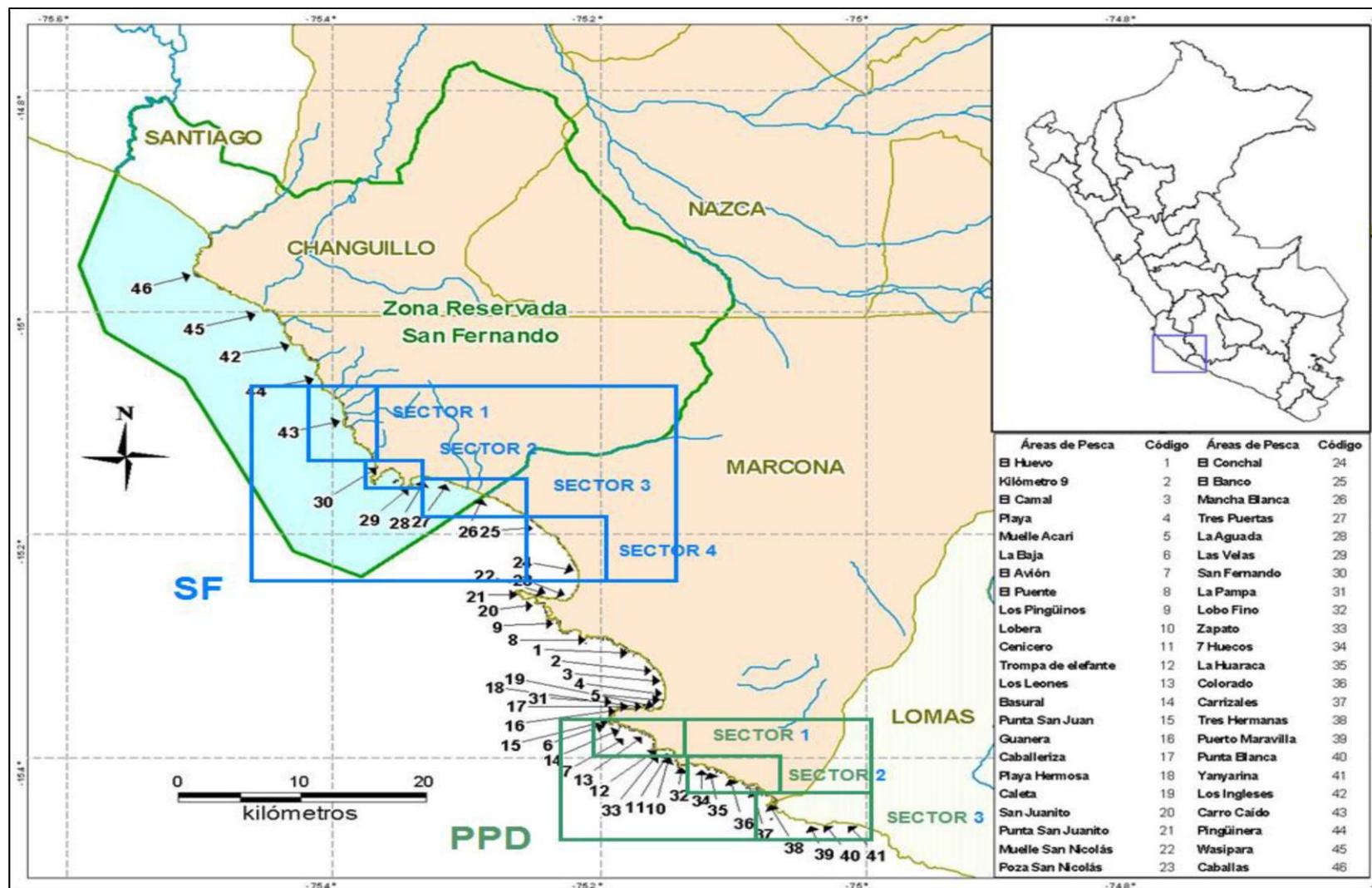
La presente investigación se lleva a cabo con un muestreo no probabilístico por el motivo en que la selección de las muestras de algas marinas son de especie *Macrocystis pyrifera* y estas son representativas de la biomasa varada en las playas del lugar de estudio (Figura 3).

A). LOCALIZACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO:

El evaluador reconoce la zona de fácil acceso como la playa “7 huecos” del distrito de Marcona, que corresponde a los límites de trabajo de la Asociación de Maricultores “El Arca de Noé” de Marcona (Figura 13) correspondiente en el mapa como ítem 34 del sector 2, se observa que los afloramientos bentónicos son cercanos a las orillas y por la fuerza de la marea terminan siendo varadas en la playa.

Coordenadas UTM: 15°24'29.32" S – 75°07'12.46" O

B). UNIDAD DE ANALISIS: Flora bentónica.



Fuente: PPD-Marcona, 2006.

Figura 13. Varaderos determinados por el SERNANP con apoyo de la COPMAR

C). UNIDAD EXPERIMENTAL: Dentro del área de evaluación la muestra de algas marinas *Macrocystis pyrifera* será recolectada de forma pasiva de la playa “7 huecos” del distrito de Marcona (Figura 14), muestra considerada por 540g de biomasa recogida en una bolsa impermeable; esta cantidad incluye el peso de la muestra por el número de repeticiones que se van a considerar en la presente tesis.



Figura 14. Visita a lugar de estudio, playa “7 huecos”, Marcona - Ica.

D). La ejecución consta de 9 experimentos, con la aplicación de solvente bencina en la extracción de aceites, con muestras de 30g con 3 repeticiones por cada tratamiento de destrucción celular, considerándose tres diferentes.

2.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS, VALIDEZ Y CONFIABILIDAD

2.4.1. EQUIPOS, MATERIALES Y REACTIVOS USADOS

El experimento en base a los procesos físico-químicos fue realizada en el laboratorio, dando uso a los equipos, instrumentos/materiales y reactivos que a continuación se detallan.

A). Equipos usados

- Balanza analítica
- Plancha de calentamiento
- Estufa

- Autoclave
- Campana extractora para gases
- Microondas
- Agitador magnético
- Sensor de temperatura

B). Instrumentos / Materiales

- Bolsas ziplock
- Guantes de látex
- Guardapolvo
- Extractor soxhlet:
 - o Refrigerante
 - o Balón
 - o Cámara extractora
 - o Manguera
- Mortero y pilón
- Luna de reloj
- Placa Petri
- Papel filtro
- Pinza
- Espátula/Cuchara plana
- Varilla de agitación
- Soporte universal
 - o Anillo de hierro
 - o Pinza mariposa
 - o Pinza de hierro
- Pera de decantación 250 mL
- Probeta de 250 mL
- Frasco de vidrio
- Desecador
- Termómetro
- Barras magnéticas de agitación
- Vaso precipitado 500 mL

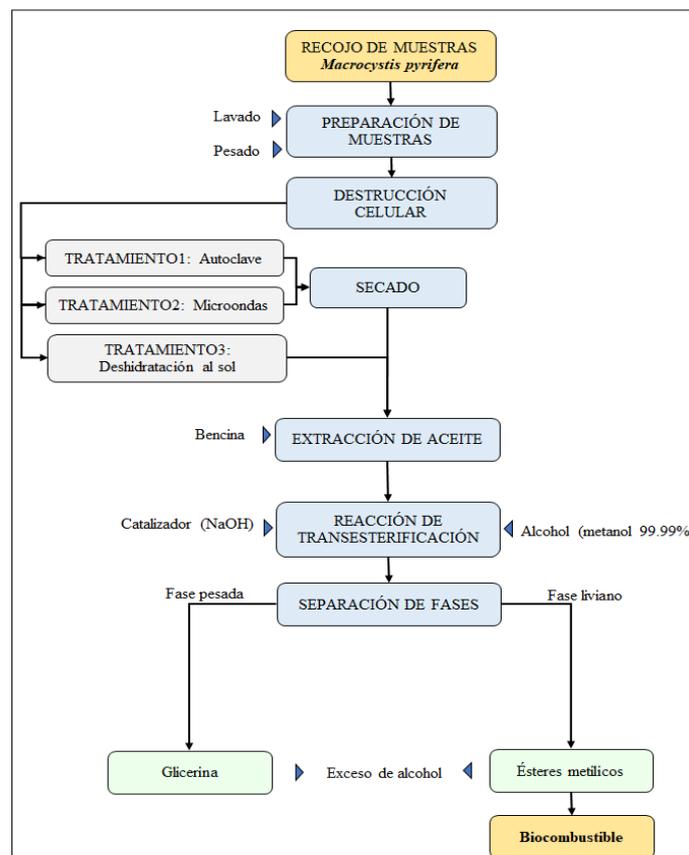
- Picnómetro 50 mL
- Viscosímetro de Ostwald

C). Reactivos

- Agua destilada
- Bencina
- Metanol 99.99%
- Hidróxido de sodio P.A. (puro)

2.4.2. DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO

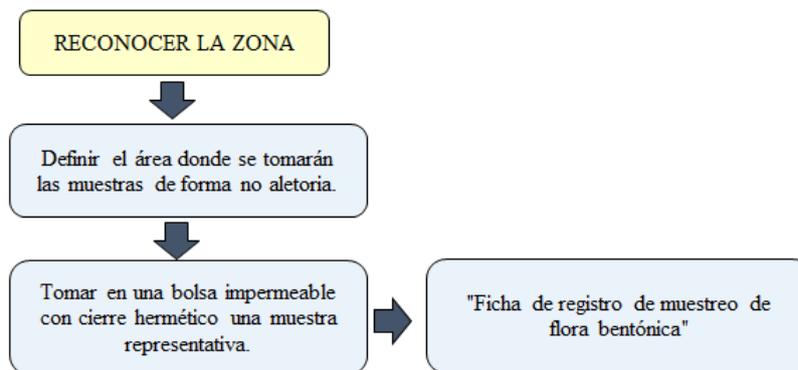
En la presente investigación se siguió con etapas productivas de trabajo como: la transformación de la materia prima en aceite vegetal y la transformación química en ésteres, estas repercutieron en los resultados del estudio para conocer la calidad del biocombustible a partir de los residuos de flora bentónica, las algas marinas de especie *Macrocystis pyrifera*, muestreados en la playa del distrito de Marcona.



Fuente: Elaboración propia, 2018.

Figura 15. Esquema del proceso de biocombustible, a partir de algas marinas.

2.4.2.1. Primera fase: Recojo y pesado de muestras



Fuente: Elaboración propia, 2018

Figura 16. Esquema de levantamiento de información y toma de muestra.

Al reconocer el lugar de estudio y verificar la presencia de residuos de flora bentónica se realizó la toma de muestra en la playa con mayor accesibilidad y donde estas son predominantes, seleccionando a la playa “7 huecos”.

Se recogió la muestra fresca y se depositaron en la bolsa ziplock con el uso de guantes. Posteriormente esta muestra recolectada fue lavada con agua destilada para retirar otros elementos externos al estudio, como la arena; se escurrió y fueron llevadas a laboratorio para su proceso.

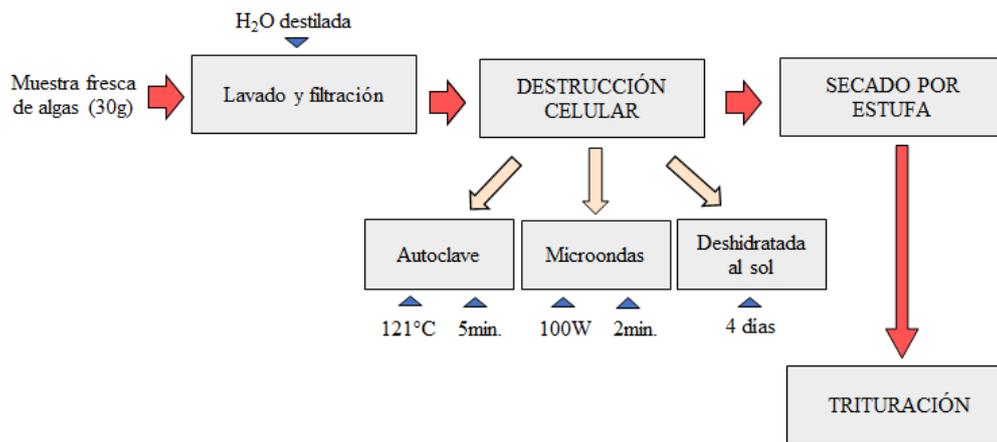
Se cogieron nueve cajas Petri y se procedió a pesarlas en cada una con 30g de algas de la misma especie *Macrocytis pyrifera*, utilizándose la balanza analítica Sartorius, modelo Quintix, la cual brinda mayor precisión con un resultado de pesaje que interviene hasta cuatro decimales.



Figura 17. Muestras de algas frescas.

2.4.2.2. Segunda fase: Destrucción celular y secado

Para la presente tesis, se utilizó el diseño experimental en bloques completamente aleatorizados en las muestras. Obteniendo las muestras pesadas se ejecutó el rompimiento celular de la biomasa en estudio disponiendo de tres tipos de tratamientos de destrucción celular, asignando tres repeticiones por cada tratamiento.



Fuente: Elaboración propia, 2018.

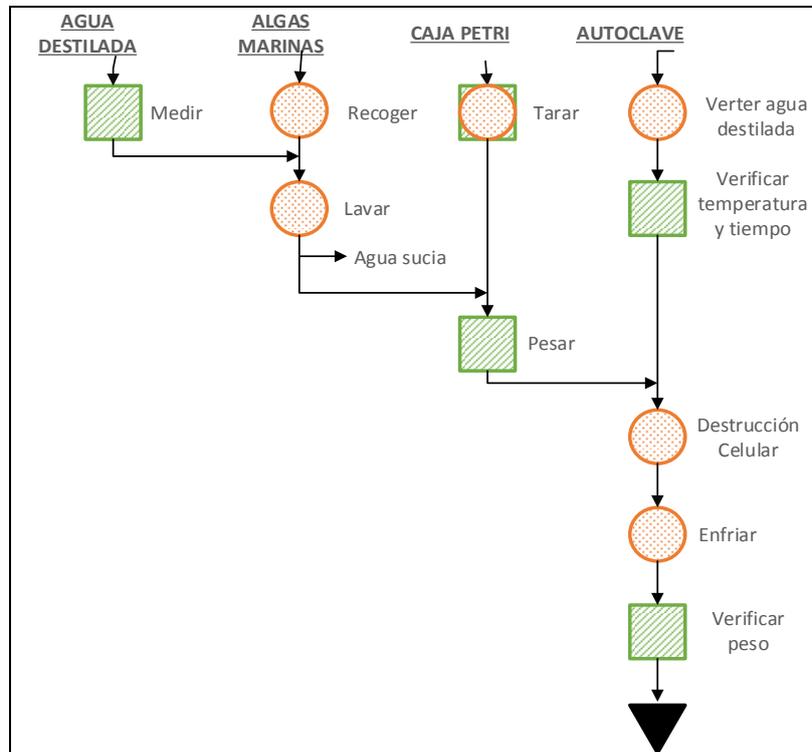
Figura 18. Diagrama de distribución de tratamientos según destrucción celular.

A). Uso de Autoclave

Para este tratamiento se usaron tres de las muestras de algas frescas ya pesadas con 30g cada una, se taparon y fueron llevadas hacia el autoclave Daihan Scientific, modelo MaXterile60, incluyendo indicadores de temperatura y tiempo. Se apertura el uso del equipo introduciendo agua destilada para su efectivo funcionamiento.

- El tiempo de exposición de las muestras en autoclave fue de 5 minutos, tiempo promedio reportado por diferentes autores (J.-Y. Lee, et al., 2010, p.87).
- Puesto inicialmente a una temperatura de 120°C, variando la temperatura luego del tiempo en que se asignó el trabajo. Posterior a una hora se pudo retirar las cajas Petri con muestras, esperando su enfriamiento a temperatura ambiente y lograr el segundo pesaje (Anexo 6).

Al obtener las muestras deshidratadas se procedió a secarlas mediante estufa a 37°C por 36 horas, al término se trituraron homogéneamente sin llegar a una trituración excesiva y se procedió a realizar el tercer pesaje (Anexo 6), este último es el que va al siguiente proceso de extracción de sus aceites.



Fuente: Elaboración propia, 2018.

Figura 19. Diagrama de operación de proceso de destrucción celular: autoclave.

B). Uso de microondas

Para este método se tomaron tres de las muestras de algas frescas en cajas Petri ya pesadas con 30g cada una, y fueron llevadas hacia el horno microondas, marca Samsung, modelo MS23J5133AM; interviniendo indicadores como potencia y tiempo.

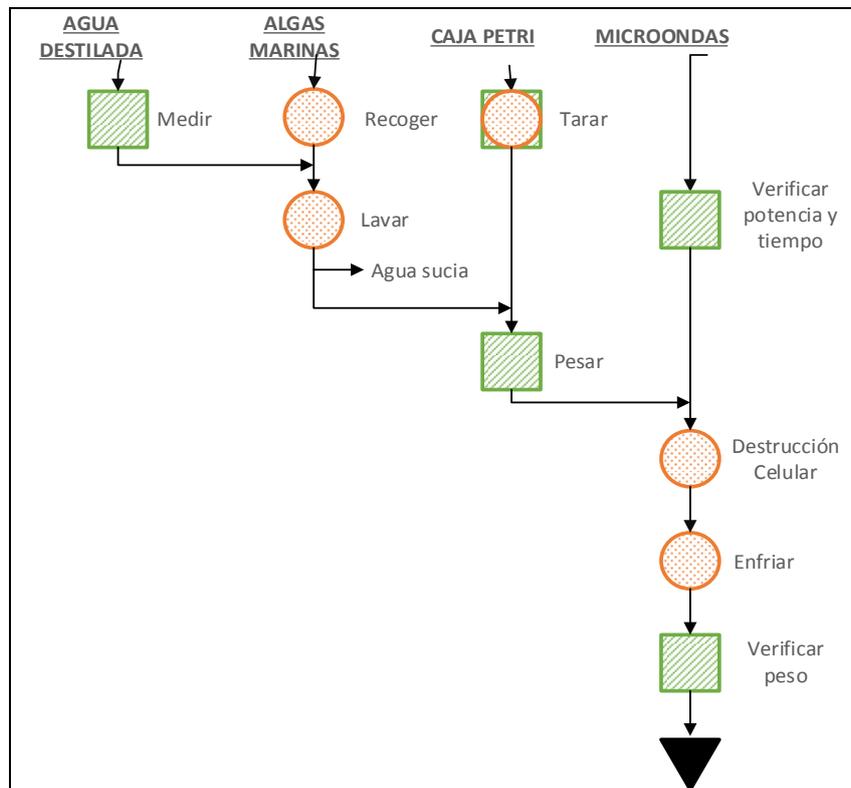
- El tiempo de exposición en el horno microondas fue de 2 minutos por muestra, observando que se evite el secado o la quema de la muestra inicial. En este tiempo se observa un cambio apreciable en las muestras respecto a su apariencia física.
- La potencia respecto al equipo fue de 1000 Watts, la que especifica en su ficha técnica.



Figura 20. Muestras en microondas.

Se observaron las muestras aplicadas con destrucción celular por uso de horno microondas y se constata la deshidratación, por ello se dejaron enfriar a temperatura ambiente por un tiempo de 30 minutos, una vez frías se pesaron por segunda vez (Anexo 6).

Con la finalidad de secar las muestras, se utilizó la estufa a 37°C por un tiempo de 36 horas y se procedió a la trituración, sin realizarlo de manera excesiva que represente micropartículas, tras ello se procede a realizar un tercer pesaje (Anexo 6).



Fuente: Elaboración propia, 2018.

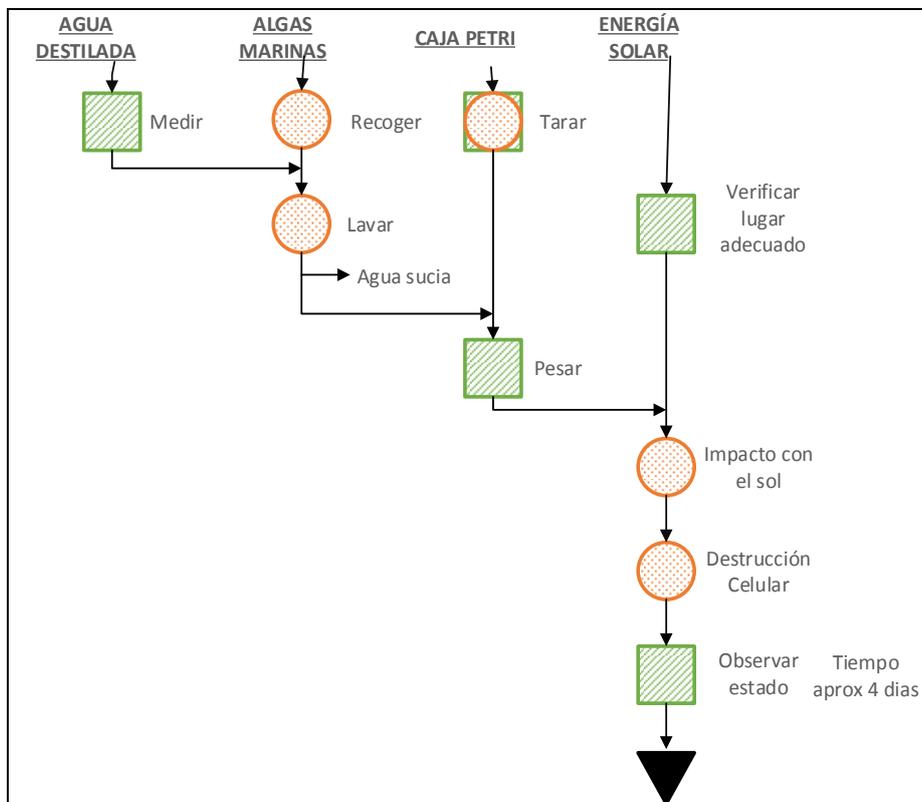
Figura 21. Diagrama de operación de proceso de destrucción celular, con microondas.

C). Deshidratación natural

En el tratamiento de destrucción celular por deshidratación natural o al sol (Figura 22) fueron consideradas tres muestras de algas de 30g cada una, depositadas en cajas Petri. Estas muestras se colocaron a exposición al sol por un mismo tiempo de cuatro días, en un ambiente abierto, que no involucre otros factores ajenos a la deshidratación que puedan dañar las muestras y/o modificar los resultados futuros.



Figura 22. Deshidratación al sol de muestras algales.

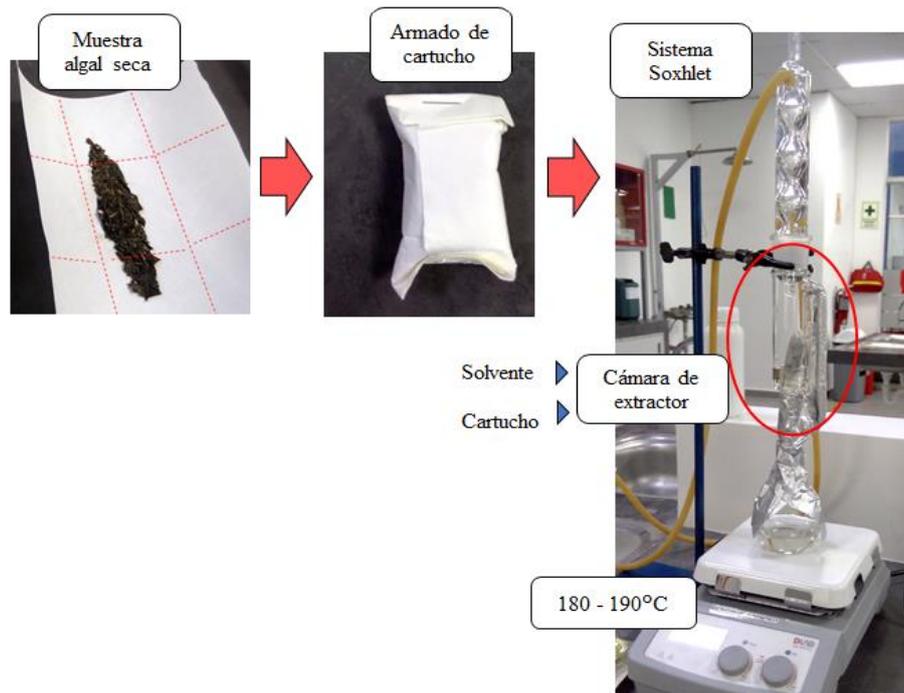


Fuente: Elaboración propia, 2018.

Figura 23. Diagrama de operación de proceso de destrucción celular: al sol.

2.4.2.3. Tercera fase: Extracción de aceites con solvente por Soxhlet

Una vez finalizado los tratamientos de destrucción celular por los métodos anteriormente mencionados, se extraen los ácidos grasos mezclando la biomasa seca de cada muestra con el solvente bencina en el equipo Soxhlet.



Fuente: Elaboración propia, 2018.

Figura 24. Diagrama de extracción por Soxhlet.

Las condiciones fijas a la cuales se llevó el proceso de extracción de aceite es generado por lo siguiente:

- Se forman nueve cartuchos de papel filtro el que contiene las muestras ya secas y trituradas, el cartucho se coloca en la cámara de extracción del equipo.
- El solvente bencina se vierte a la cámara de extracción, considerándose un ciclo de circulación del mismo y añadiendo más solvente hasta la mitad de la cámara. Este último vertimiento más el cartucho se deja reposar por 8 horas.

- Para el funcionamiento del extractor Soxhlet se requiere insertar las mangueras en cada extremo del refrigerante, una manguera da ingreso al agua desde la cañería y salida hacia el refrigerante, la segunda manguera se ubica en la parte superior del refrigerante y da salida del agua hacia un deposito, asegurando esto, se apertura la llave del grifo para la circulación del agua en esta parte del extractor.
- La temperatura para la extracción de los aceites con el solvente bencina es a 190°C; y el tiempo de extracción por cada muestra se dio por 14 horas con 10 ciclos de solvente, se fijó el tiempo para apreciar un porcentaje considerable de aceite bajo los mismos parámetros en todas las muestras.
- Para finalizar este proceso de extracción de aceites, se consta de un balón el que contenía el aceite y una poca cantidad de solvente trasvasándose toda la solución a una placa Petri, este proceso de vertimiento se desarrolla en la campana extractora de gases marca Ascent.Max, modelo ADC4C3; para evitar el escape de los olores y gases del solvente.
- Finalmente, se procedió con la evaporación del solvente por medio del uso de la estufa a una temperatura de 37°C por un tiempo de 3 horas.
- Para enfriar la muestra llevada a la estufa, se ubicó en el desecador por una hora, se verifico el enfriamiento a temperatura ambiente y se procedió al pesaje.

Se determinó conocer el porcentaje de ácidos y grasas (Ecuación 2), esto dependiendo del cálculo del contenido de aceite de cada muestra sobre la cantidad de muestra húmeda proporcionada inicialmente por 100.

$$\% \text{ Ácidos y Grasas} = \frac{m \text{ aceite}}{m \text{ muestra húmeda}} \times 100 \dots \text{Ecuación 2}$$

Donde:

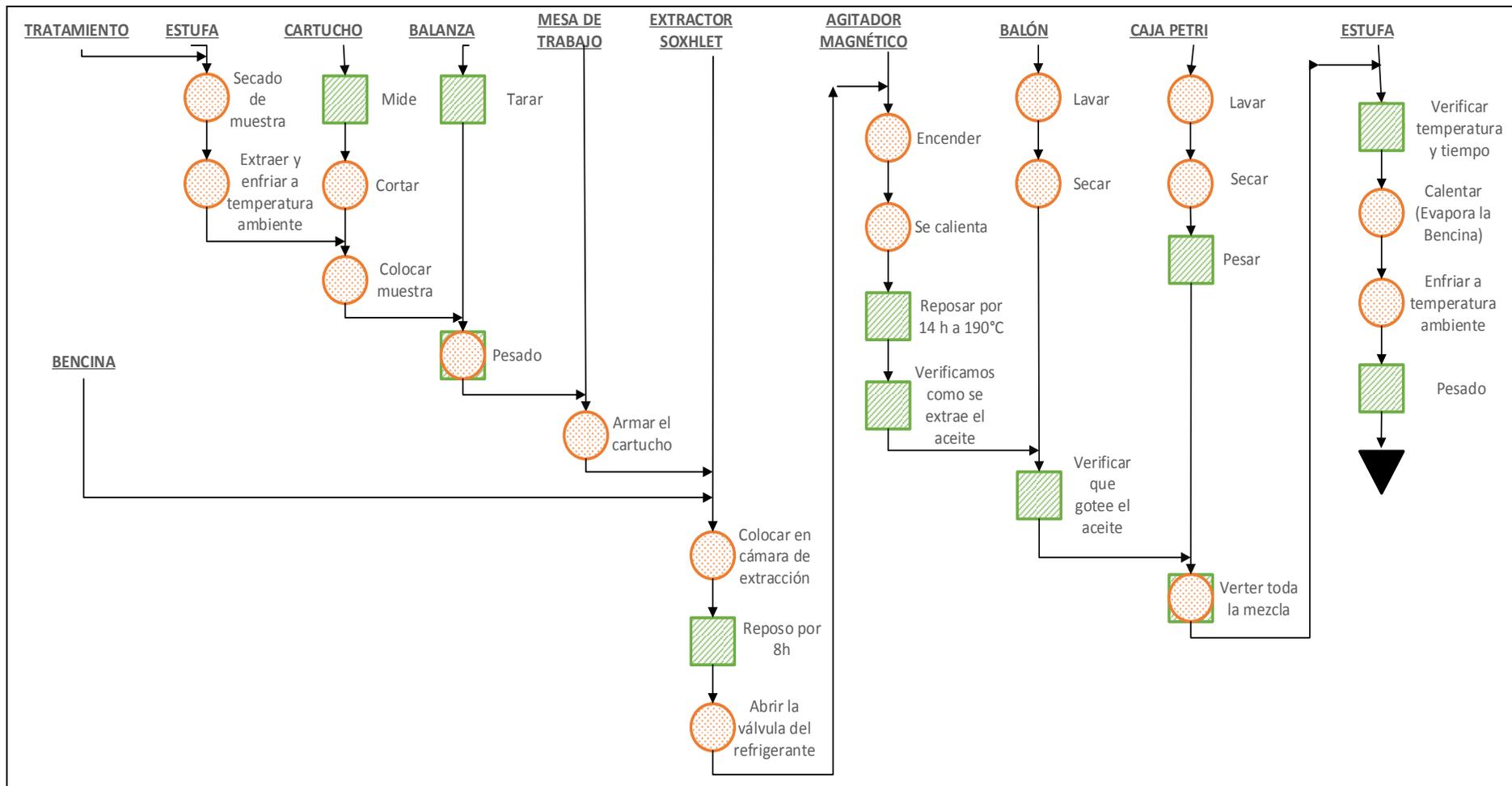
m aceite: masa de aceite, en gramos.

m muestra húmeda: masa de muestra húmeda, en gramos.

Tabla 18. Contenido de aceite resultante tras extracción por Soxhlet

Tratamiento de destrucción celular	N° de repet.	Masa húmeda (g)	Contenido de aceite	
			Solvente Bencina	
			Peso (g)	% Ácidos y grasas
Autoclave	Aut-1	30	0.0152	0.0507
	Aut-2	30	0.0136	0.0453
	Aut-3	30	0.0146	0.0487
Microondas	Mic-1	30	0.0123	0.0410
	Mic-2	30	0.0115	0.0383
	Mic-3	30	0.0119	0.0397
Deshidratación al sol	Des-1	30	0.0173	0.0576
	Des-2	30	0.0162	0.0540
	Des-3	30	0.0170	0.0566

Fuente: Elaboración propia, 2018.



Fuente: Elaboración propia, 2018.

Figura 25. Diagrama de operación de proceso de extracción de aceite.

➤ **Extracción en frío**

Habiéndose realizado la aplicación de tratamientos de destrucción celular y extracción de aceites mediante el uso de extractor Soxhlet, se determinó el tratamiento por el que se obtiene mejores resultados en la obtención de aceite, siendo el deshidratado al sol el que obtuvo mejores rendimientos. Por ello, se requirió manipular más muestras de algas de especie *Macrocystis pyrifera* aplicando un método más rápido y próximo para la obtención de sus aceites y posterior proceso de transesterificación, siendo este el siguiente:

- En unos baldes limpios y secos se ingresaron las algas muestreadas y se añade el solvente bencina, por lo cual se deja reposar a temperatura ambiente por un tiempo de 4 días, tiempo tomado para evaluar la cantidad de aceite que se obtuvo.
- Pasando esta etapa de reposo de muestra con solvente, se continúa con el uso del extractor Soxhlet por el cual se separa la bencina de los aceites aplicando una temperatura de 190°C; esto se desarrolló con el fin de reciclar el solvente, por ello el solvente recuperado se ubica en la cámara de extracción.
- La mezcla de aceite obtenido y cantidades de solvente tras la aplicación del extractor Soxhlet se depositaron en el balón, por esto se considera la evaporación del solvente por medio del uso de la estufa. Así entonces se llevan en cajas Petri la mezcla hacia equipo.

Continuando con el procedimiento, se desarrolló el siguiente fase del procedimiento experimental de transesterificación.



Fuente: Elaboración propia, 2018.

Figura 26. Proceso macro de extracción de aceite.

2.4.2.4. Cuarta fase: Transesterificación a partir del aceite de algas

La cantidad total de aceite extraído, en esta experiencia se obtuvo 250 mL; ha sido utilizada para determinar las cantidades de los reactivos a utilizarse en el proceso descrito a continuación:

- Los reactivos usados para el presente proceso de transesterificación se citan en el siguiente cuadro (Tabla 19) donde se indican las cantidades por cada compuesto usado:

Tabla 19. Cantidad empleada de reactivos

	Reactivos empleados	Cantidad	Unidades
Catalizador	Hidróxido de sodio (NaOH)	0,8463	g
Alcohol	Metanol 99.99% (CH ₃ OH)	50	mL

Fuente: Elaboración propia, 2018.

- El compuesto NaOH se logró pesar en una luna de reloj, una cantidad de 0,8463 en la balanza analítica, y el CH₃OH con pureza de 99,99% fue medido en una probeta graduada un total de 50mL, esta última medición se desarrolló en la campana extractora de gases.

Los siguientes pasos en su totalidad fueron desarrollados en la campana extractora de gases, para evitar algún tipo de contaminación dentro del laboratorio.

- Mediante el uso de un vaso precipitado, se vierten las cantidades medidas de CH₃OH y el NaOH pesado; a este recipiente se tapa con una luna de reloj, para evitar la evaporación de CH₃OH, se aplica agitación utilizando el agitador magnético con la barra magnética de agitación con una velocidad de 250 RPM por una hora, parando la agitación cuando se observa la disolución total del NaOH. A esta mezcla se le denomina como solución de metóxido de sodio (CH₃ONa) siendo una reacción tipo exotérmica.
- Encontrándose medido en la probeta graduada la cantidad de aceite proveniente de las muestras de algas de especie *Macrocystis pyrifera*, esta es vertida en un vaso precipitado, y puesto únicamente a calentamiento en un agitador magnético utilizando el sensor de temperatura hasta que bordee los 35°C a 42°C.
- Llegando al nivel de temperatura sugerido, se continúa con el calentamiento de la muestra de aceite y se vierte la mezcla de CH₃ONa e inserta la barra magnética de agitación. Esta preparación se ejecuta con temperatura medida por el sensor con rangos de 40°C a 42°C, por un tiempo de una hora y con velocidad de 300 RPM.
- Al finalizar el paso anterior, el vaso precipitado se retira del agitador magnético y se procede a enfriar la mezcla a temperatura ambiente.
- Posterior, el contenido del vaso precipitado se vierte en una pera de decantación, dejándolo tapado y en reposo por 24 horas, observándose la separación de las dos fases. Al observar la separación de las fases, en la parte superior se ubica el

metieléster y en la parte inferior la glicerina; esta última es más densa y debe ser retirada por lo que se destapa la pera de decantación y se abre su llave, vertiéndose en un vaso precipitado.

- Al metieléster de la pera de decantación se realiza un lavado con agua destilada, con ello se desea eliminar el NaOH y la glicerina sobrante. Por esto se realiza una agitación suave con la varilla de agitación por un tiempo de cinco minutos, realizando una mezcla homogénea.
- Al observar, luego de ocho horas, la separación de las fases de metieléster y agua de lavado, se retira este último en un vaso precipitado y se concluye con la medición de pH, el cual debe aproximarse a un valor neutro. La medición de pH se desarrolló con un papel indicador de pH, realizando dos lavados con agua destilada para llegar a un valor de aproximado a pH 7.

Tabla 20. Número de lavados a metieléster con agua destilada

Número de lavado	Valor próximo pH
Primer lavado	10 - 11
Segundo lavado	7 - 8

Fuente: Elaboración propia, 2018.

- Se realizaron las observaciones para el desarrollo de las separaciones de las fases, en cuanto a la separación de metieléster con glicerina y el metieléster con el agua de lavado, los que se identifican en la siguiente tabla.

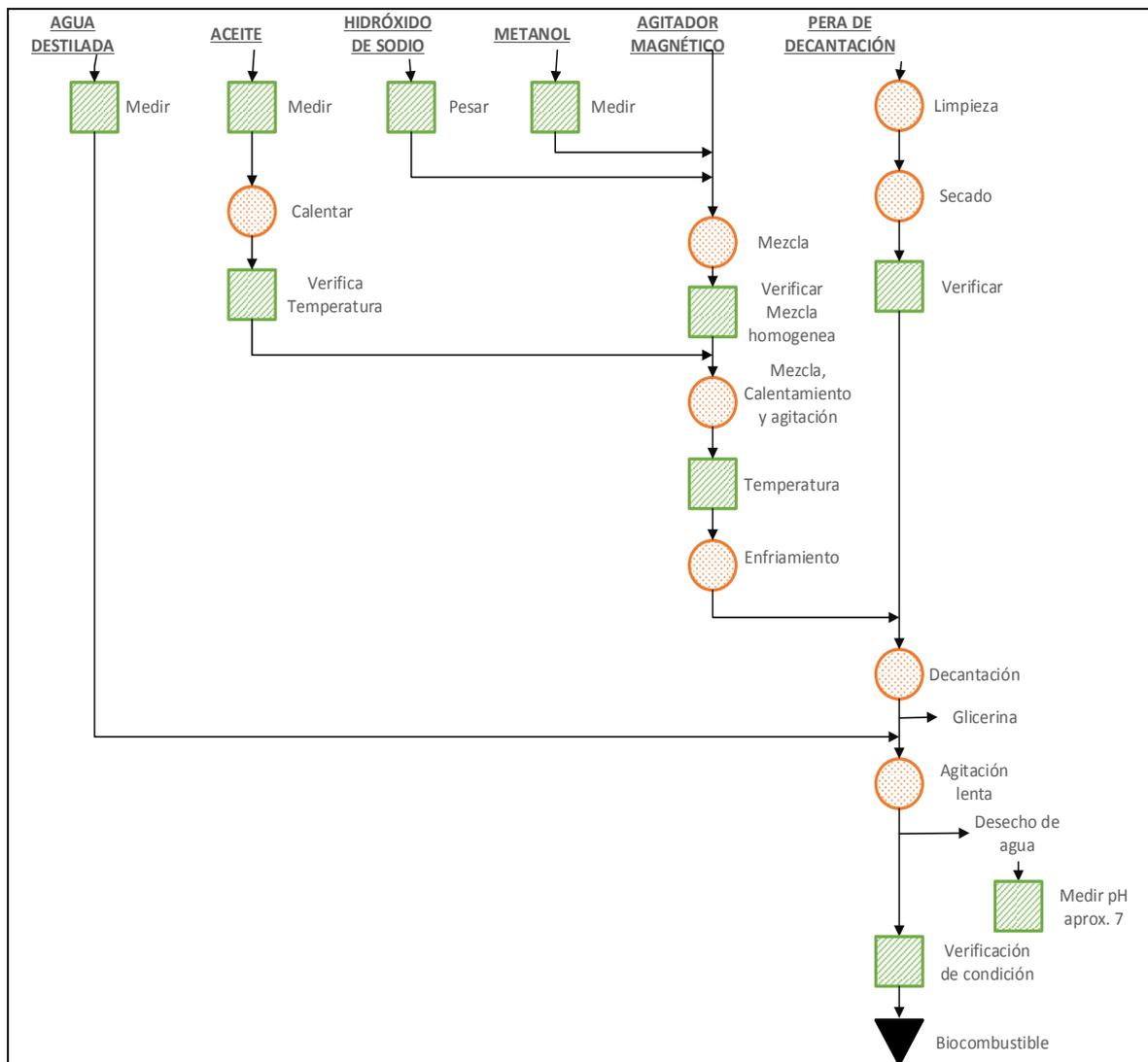
Tabla 21. Observaciones de separaciones de fases

Etapas	Observación	
1° Separación de fases	Metieléster	Color inicial de aceite
	Glicerina	Naranja
2° Separación de fases	Metieléster	Amarillo claro
	Agua de lavado	Blanco

Fuente: Elaboración propia, 2018.

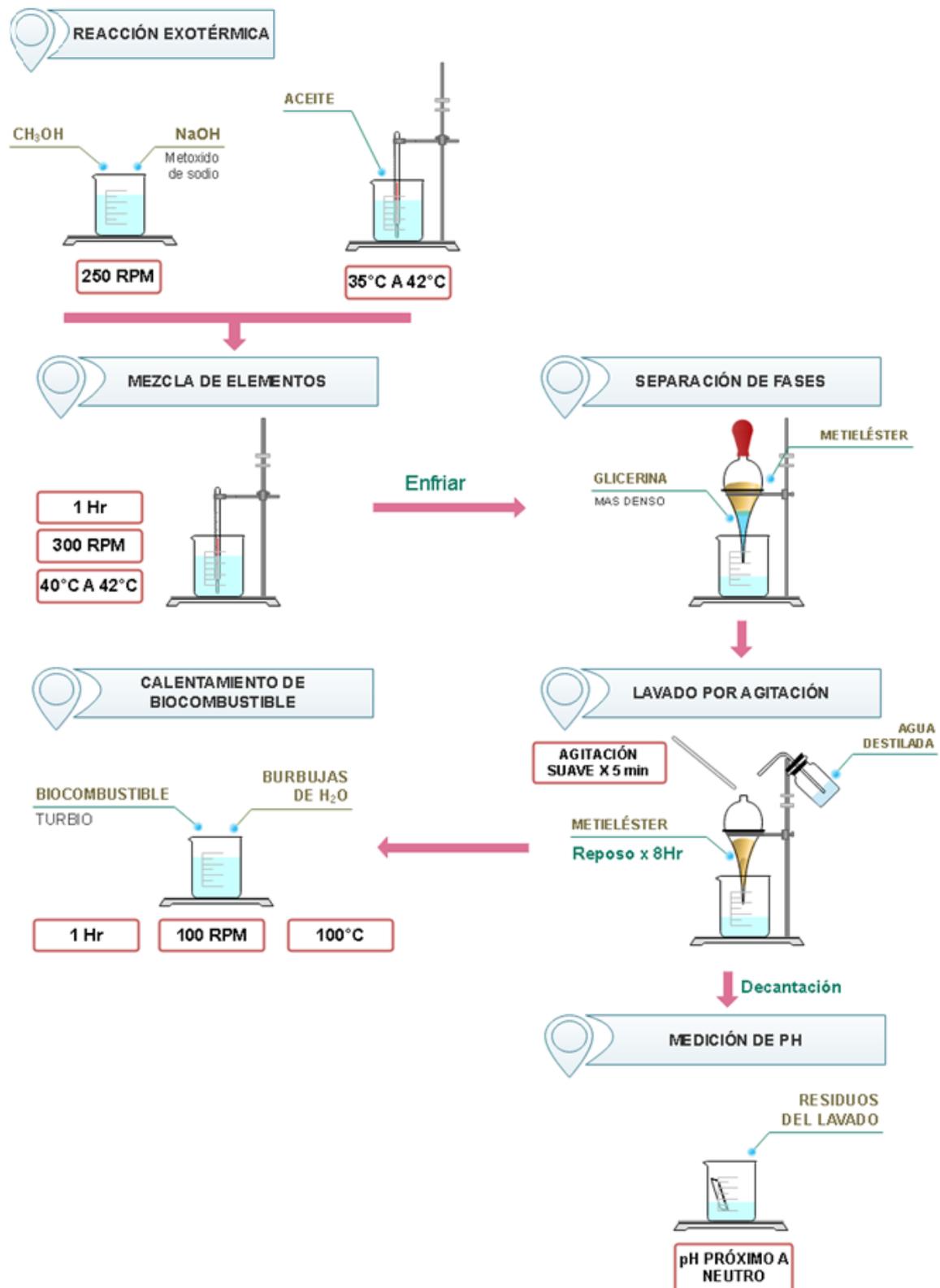
- Para finalizar, se ejecuta el calentamiento del biocombustible con la finalidad de retirar la cantidad de agua o CH_3OH sobrante; trasvasándose el contenido de la pera de decantación a un vaso precipitado y aplicando calentamiento a 100°C verificando con la inserción del sensor de temperatura, además se agregó la barra magnética para ejercer una velocidad de 100 RPM, todo esto por un tiempo de 1 hora.

Al observarse las burbujas y la desaparición de las mismas, se pudo concluir esta etapa del proceso, por lo que se obtuvo el biocombustible y fue trasvasado a un frasco color ámbar.



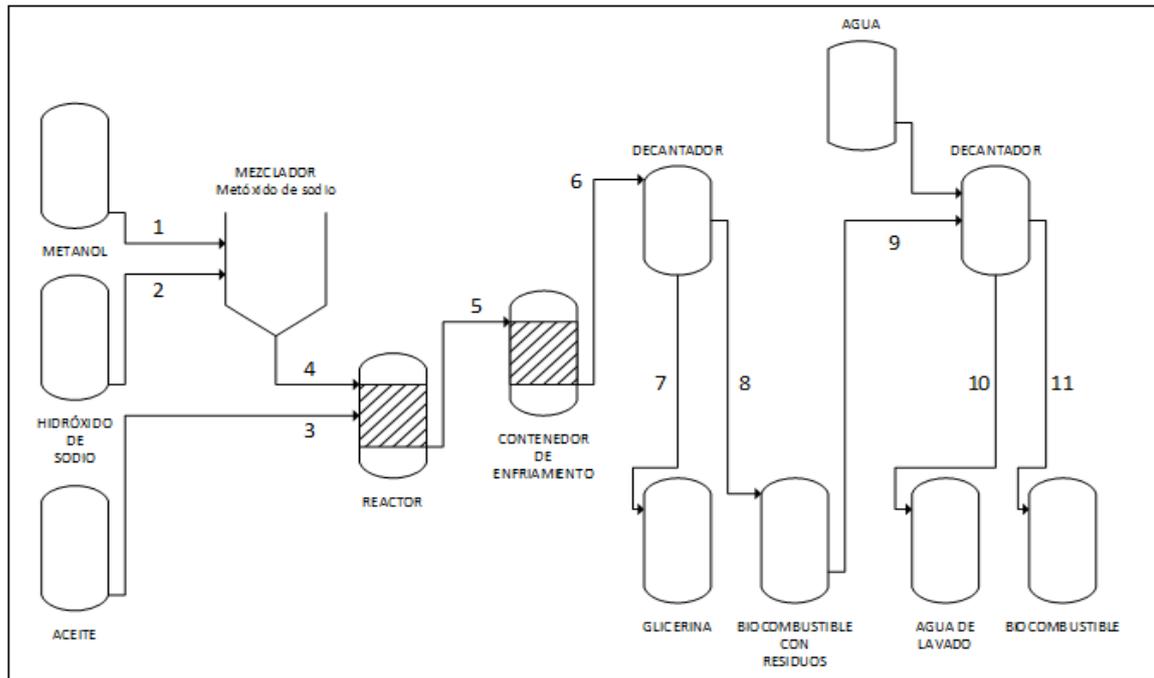
Fuente: Elaboración propia, 2018.

Figura 27. Diagrama de operación de proceso de transesterificación.



Fuente: Elaboración propia, 2018.

Figura 28. Proceso de transesterificación.



Fuente: Elaboración propia, 2018.

Figura 29. Diagrama de flujo del proceso de transesterificación.

2.4.2.5. Quinta fase: Cálculo de propiedades de biocombustible.

Existen propiedades del biocombustible muestra que se han podido desarrollar en el laboratorio de la UCV-LN, siendo los siguientes cálculos desarrollados:

➤ **Determinación de Densidad**

Para la determinación de la densidad en la muestra de biocombustible se aplica la siguiente ecuación:

$$\rho = \frac{m_{f+sol} - m_f}{V} \quad \dots Ecuación 3$$

Donde:

ρ : Densidad de solución, expresado en g/mL.

m_f : Peso de picnómetro utilizado, expresado en gramos.

m_{f+sol} : Peso de picnómetro incluido solución muestra, expresado en gramos.

V : Volumen de capacidad de picnómetro, expresado en mL.

En esta experiencia para el cálculo de la densidad se utilizó el picnómetro con capacidad de 50mL, el cual se lavó, secó y peso generando el dato correspondiente de m_f , posteriormente se ejecutó la experiencia con la muestra de biocombustible, donde el picnómetro se llenó con la muestra de biocombustible al ras y tapándose suavemente; se realizó la limpieza del exterior del picnómetro para así llevarla a pesar en la balanza analítica.

Este procedimiento para el análisis de la densidad del biocombustible se desarrolló por triplicado a temperatura ambiente, siendo de 25°C (Tabla 22); verificando este rango en el termómetro del mismo instrumento, esto se desarrolló como práctica para las condiciones normales termodinámicas, y analizando los datos obtenidos comparados con la siguiente prueba de densidad, recordando que a mayor temperatura la densidad de la solución examinada disminuye. Los resultados se detallan a continuación:

Tabla 22. Cálculo de densidad en muestra de biocombustible a 25°C

Numero de muestras	Masa picnómetro (g)	Masa picnómetro + biocombustible (g)	Densidad (g/mL)
M1	38,4810	83,8809	0,9080
M2	38,3628	83,6595	0,9059
M3	37,2840	82,7197	0,9087
Promedio			0,9075

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Las tres muestras desarrolladas arrojaron valores de densidad similares, siendo la muestra 3 quien reporta el mayor valor con 0,9087g/mL a diferencia de la muestra 1 con 0,9080g/mL, y la identificada con menor densidad es la muestra 2 con 0,9059g/mL. La técnica de medición de la densidad por el picnómetro es una técnica bastante exacta. Para el biodiesel analizado se reportó un promedio de 0,9075 g/mL.

Adicional a la determinación de la densidad a 25°C, se determinó la densidad a la temperatura de 40°C (necesaria para la determinación de la viscosidad cinemática). Para esto, se calienta la muestra de biocombustible a una temperatura de 40°C (Tabla 23), siendo verificada por termómetro al momento del calentamiento, siguiendo el procedimiento detallado líneas arriba.

Tabla 23. Cálculo de densidad en muestra de biocombustible a 40°C

Numero de muestras	Masa picnómetro (g)	Masa picnómetro + biocombustible (g)	Densidad (g/mL)
M1	37,2831	82,3157	0,9007
M2	38,5729	83,5722	0,9000
M3	38,4810	83,4100	0,8990
		Promedio	0,8999

Fuente: Elaboración propia, 2018.

En la tabla 23, las tres muestras desarrolladas arrojaron valores de densidad similares a 40°C, teniendo un valor promedio de 0,8999g/mL, que a diferencia del valor promedio del biocombustible a temperatura de 25°C, los valores descendieron, resultando lógico, pues a mayor temperatura existe una dilatación del volumen, dándonos una disminución de la densidad del biocombustible.

➤ Determinación de la Viscosidad cinemática

Para la determinación de la viscosidad cinemática en laboratorio, es necesario disponer del dato de la viscosidad dinámica, lo que conlleva el uso del viscosímetro de Ostwald; en donde la fuerza impulsora es la gravedad, y mide el tiempo que tarda en descender el fluido pasando por las dos marcas del enrasado del bulbo y cayendo por el tubo capilar (Tabla 24). Las soluciones utilizadas son el agua destilada y la muestra de biocombustible, las que se miden a temperatura de 25°C y de 40°C, esta última por medio del termómetro insertado dentro del viscosímetro de Ostwald.

Tabla 24. Tiempo de caída de soluciones en Viscosímetro Ostwald

Numero de muestras	Tiempo de caída			
	Agua destilada		Biocombustible	
	25°C	40°C	25°C	40°C
M1	2,71"	2,5"	12,21"	8,88"
M2	2,77"	2,4"	12,43"	8,31"
M3	2,73"	2,3"	12,32"	8,31"
	Promedio	2,4"		

Fuente: Elaboración propia, 2018.

En la Tabla 24 se identifica que tanto para la solución de agua destilada y la muestra de biocombustible, el tiempo de caída disminuye cuando se aplica un calentamiento de 40°C; siendo más notorio la diferencia en el tiempo de caída para la muestra de biocombustible. Para iniciar con la ejecución de la ecuación 4, se consideró el cálculo del promedio del tiempo de caída del agua destilada a una temperatura de 40°C, y el tiempo de caída individual por cada muestra de biocombustible al mismo rango de temperatura.

Por lo tanto, la determinación de la viscosidad dinámica se efectúa considerando la siguiente fórmula:

$$\frac{\eta_{sol}}{\eta_w} = \frac{\rho_{sol} \times t_{sol}}{\rho_w \times t_w} \dots Ecuación 4$$

Reemplazando:

$$\eta_{sol} = \frac{\rho_{sol} \times t_{sol} \times \eta_w}{\rho_w \times t_w} \dots Ecuación 5$$

Donde:

η_{sol} : Viscosidad de la solución problema a 40°C.

η_w : Viscosidad del agua destilada a 40°C.

ρ_{sol} : Densidad de la solución problema a 40°C.

ρ_w : Densidad del agua destilada a 40°C.

t_{sol} : Tiempo que tarda en atravesar las dos marcas de la solución problema a 40°C.

t_w : Tiempo que tarda en atravesar las dos marcas del agua destilada a 40°C.

Conociendo la densidad del agua a 40°C de 0,992 g/mL, se considera este dato para ser reemplazado en la ecuación 5, así mismo el uso del dato de la viscosidad del agua a 40°C aplicando conversión de unidades de medida hasta llegar a los cP:

$$653,2 \times 10^{-6} \text{ Pa.s}$$

$$653,2 \times 10^{-3} \text{ mPa.s}$$

$$0,6532 \text{ cP}$$

(1) Para el cálculo de la viscosidad dinámica en la muestra 1, se tiene:

$$\eta_{sol1} = \frac{0,8999 \frac{g}{mL} \times 8,88 s \times 0,6532 cP}{0,992 \frac{g}{mL} \times 2,4 s} = 2,192 cP$$

(2) Para el cálculo de la viscosidad dinámica en la muestra 2, se tiene:

$$\eta_{sol2} = \frac{0,8999 \frac{g}{mL} \times 8,31 s \times 0,6532 cP}{0,992 \frac{g}{mL} \times 2,4 s} = 2,051 cP$$

(3) Para el cálculo de la viscosidad dinámica en la muestra 3, se tiene:

$$\eta_{sol3} = \frac{0,8999 \frac{g}{mL} \times 8,31 s \times 0,6532 cP}{0,992 \frac{g}{mL} \times 2,4 s} = 2,051 cP$$

Calculando el promedio de la viscosidad dinámica desarrollada para las tres muestras sometidas a 40°C, se tiene como promedio igual a 2,098 cP. Este dato interfiere en la ecuación 6, donde se determina la viscosidad cinemática:

$$v = \frac{\mu}{\rho} \dots \dots \text{Ecuacion 6}$$

Donde:

v : Viscosidad
cinemática

μ : Viscosidad dinámica

ρ : Densidad

Reemplazando se obtiene el siguiente resultado de viscosidad cinemática a 40°C:

$$v (40^{\circ}C) = \frac{2,098 cP}{0,8999 \frac{g}{mL}} = 2,3314 cSt$$

➤ Conversión de unidades de medida para valores de Poder calorífico

Esta prueba se llevó a cabo en el laboratorio de la UNALM y los resultados se generaron con las unidades de medida cal/g por lo que se realizó la conversión respectiva hacia MJ/kg.

Para el PCS, resultando ser 9422,83 cal/g

$$\begin{array}{r}
 1\text{ cal} \longrightarrow 4,184\text{J} \\
 9422,83 \frac{\text{cal}}{\text{g}} \longrightarrow X \\
 \hline
 X = 39425,92 \frac{\text{J}}{\text{g}}
 \end{array}$$

$$39425,92 \frac{\text{J}}{\text{g}} \times \frac{10^6}{10^6} \times \frac{10^3}{10^3} = 39425,92 \frac{\text{J}}{\text{g}} \times \frac{\text{M}}{10^6} \times \frac{10^3}{\text{K}} = 39425,92 \frac{\text{MJ}}{\text{Kg}} \times \frac{1}{10^6} \times \frac{10^3}{1} =$$

$$39425,92 \frac{\text{MJ}}{\text{Kg}} \times \frac{10^3}{10^6} = 39425,92 \frac{\text{MJ}}{\text{Kg}} \times \frac{1}{10^3} = 39,43 \frac{\text{MJ}}{\text{Kg}}$$

Para el PCI, resultando ser 9417,33 cal/g

$$\begin{array}{r}
 1\text{ cal} \longrightarrow 4,184\text{J} \\
 9417,33 \frac{\text{cal}}{\text{g}} \longrightarrow X \\
 \hline
 X = 39402,11 \frac{\text{J}}{\text{g}}
 \end{array}$$

$$39402,11 \frac{\text{J}}{\text{g}} \times \frac{10^6}{10^6} \times \frac{10^3}{10^3} = 39402,11 \frac{\text{J}}{\text{g}} \times \frac{\text{M}}{10^6} \times \frac{10^3}{\text{K}} = 39402,11 \frac{\text{MJ}}{\text{Kg}} \times \frac{1}{10^6} \times \frac{10^3}{1} =$$

$$39402,11 \frac{\text{MJ}}{\text{Kg}} \times \frac{10^3}{10^6} = 39402,11 \frac{\text{MJ}}{\text{Kg}} \times \frac{1}{10^3} = 39,40 \frac{\text{MJ}}{\text{Kg}}$$

2.4.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Habiendo ya seleccionado el diseño de investigación apropiado y la muestra representativa de acuerdo con el problema en estudio e hipótesis, decimos que la recolección de datos para obtener las algas marinas y llevar a cabo la investigación a fase experimental; se requiere de la recolección de este recurso, más no la extracción forzada de los afloramientos bentónicos.

Según Behar (2008, p. 54), la técnica de esta investigación es dada por medio de la observación y la fase de prueba o experimentación.

Los instrumentos considerados en esta investigación han sido, audiovisuales, los registros o fichas de datos, considerando las referencias bibliográficas.

Tabla 25. Instrumentos y técnicas de recolección de datos

Etapas	Fuentes	Técnicas	Instrumento	Resultados
Levantamiento de información del lugar y toma de muestra	Área de estudio: Playa 7 huecos, Marcona, Nazca-Ica. 540g de muestras de algas marinas <i>Macrocystis pyrifera</i> .	Observación y llenado de fichas para la recolección de los datos de lugar.	Ficha de registro de muestreo de residuos de flora bentónica (Anexo 3). Ficha de registro de características físicas de muestras algales (Anexo 4). Ficha de registro de características químicas de muestras algales (Anexo 5).	Ubicación del punto de muestreo.
Destrucción celular y secado	Recolección de información bibliográfica, observación y trabajo en laboratorio.	Uso de referencias bibliográficas, observación y llenado de fichas para resultados.	Ficha de registro de indicadores para muestras con destrucción celular y secas (Anexo 6).	Cantidad de muestras en gramos con primer proceso de destrucción celular y secado.
Análisis de resultados	Laboratorio de la Universidad César Vallejo, sede Lima Norte (en adelante, UCV-LN). Laboratorio de la Universidad Nacional Agraria La Molina (en adelante, UNALM).	Observación y experimentación	Ficha de registro de resultados obtenidos por laboratorio (Anexo 7).	Resultados de los procesos para la calidad de biocombustible: determinando: caracterización y potencial calorífico.

Fuente: Elaboración propia, 2018.

2.4.4. VALIDACIÓN Y CONFIABILIDAD DEL INSTRUMENTO

Se realizó la validación y evaluación de los instrumentos, por medio de un juicio de expertos, constituido por 03 docentes del centro de estudios universitario, siendo especialistas en los temas ahondados, dando conformidad a la claridad del contenido en congruencia con los objetivos planteados en la presente investigación.

- Ficha de registro de muestreo de residuos de flora bentónica (Anexo 3).
- Ficha de registro de características físicas y químicas de muestras algales (Anexo 4).
- Ficha de registro de características químicas de muestras algales (Anexo 5).

- Ficha de Registro de indicadores para muestras con destrucción celular y secas (Anexo 6).
- Ficha de registro de resultados obtenidos por laboratorio (Anexo 7).

La validación de los instrumentos se encuentra en Anexos, con los siguientes especialistas:

Tabla 26. Validación de instrumentos de la recolección de datos.

Item	Docente especialista	Grado académico	Nº de colegiatura	Porcentaje (%)
1	Cermeño, Castromonte, Cecilia Libia	M.S.C.	123075	97
2	De la Cruz Dávila, Rosalbina	QFB	5061	90
3	Quintana Paetán, Sigfredo Alexander	Qco.	596	97
				95

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Para llegar a la validación y confiabilidad de los instrumentos se realizó el cálculo por el programa Excel 2013, analizando los puntajes de cada instrumento de recolección de datos, llegando a un puntaje de 95%. Respaldando la confiabilidad de las variables trabajadas en el presente trabajo de investigación con observación de los profesionales colegiados expertos del tema, que evaluaron los indicadores desarrollados en la presente investigación.

2.5. MÉTODOS DE ANÁLISIS DE DATOS

El biocombustible resultante tras los procesos de transformación de energía luminosa a energía química de las algas marinas de especie *Macrocystis pyrifera* fueron enviadas al laboratorio de energías renovables de la UNALM.

Los resultados obtenidos serán analizados con el Software de Excel 2013, este considera la creación de cuadros y gráficos estadísticos, con la finalidad de generar la interpretación de los resultados, ahondando en un mejor análisis. Además, se utilizó el Software IBM SPSS Statistics 25, para la realización de prueba de normalidad de las muestras en los distintos tratamientos utilizados.

2.6. ASPECTOS ÉTICOS

Toda la investigación presentada en esta investigación ha recopilado la información respecto al tema con otros autores, instituciones públicas o privadas y tesis con grado de magister, los cuales han sido mencionados respetando su propiedad intelectual.

Los resultados de laboratorio de la UNALM son evidencias claras para la veracidad de los parámetros medidos, sin encontrarse manipulación de los mismos; al igual, que las fotografías tomadas en las fases de recolección y procesamiento de muestras.

III. RESULTADOS

Los resultados obtenidos en el trabajo de investigación son reflejados:

3.1. CONDICIONES OPERATIVAS EN EL PROCESO

En la tabla del anexo 4 se identifican los resultados de los tres diferentes tipos de tratamientos realizados en el proceso de destrucción celular, teniendo para cada uno tres muestras de 30 gramos de algas marinas cada una, obteniendo de esta manera una cantidad de ácidos y grasas, que son importantes para producción de biocombustible.

Las condiciones operativas para la producción de biocombustible a partir del alga marina de especie *Macrocystis pyrifera*, son definidas por tres fases: destrucción celular, extracción de aceites y transesterificación; las cuales se detallan a continuación:

Para la primera etapa en la producción de biocombustible, se considera la destrucción celular del alga marina de especie *Macrocystis pyrifera*, por lo que se consideran las siguientes condiciones para la ejecución en sus operaciones iniciales:

Tabla 27. Condiciones operativas en etapa de destrucción celular.

Indicadores	Autoclave	Microondas	Deshidratación al sol
Temperatura	121°C	-	21°C
Potencia	-	100W	-
Tiempo	5 min.	2 min.	4 días

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

Para la segunda etapa en la producción de biocombustible, se considera la extracción de los aceites vegetales en un extractor Soxhlet y en un extractor en frío, utilizando el alga marina de especie *Macrocystis pyrifera*; por lo que se consideran las siguientes condiciones para las operaciones en esta etapa:

Tabla 28. Condiciones operativas en etapa de extracción de aceites.

Extracción	Solvente	Temperatura	Tiempo
Extracción en caliente	Bencina	190°C	14 hrs.
Extracción en frío	Bencina	25°C	4 días

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

Para la última etapa en la producción de biocombustible, se considera la transesterificación a partir de los aceites vegetales extraídos del alga marina de especie *Macrocystis pyrifera*, considerándose dos reactivos principales que serán usados en este procedimiento y una solución de lavado.

Tabla 29. Condiciones operativas en etapa de destrucción celular.

	Reactivos empleados	Velocidad (R.P.M.)			Temperatura (°C)			Tiempo agitación
		Inicial	Mezcla	Final	Inicial	Mezcla	Final	
Catalizador	Hidróxido de sodio (NaOH)	250	300	100	-	40 – 42	100	1 hr
Alcohol	Metanol 99.99% (CH ₃ OH)				-			
Muestra	Aceite				35-42			
Lavado	Agua destilada	-				-		5 min.

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

3.2. CALIDAD DE BIOCOMBUSTIBLE

Para el presente trabajo de investigación se presentó el siguiente cuadro resumen de análisis de biocombustible y la comparación de estos resultados mediante las normas o especificaciones establecidas, algunas de ellas a nivel internacional. Estas pruebas fueron desarrolladas en el laboratorio de la UCV-LN y en la UNALM, según propiedad analizada; teniendo los resultados oficiales en el Anexo 19, de esta muestra se obtuvo un resultado por propiedad por lo cual no se pudo realizar el análisis inferencial, ya que no es posible una comparación de medias y desviación estándar por la cantidad de datos.

Tabla 30. Resultados de análisis del biocombustible

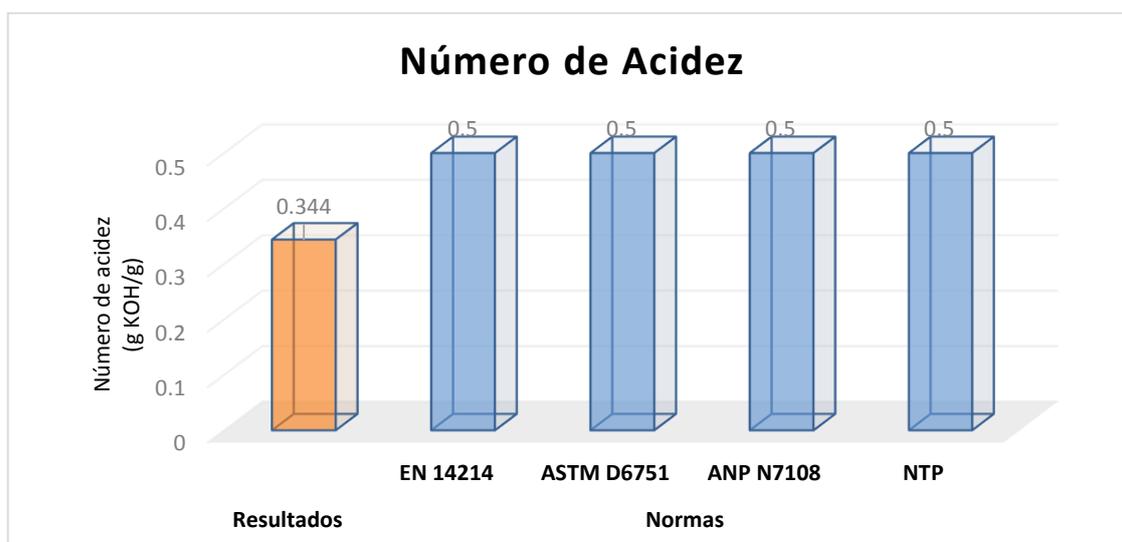
Pruebas realizadas	Unidades	Resultados	Especificaciones			
			EN 14214	ASTM D6751	ANP N°7/08	NTP 321.125.2 008
Número de Acidez	mg KOH/g	0,344	0,5	0,5	0,5	0,5
Residuo de Carbón Conradson	% (m/m)	0,024	0,3	0,05	0,05	0,05
Cenizas Sulfatadas	% (m/m)	0,017	0,02	0,02	0,02	0,02
Densidad	g/mL	0,8999	0,86 – 0,9	-	(20°C) 0,85 – 0,9	-
Viscosidad	cSt (mm ² /s)	2,3314	3,5 – 5,0	1,9 – 6,0	3,5 – 6,0	1,9 – 6,0

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

3.2.1. PRIMERA PRUEBA: NÚMERO DE ACIDEZ

En la Tabla 30 de resultados de análisis del biocombustible, tenemos que el número de acidez es de 0,344 mg KOH/g teniendo como referencias las normas de las cuales al compararlas mediante su valor nos confirma que el número de acidez se encuentra en el rango de valores aceptados, pudiéndose comprobar en la siguiente figura de barras mostrada a continuación:

Gráfico 1. Número de acidez de prueba de Biocombustible

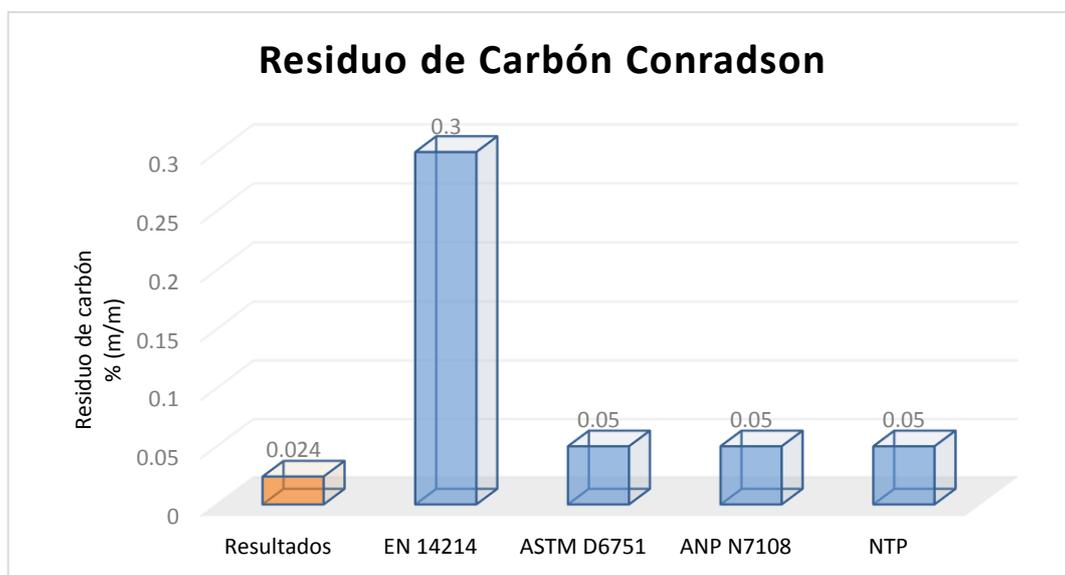


Fuente: Elaboración Propia, 2018.

3.2.2. SEGUNDA PRUEBA: RESIDUO DE CARBÓN

En la Tabla 30 de resultados de análisis del biocombustible, se tiene que la cantidad de residuo de carbón es de 0,024% (m/m) teniendo como referencias las normas o especificaciones de las cuales al compararlas mediante su valor nos confirma que el residuo de carbón se encuentra en el rango de valores aceptados, pudiéndose comprobar en el gráfico de barras mostrado a continuación:

Gráfico 2. Residuo de Carbón de prueba de Biocombustible

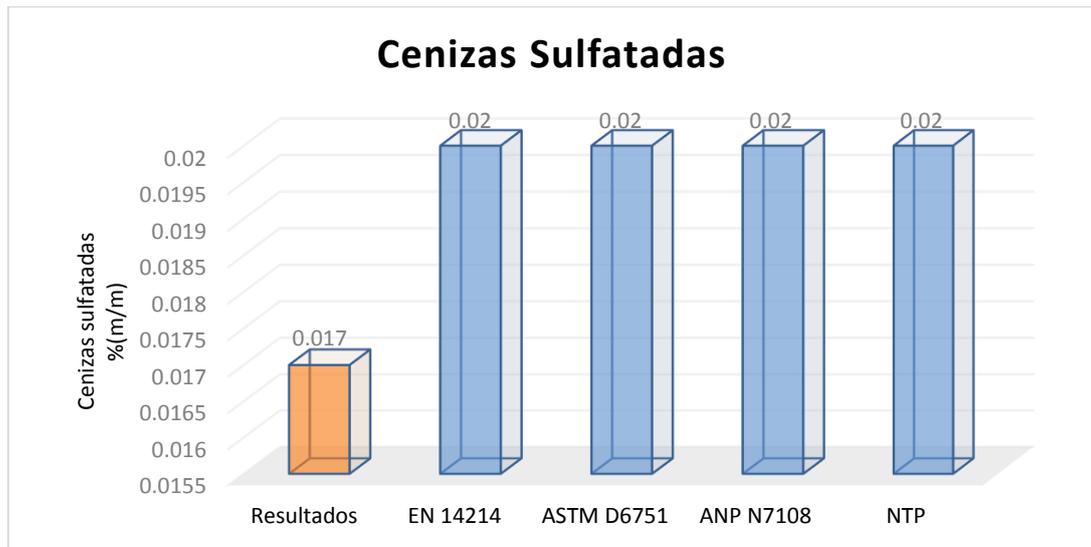


Fuente: Elaboración Propia, 2018.

3.2.3. TERCERA PRUEBA: CENIZAS SULFATADAS

En la Tabla 30 de resultados de análisis del biocombustible, tenemos que la cantidad de cenizas sulfatadas es de 0,017% (m/m), por lo cual se compara su valor teniendo como referencias las normas o especificaciones que cuentan con valores máximos de 0,02% (m/m), de las cuales nos confirma que la cantidad de cenizas sulfatadas de la muestra de biocombustible se encuentran en el rango de valores aceptados, pudiéndose comprobar en el siguiente Gráfico 3 de barras:

Gráfico 3. Cenizas sulfatadas de prueba de Biocombustible

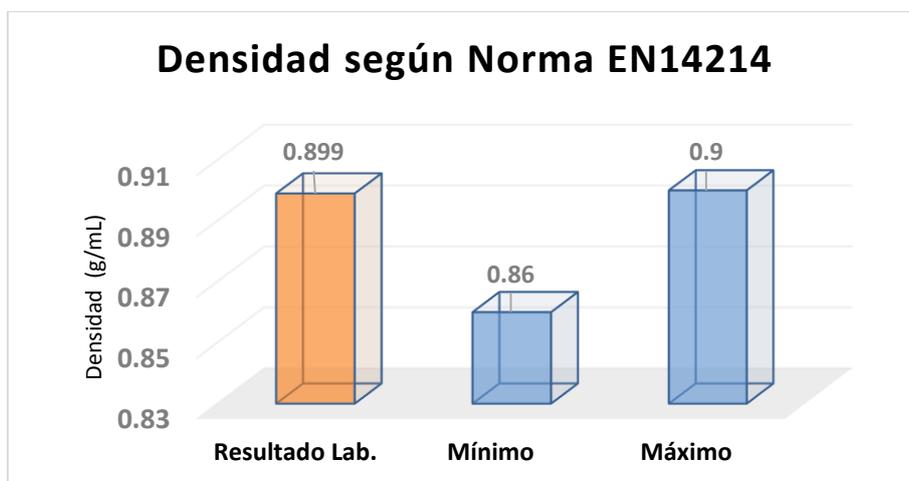


Fuente: Elaboración Propia, 2018.

3.2.4. CUARTA PRUEBA: DENSIDAD

En la Tabla 30 sobre resultados de análisis del biocombustible, tenemos que el valor de la densidad del biocombustible muestra es de 0,8999g/mL teniendo como referencias las normas EN14214 y ANP N°7/08, de las cuales al compararlas mediante su valor nos confirma que el valor de la densidad se encuentra o no en el rango de los valores aceptados. Por lo que se generan los siguientes gráficos:

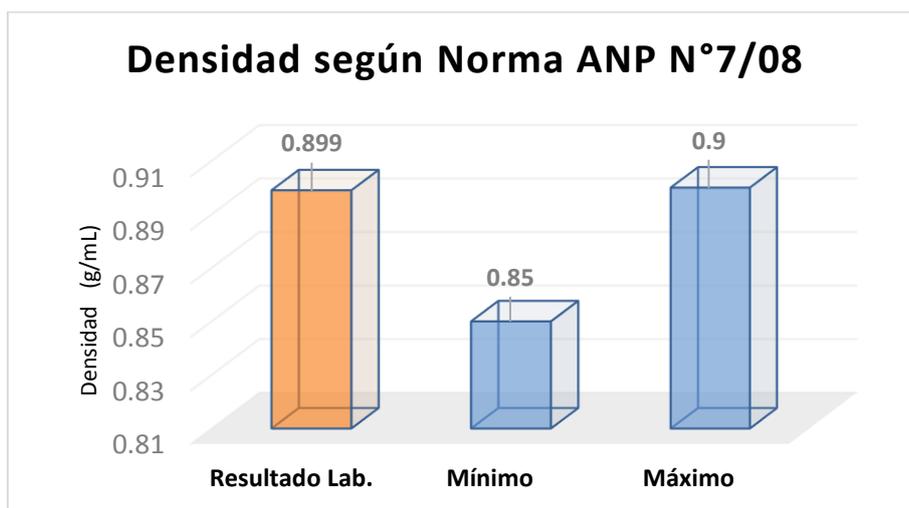
Gráfico 4. Comparación de densidad de biocombustible muestra con EN14214



Fuente: Elaboración propia, 2018.

Según el Gráfico 4, se identifica que el resultado de laboratorio asciende a 0,8999g/mL, por lo que se puede comprobar que según la norma EN14214 existe un rango mínimo y máximo asignado de 0,86g/mL a 0,9g/mL; este control sirve para delimitar los valores establecidos que comprueban los resultados del biocombustible muestra a partir de algas marinas de especie *Macrocystis pyrifera* que se encuentran dentro de la norma detallada.

Gráfico 5. Comparación de densidad de biocombustible muestra con ANP N°7/08



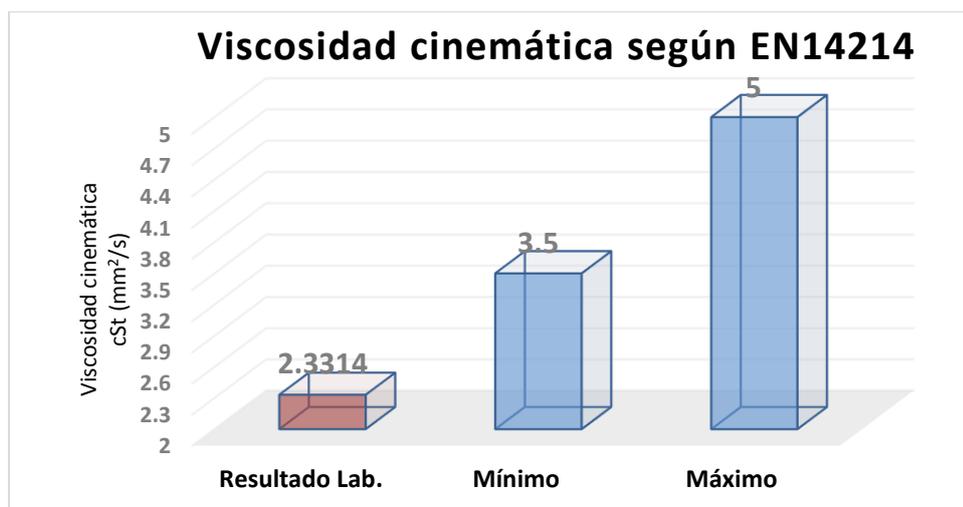
Fuente: Elaboración propia, 2018.

Según la Gráfico 5, al comparar las densidades de la prueba realizada a la muestra de biocombustible a partir de algas marinas de especie *Macrocystis pyrifera*, se puede observar que el valor del resultado medido se encuentra dentro de la norma en estudio ANP N°7/08, encontrándose en el rango de 0,8999 g/mL, estableciendo la certificación de cumplimiento para estas norma que establece rangos de 0,85g/mL a 0,9g/mL.

3.2.5. QUINTA PRUEBA: VISCOSIDAD CINEMÁTICA

En la Tabla 30 de resultados de análisis del biocombustible, se tiene que el valor de la Viscosidad cinemática del biocombustible a 40°C es de 2,3314 cSt (mm²/s) teniendo como referencias los valores establecidos para las normas o especificaciones de las cuales son comparadas, pudiéndose comprobar en los siguientes gráficos de barras:

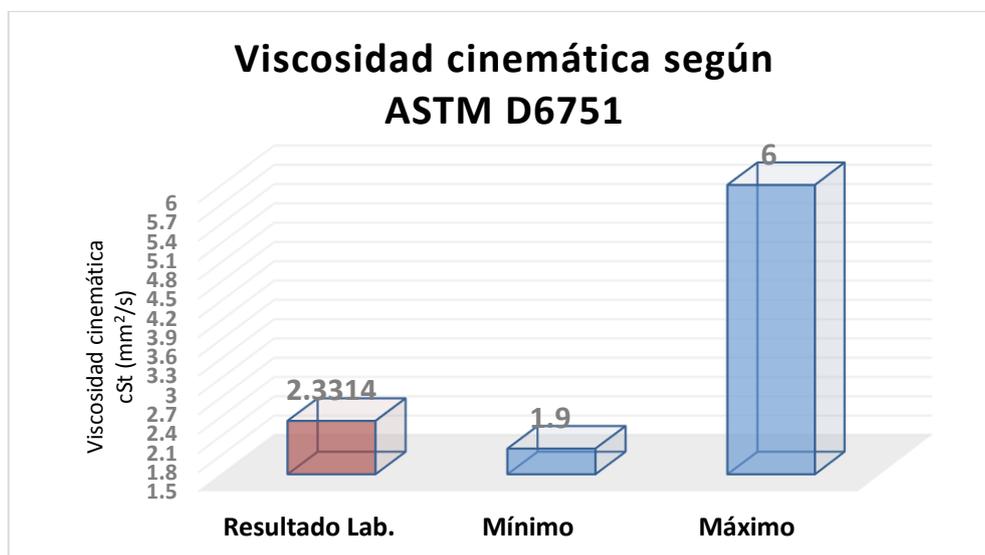
Gráfico 6. Comparación de Viscosidad de biocombustible muestra con EN14214.



Fuente: Elaboración propia, 2018.

Según el Gráfico 6 la viscosidad cinemática del biocombustible muestra a 40°C con valores de 2,3314 cSt (mm^2/s) no se encuentra dentro de los rangos establecidos para la norma EN14214 que establece rangos de 3,5 – 5,0 cSt (mm^2/s).

Gráfico 7. Comparación de Viscosidad de biocombustible muestra con ASTM D6751

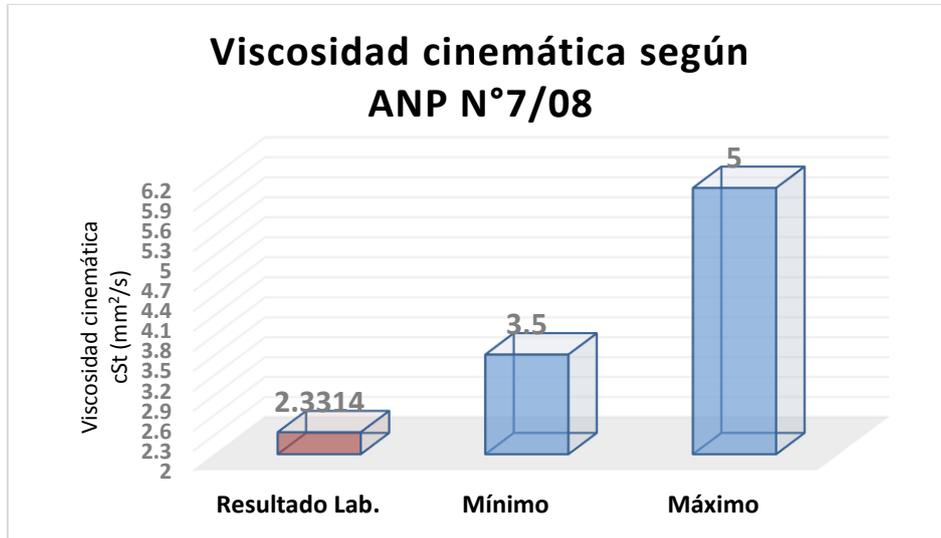


Fuente: Elaboración propia, 2018.

Según el Gráfico 7 la viscosidad cinemática del biocombustible muestra a 40°C con valores de 2,3314 cSt (mm^2/s) se encuentra dentro de los rangos establecidos para la especificación

de ASTM D6751 que establece rangos de 1,9 – 6,0 cSt (mm^2/s), cumpliendo con esta propiedad para la mencionada normativa.

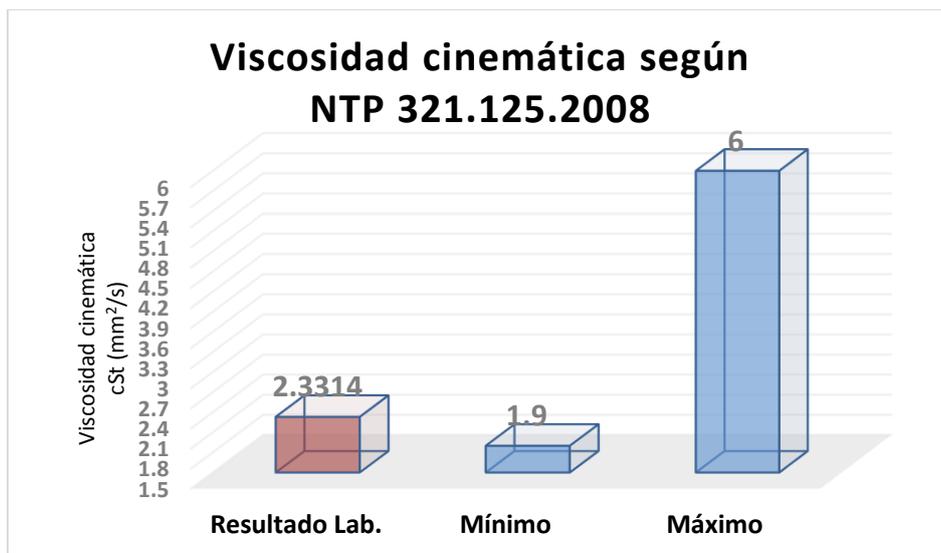
Gráfico 8. Comparación de Viscosidad de biocombustible muestra con ANP N°7/08



Fuente: Elaboración propia, 2018.

Según el Gráfico 8 la viscosidad cinemática del biocombustible muestra a 40°C con valores de 2,3314 cSt (mm^2/s) no se encuentra dentro de los rangos establecidos para la especificación de ANP N°7/08 que establece rangos de 3,5 – 5,0 cSt (mm^2/s).

Gráfico 9. Comparación de Viscosidad de biocombustible muestra con NTP321.125.2008



Fuente: Elaboración propia, 2018.

Según el Gráfico 9 la viscosidad cinemática del biocombustible muestra a 40°C con valores de 2,3314 cSt (mm²/s) se encuentra dentro de los rangos establecidos para la especificación de NTP 321.125.2008 que establece rangos de 1,9 – 6,0 cSt (mm²/s), cumpliendo con esta propiedad para la mencionada normativa.

Por ello, al comparar los valores de viscosidad cinemática a 40°C de la muestra de biocombustible, podemos observar que para las normas EN 14214 y ANP N7/08 no se encuentra el cumplimiento de esta propiedad; pero para las normas ASTM D6751 y NTP 321.125.2008, tenemos el establecimiento de la certificación de cumplimiento de estándares por lo que los rangos se encuentran en 1,9cSt a 6,0cSt.

3.2.6. SEXTA PRUEBA: PODER CALORÍFICO

En la siguiente tabla se observa los datos del poder calorífico de la muestra de biocombustible analizada en el laboratorio de la UNALM y algunos productos ya elaborados, teniendo en cuenta los diferentes rangos de poder calorífico.

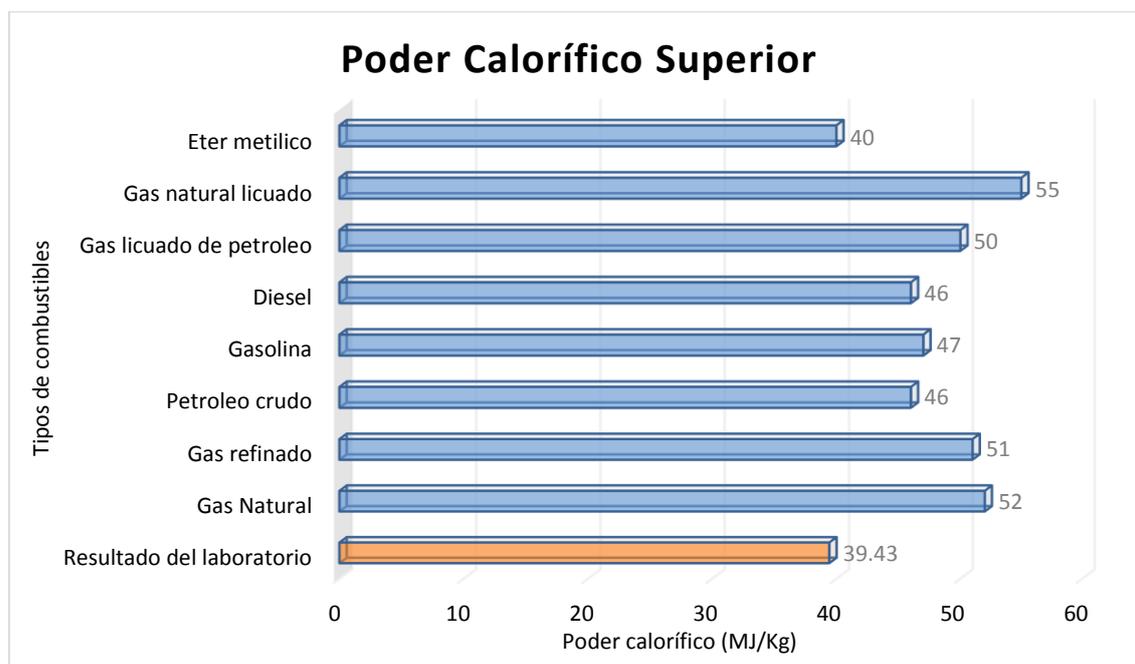
Tabla 31. Comparación del Poder Calorífico de diferentes tipos combustibles

Pruebas realizadas	Unidad	PCI	PCS
Resultado del laboratorio	MJ/kg	39,40	39,43
Gas Natural		47	52
Gas refinado		47	51
Petróleo crudo		43	46
Gasolina		43	47
Diésel		43	46
Gas licuado de petróleo		47	50
Gas natural licuado		49	55
Éster metílico		38	40

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Indicando los valores por tipo de combustible, incluyendo la muestra del presente trabajo de investigación; se obtiene los siguientes gráficos.

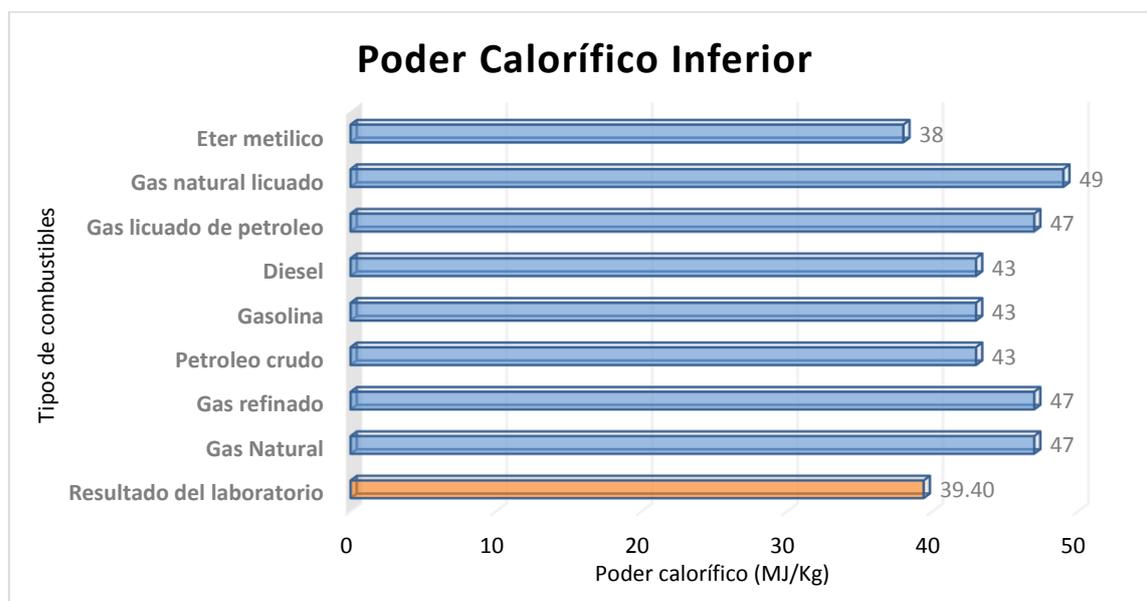
Gráfico 10. Comparación de poder calorífico superior de muestra con otros resultados



Fuente: Elaboración Propia, 2018.

En el gráfico 10 se comparan los valores de PCS de los tipos de combustibles, deduciendo que la muestra de biocombustible a partir de algas marinas *Macrocystis pyrifera* cuenta con un valor de 39,43MJ/kg; siendo comparado con el valor de un éster metílico que obtiene 40MJ/kg, llegando a ser 0,57MJ/kg mayor a la muestra del presente trabajo.

Gráfico 11. Comparación de poder calorífico inferior de muestra con otros resultados



Fuente: Elaboración Propia, 2018.

En cuanto al gráfico 11 se obtiene valores para PCI en cuanto a los distintos tipos de combustibles, entre ellos el de éster metílico que bordea los 38MJ/kg, en comparación con el biocombustible a partir de algas marinas *Macrocystis pyrifera* para PCI de 39.40MJ/kg. En cuanto a la comparación con los otros combustibles, este resultado es más bajo.

Se deduce en cuanto a los dos gráficos de PCS (gráfico 10) y PCI (gráfico 11) que todos los valores de los combustibles están por encima de los rangos en comparación con el resultado de la muestra; pero son cercanos a estos, por lo que tiene una utilización similar, con mayor énfasis para su uso en máquinas de menor potencia, como vehículos, que cumplan las especificaciones. Además, el valor para combustibles de éster metílicos se encuentra en 38MJ/kg a 40MJ/kg, y la muestra de biocombustible en el rango de 39,40MJ/kg a 39,43MJ/kg; encontrándose dentro de los rangos establecidos para Poder calorífico.

3.3. PRODUCCIÓN DE BIOCOMBUSTIBLE:

3.3.1. PRUEBA DE NORMALIDAD

Para la realización de las pruebas de normalidad de las variables es necesario, para este caso el método de Shapiro Wilk, ya que la muestra analizada es menor a 30.

Según Dicoovskyi (2007), la prueba usualmente usada para comprobar la normalidad de las variables es la prueba de Kolmogorov Smimov, que compara las funciones de distribuciones empírica y teórica. La condición para usar este tipo de prueba es que la muestra será grande, sea el caso contrario, se utiliza la prueba de Shapiro Wilk, por lo tanto se procederá a realizar la prueba de normalidad dependiendo de la muestra, además es importante para el análisis tener en cuenta lo siguiente:

Sig \geq 0.05: Adopta Distribución

Sig $<$ 0.05: Adopta distribución no normal

Donde Sig. : Valor o nivel de contraste de la prueba Kolmogorov Smimov

Tabla 32. Normalidad de las variables

Pruebas de normalidad				
Tipo_proceso		Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Biocombustible	Autoclav	,980	3	,726
	Deshidra	,936	3	,510
	Microond	,845	3	,227

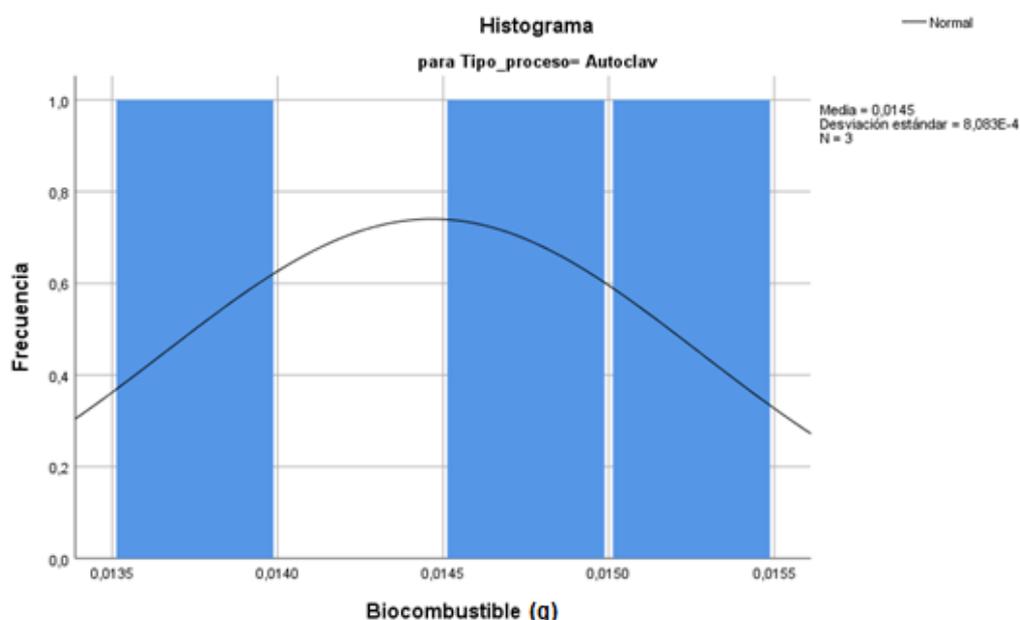
Fuente: Elaboración propia, 2018.

Ho: La función de probabilidades de los volúmenes obtenidos con 30 gramos de algas marinas es la normal.

Ho: La función de probabilidades de los volúmenes obtenidos con 30 gramos de algas marinas no es la normal.

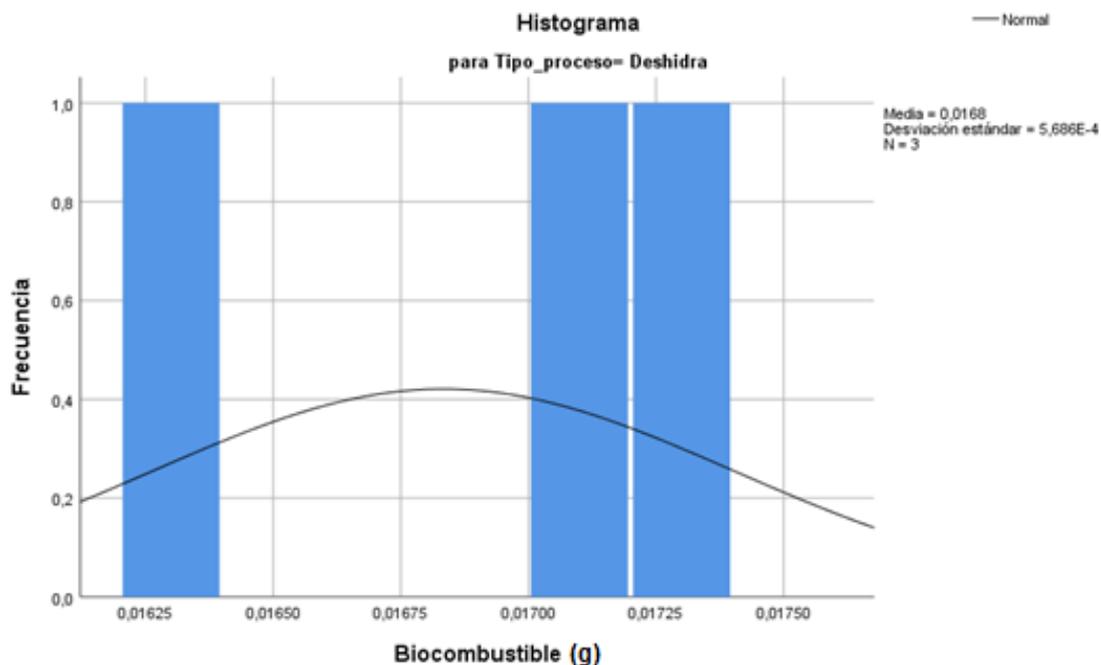
Según la tabla 32 de valores de significancia obtenidos en la prueba de Shapiro-Wilk son mayores a 0,05, teniendo un 95% de confianza se afirma que las variables de biocombustible, clasificadas, por el peso de las algas marinas que se ajustan a la normal. A continuación los histogramas de las variables y los trazos de la función normal se muestran en los siguientes gráficos.

Gráfico 12. Histograma de la variable biocombustible por el proceso de autoclave.



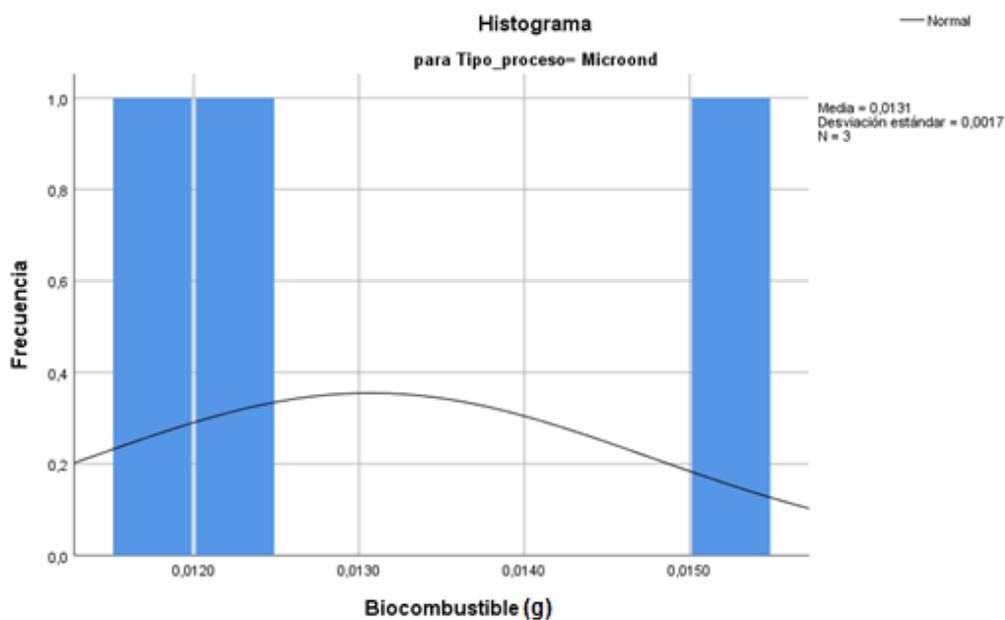
Fuente: Elaboración propia, 2018.

Gráfico 13. Histograma de la variable biocombustible por deshidratación al sol



Fuente: Elaboración propia, 2018.

Gráfico 14. Histograma de la variable Biocombustible por el proceso de microondas.



Fuente: Elaboración propia, 2018.

Tabla 33. Estadísticos de volúmenes por tratamientos de destrucción celular

Descriptivos					
Tipo proceso		Autoclave	Microondas	Deshidratación al sol	
Biocombustible	Media		0,014467	0,013067	0,016833
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	0,012459	0,008878	0,015421
		Límite superior	0,016475	0,017255	0,018246
	Mediana		0,014600	0,012300	0,017000
	Varianza		0,000000653	0,00000284	0,000000323
	Desv. Típica		0,0008083	0,0016862	0,0005686
	Mínimo		0,0136	0,0119	0,0162
	Máximo		0,0152	0,0150	0,0173
	Rango		0,0016	0,0031	0,0011
	Asimetría		-0,722	1,623	-1,206

Fuente: Elaboración propia, 2018.

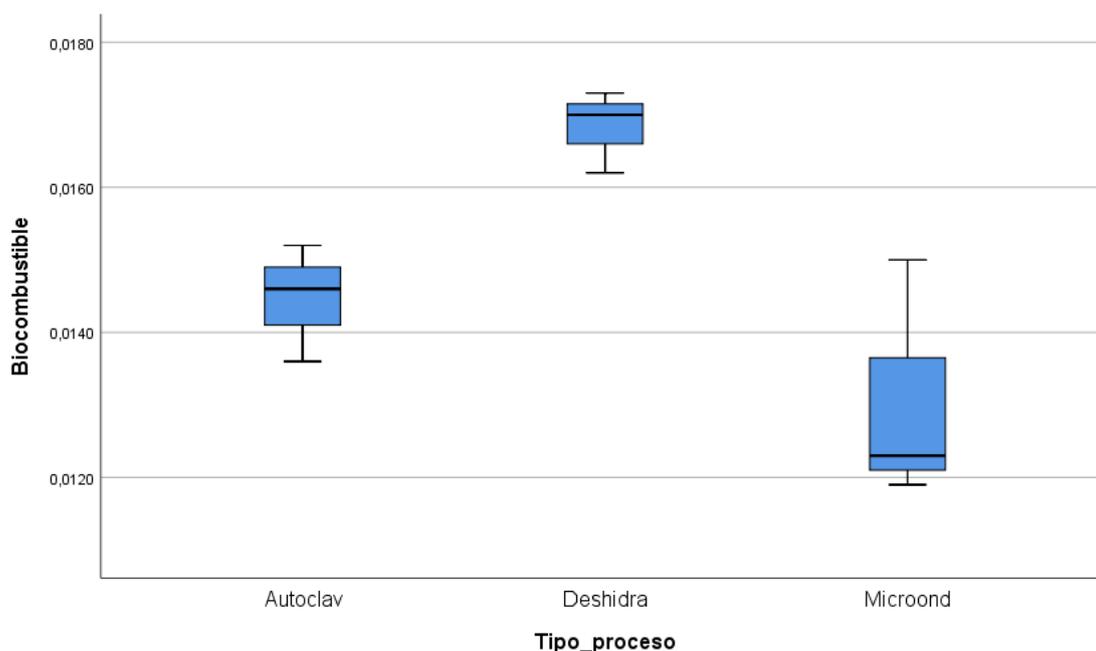
Para el tipo de tratamiento Autoclave, la cantidad de biocombustible producido, se obtuvieron los siguientes estadísticos: teniendo como valor promedio de 0,014467, estimándose un intervalo de confianza poblacional comprendido entre 0,012459 y 0,016475. El valor central o mediana fue 0,0146, siendo la diferencia, entre mediana y media, menor que la desviación estándar. En cuanto a la varianza, esta tiene el valor de 0,000000653, valor cuya raíz cuadrada es la desviación estándar, 0,0008083. El menor de todos los datos fue 0,0136 mientras que el mayor fue de 0,0152, el rango entre el mayor y el menor de los datos es de 0,0016, de la misma manera la asimetría fue igual a -0,722 e indica que la distribución fue asimétrica.

Para el tipo de tratamiento de microondas, la cantidad de biocombustible producido, se obtuvieron los siguientes estadísticos: teniendo como valor promedio de 0,013067, estimándose un intervalo de confianza poblacional comprendido entre 0,008878 y 0,017255. El valor central o mediana fue 0,0123, siendo la diferencia, entre mediana y media, menor que la desviación estándar. En cuanto a la varianza, esta tiene el valor de 0,00000284, valor cuya raíz cuadrada es la desviación estándar, 0,0016862. El menor de todos los datos fue 0,0119 mientras que el mayor fue de 0,0150, el rango entre el mayor y el menor de los datos

es de 0,0031, de la misma manera la asimetría fue igual a 1,623 e indica que la distribución fue asimétrica hacia la derecha.

Para el tipo de tratamiento de deshidratación al sol, la cantidad de biocombustible producido, se obtuvieron los siguientes estadísticos: teniendo como valor promedio de 0,016833, estimándose un intervalo de confianza poblacional comprendido entre 0,015421 y 0,018246. El valor central o mediana fue 0,018246, siendo la diferencia, entre mediana y media, menor que la desviación estándar. En cuanto a la varianza, esta tiene el valor de 0,000000323, valor cuya raíz cuadrada es la desviación estándar, 0,0005686. El menor de todos los datos fue 0,0162 mientras que el mayor fue de 0,0173, el rango entre el mayor y el menor de los datos es de 0,0011, de la misma manera la asimetría fue igual a -1,206 e indica que la distribución fue asimétrica hacia la izquierda.

Gráfico 15. Caja de bigotes de la variable biocombustible obtenidos en diferentes procesos



Fuente: Elaboración propia, 2018.

En la figura se aprecia que la cantidad de biocombustible procesado con el tratamiento de deshidratación al sol es mayor que la cantidad obtenida por los procesos de autoclave y microondas. Verificando la mayor dispersión de cantidad de biocombustible producido se da en los procesos de deshidratación al sol y microondas, aunque para todos procesos se evidencia homogeneidad de los datos de contenido de biocombustible.

IV. DISCUSIÓN

Según Pandey, A.; Lee, D.; Chisti, Y. y Soccol, C, en su libro “Biofuels from algae” (2014), mencionan el uso de los procesos de destrucción celular como proceso previo para una eficiente extracción de lípidos a partir de la extracción de los aceites y las grasas; por ello, los autores deducen que este proceso es de óptima calidad y genera viabilidad para los procesos posteriores en la obtención de biodiesel. Por esto, se realizó la aplicación de los distintos tratamientos para el rompimiento celular, los cuales fueron: la deshidratación al sol, uso de autoclave y microondas; basando su uso en la biomasa de macroalgas *Macrocystis pyrifera*.

En cuanto a lo expuesto sobre las condiciones operativas desarrolladas en el laboratorio, se deduce como el mejor tratamiento la extracción por aplicación de biomasa deshidratada al sol con solvente bencina, para la obtención de sus aceites y grasas; posteriormente pasa por proceso de transesterificación alcalina dando uso de un catalizador alcalino NaOH y el metanol como alcohol; así como lo manifiesta López, L.; Bocanegra, J. Y Malagón, D. en su artículo “Obtención de biodiesel por transesterificación de aceite de cocina usado” (2015), donde afirma q el proceso experimental con inserción de catalizador NaOH al 1% obtuvo mejores resultados para los procesos de transformación de materia prima a biocombustible en base al rendimiento de 98%.

En el caso, del uso del alcohol en el proceso experimental se consideró el uso de metanol 99.99%, así como Rodríguez, A., con su trabajo de tesis “Evaluación de extracción de aceite de microalgas para la producción de biodiesel” (2017), en donde corrobora el resultado eficaz y eficiente del solvente con este tipo de alcohol para la extracción de lípidos de los aceites de la biomasa utilizada.

Para Alva, M. y Cipra, P., en su tesis “Estudio comparativo de los biodiesel, obtenidos a partir de metanol y etanol y su adaptación a escala piloto” (2015), obtuvieron resultados a partir de la ejecución del proceso de transesterificación con muestras de aceites de 3,5L a 4L, en donde se aplicó la variación de la velocidad de agitación, siendo la más recomendable de 900 RPM; en cuanto a la presente investigación, las condiciones operativas en esta última etapa de transformación de aceite a biocombustible, se trabajó para obtener ésteres metílicos

para una muestra de aceite de 250mL con velocidad de agitación de 300 RPM por 45 minutos aplicando la mezcla homogénea del metóxido de sodio con el aceite obtenido, estas variables pueden acondicionarse por la cantidad de muestra de aceite y de reactivos químicos que intervienen en el proceso. La temperatura en esta fase del procedimiento según los autores Alva, M. y Cipra, P., se encuentran viables a la aplicación de temperatura de 65°C con inserción de etanol y 60°C para metanol siendo este último el considerado con mayor rendimiento, por esto se utilizó este mismo alcohol en el presente trabajo y se incluye condiciones de temperatura con rangos de 40 a 42°C por un tiempo de 1 hora, temperatura menor a la que especifica mientras que el tiempo de agitación es mayor a lo citado.

En la etapa de transesterificación del presente trabajo de investigación se utilizó como catalizador el NaOH, resultando en la etapa de lavado una precipitación jabonosa, la que conlleva a causales manuales en esta etapa del proceso, siendo la sustancia jabonosa más difícil de separar del biocombustible final tomando más tiempo aun encontrándose dentro de los límites expuestos; por ello Castellar, G.; Angulo, E. y Cardozo, B., presentaron su artículo “Transesterificación de aceites vegetales empleando catalizadores heterogéneos” (2014), donde concluye que la sustancia jabonosa resultante de la etapa de lavado es común en la fabricación de biocombustible, en donde se use como catalizador el NaOH o KOH, definiendo que el uso de catalizadores sólidos básicos son sensibles en el agua, pero el uso de los catalizadores ácidos presenta demoras en la reacción.

En tanto, para Alva, M. y Cipra, P. en su tesis “Estudio comparativo de los biodiesel, obtenidos a partir de metanol y etanol y su adaptación a escala piloto” (2015), se considera la inserción de metanol en el proceso de transesterificación, por lo cual resulta con viscosidad cinemática a partir de un aceite nuevo de 4,5cSt, similarmente se obtuvo con 4,8cSt para muestras a partir de aceite usado con el mismo alcohol. Es así que, desarrollando la determinación de la viscosidad cinemática a 40°C de la muestra de biocombustible de la presente tesis a partir de aceite nuevo de la macroalga *Macrocystis pyrifera*, se obtienen los resultados de 2,3314 cSt cumpliendo con la normativa específica de ASTM D6751 (1,9-6,0 mm²/s) y NTP 321.125.2008 (1,9-6,0 mm²/s); a diferencia de los resultados que obtuvieron Alva, M. y Cipra, P. (2015) en su trabajo de tesis, por lo cual cumplen con las mismas normativas y especificaciones que el presente trabajo de investigación y además de las normas ANP N°7/08 (3,5-5,0 mm²/s) y EN 14214 (3,5-5,0 mm²/s).

Los resultados en la producción de biocombustible está definido por el total retirado de producto luego del proceso final, del que se obtiene un 100% en base a ingreso de aceite y salida de biocombustible, esto se deduce por el hecho de que se retira el catalizador al realizar el lavado del biocombustible y se elimina la cantidad de agua en el calentamiento final del producto. Por esto, en comparación con los autores López, L.; Bocanegra, J. Y Malagón, D. (2015) en su artículo “Obtención de biodiesel por transesterificación de aceite de cocina usado” que comentan un resultado de 98% de producto final usando el mismo catalizador y alcohol, la experiencia realizada en el presente trabajo de investigación obtuvo 2% más cantidad de biocombustible, considerando la diferencia de tipo de biomasa trabajada.

V. CONCLUSIÓN

- Las condiciones operativas a las que se sometieron las muestras de residuos de flora bentónica para la producción de biocombustible fueron: por destrucción celular, en el que incluye el tratamiento de autoclavado; uso de microondas y por deshidratación al sol; seguido de la extracción de aceites y grasas por extractor Soxhlet con uso del solvente bencina, y finalmente la transesterificación alcalina; de los cuales los resultados obtenidos fueron en función al porcentaje (%) de aceites y grasas contenidos de la alga marina *Macrocystis pyrifera*, siendo estos de: 0,0482% por tratamiento de autoclave, de 0,0397% por tratamiento de microondas, de 0,0561% por deshidratación al sol. Concluyendo que los valores más altos para extracción de aceites y grasas se obtuvieron en las siguientes condiciones operativas: con uso de biomasa con deshidratación al sol con aplicación de bencina.
- La calidad de biocombustible obtenida por tratamientos aplicados en la extracción de aceites y grasas, por solvente bencina, fue definido por las dimensiones de caracterización y determinación del poder calorífico. La caracterización está definida por la densidad de 0,8999 g/mL, viscosidad cinemática a 40°C de 2,3314 cSt (mm²/s), número de acidez 0,344 mg KOH/g, residuo de carbón 0,024 % m/m y cenizas sulfatadas de 0,017 % m/m. Estas propiedades cumplen con la normativa mencionada EN 14214, ASTM D6751, ANP N°7/08 y NTP 321.125.2008, siendo la viscosidad cinemática a 40°C el único parámetro que no cumple con dos normativas: EN 14214 y ANP N°7/08, los que tienen rangos de 3,5-5,0 cSt, presentándose fuera de la especificación. Para la cantidad energética, se determinó el PCS con 39,43 MJ/kg y el PCI de 39,40 MJ/kg; encontrándose dentro de los rangos especificados para los éster metílicos que indican PCI de 38MJ/kg como y 40 MJ/kg para el PCS.
- En función a las precitadas conclusiones, es viable producir biocombustible de algas marinas de especie *Macrocystis pyrifera* en niveles macro con el uso de bencina para un mejor rendimiento y menor tiempo en la extracción de ácidos y grasas; y el uso de un procedimiento de transesterificación alcalina, con catalizadores alcalinos y alcohol de uso metanol, para producción viable de acuerdo al balance de masa del proceso.

VI. RECOMENDACIONES

- Uno de los beneficios del proceso de extracción de aceites y grasas por aplicación del método de Soxhlet, es la circulación del solvente desde la cámara de extracción hacia el balón, y así en formas repetitivas. Por lo que el solvente evaporado y condensado reposaría en la misma cámara y paralelamente se almacena en ella, luego siendo vertida en un deposito cerrado evitando su evaporación en el ambiente. Finalmente, el reuso del solvente se genera en las siguientes pruebas.
- Utilizar biomasa *Macrocystis pyrifera* deshidrata y secada al sol para la producción de biocombustible, generando rendimiento en la cantidad de la extracción de los aceites. Por esto, evitando la adherencia de la polución, humedad y apresurar la deshidratación, puede usarse una cámara cerrada o semiabierta de paneles soleres, donde el vegetal se encuentre en secado con opción manual para la observación.
- Continuar con la investigación a conocer la proporción de los ácidos grasos llevados a mediciones de cromatografía de gases, conociendo en cada muestra de aceite, la porcentualidad de ácidos insaturados o saturados que involucran en la obtención de un biocombustible.
- Llevar el proceso de extracción de lípidos a grandes escalas, para obtener un mejor rendimiento en las extracciones de sus aceites, reducción de los costos y recirculación de agua y solvente utilizado en la cámara extractora del equipo Soxhlet.
- Al evaporar los solventes utilizados y liberando el cartucho con la muestra, la biomasa contenida puede ejercer funciones de mejoramiento de suelos, poniendo en práctica situaciones de bioremediación, por lo que se recomienda continuar con las investigaciones basados en el uso de este residuo de algas marinas *Macrocystis pyrifera*.

VII. REFERENCIAS

- Actualización del Plan de desarrollo urbano de la Ciudad de San Juan de Marcona, 2006-2016. Municipalidad Distrital de Marcona, Equipo Técnico PDU Marcona. Escala: 1:125,000. Marcona, Municipalidad Distrital de Marcona, Equipo Técnico PDU Marcona, 2006. 1 Plano, 100x0.90 cm., col.
- AL COSTA. Biomasa y biocombustibles. [S.l.]: AMV Ediciones, 2013. 210 pp. ISBN: 9788496709751.
- ALGAE biomass: Characteristics and applications por Chojnacka Katarzyna [*et al.*]. Polonia: Springer, 2018. 146 pp. ISBN: 9783319747026.
- ALVA, Manuel y CIPRA, Pedro. Estudio comparativo de los biodiesel, obtenidos a partir de metanol y etanol y su adaptación a escala piloto. Tesis (Ingeniero químico). Trujillo – Perú: Universidad Nacional de Trujillo, 2015. 107 pp.
- ARGIBAY, Juan. Muestra en investigación cuantitativa. *Subjetividad y procesos cognitivos* [en línea]. Vol. 13, n° 1. 2009. [Fecha de consulta: 06 de octubre de 2018]. Disponible en <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=339630252001>. ISSN: 1666-244X.
- Atlas de potencial energético de la biomasa residual en Colombia por ESCALANTE, Humberto [*et al.*]. Bogotá D.C: Bucaramanga, 2011. 180 pp. ISBN: 9789588504599.
- BAIRD, Colin y CANN, Michael. Química ambiental. 2ª ed. Barcelona-España: Editorial REVERTE, 2014. 776 pp. ISBN: 9788429156.
- BARSANTI, Laura y GUALTIERI, Paolo. Algae anatomy, biochemistry, and biotechnology. 2ª ed. Italia: CRC Press, 2014. 344 pp. ISBN 9781439867334.
- BEHAR, Daniel. Metodología de la investigación. [S.l.]: Shalom, 2008. 94 pp. ISBN: 9789592127837
- BIOFUELS from algae por Pandey Ashok [*et al.*]. USA: ELSEVIER, 2014. 338 pp. ISBN 9780444595584.
- BRENNAN, Liam y OWENDE, Philip. Biofuels from microalgae--A review of technologies for production, processing, and extractions of biofuels and co-products. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* [En línea]. Vol. 14, n° 2, Febrero 2010. [Fecha de consulta: 4 octubre 2018]. [s.l.]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032109002408>. ISSN: 557-577.

- CAMPS, Manuel y MARCOS, Francisco. Los biocombustibles. 2ª ed. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, 2008. 384 pp. ISBN: 9788484763604.
- CASTELLAR, Grey, ANGULO, Edgardo y CARDOZO, Beatriz. Transesterificación de aceites vegetales empleando catalizadores heterogéneos. *Prospect* [En línea]. Vol. 12, n° 2, Junio 2014. [Fecha de consulta: 20 abril 2018]. Barranquilla, Colombia. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/prosp/v12n2/v12n2a10.pdf> . ISSN: 1692-8261.
- CASTRO, Paula, COELLO, Javier y CASTILLO, Liliana. Opciones para la producción y uso del biodiesel en el Perú. [Perú]: Soluciones prácticas-ITDG, 2007. 176 pp. ISBN: 9789972471390.
- Comparison of several methods for effective lipid extraction from microalgae por LEE, Jae-Yon; YOO [et al.]. *Bioresource Technology*. Vol. 101, n° 1. Junio de 2010. [Fecha de consulta: 9 setiembre de 2018]. República de Corea. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960852409003149>. ISSN: 0960-8524.
- Composición química y algunas actividades biológicas de algas marinas recolectadas en Túnez por FRIKHA, F. [et al.]. *Ciencias marinas* [En línea]. Vol. 37, n° 2. Junio de 2011. [Fecha de consulta: 25 agosto de 2018]. Túnez. Disponible en http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-38802011000200001. ISSN: 0185-3880.
- COPMAR. Comunidad Pesquera Artesanal de Marcona - COPMAR, Costa Sur de Perú. [CD-ROM]. Ica, Perú. 8 setiembre 2017.
- D.S. N° 015-2003-PRODUCE. Diario Oficial El Peruano. Lima, Perú. 29 de mayo de 2003.
- D.S. N° 024-2009-MINAM. Establecimiento de la Reserva Nacional Sistema de Islas, Islotes y Puntas Guaneras. Diario Oficial El Peruano. Lima, Perú. 31 de diciembre del 2009.
- D.S. N° 038-2001-AG. Reglamento de la Ley de Áreas Naturales Protegidas. Diario Oficial El Peruano. Lima, Perú, 22 de junio del 2001.
- FERNÁNDEZ, José. Guía completa de la biomasa y los combustibles. [Madrid, España]: AMV Ediciones, 2010. 336 pp. ISBN: 9788496709621.
- FRAC, Magdalena, JEZIERSKA-TYS, Stefania y TYS, Jerzy. Microalgae for biofuels production and environmental applications: A review. *African Journal of Biotechnology*. [En línea]. Vol. 9, n° 54. 27 de diciembre de 2010. [Fecha de consulta: 6 setiembre de

- 2018]. Polonia. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/228871608_Microalgae_for_biofuels_production_and_environmental_applications_A_review. ISSN 1684–5315.
- GLEMBIN, Philipp, KERNER, Martin y SMIRNOVA, Irina. Cloud point extraction of microalgae cultures. *Separation and Purification Technology* [En línea]. Vol. 103. 15 junio de 2013. [Fecha de consulta: 15 octubre de 2018]. Alemania. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1383586612005503>. ISSN: 1383-5866.
 - GOHAIN, Minakshi, CHUTIA, Swagat y DEKA, Dhanapati. Microalgal Biomass Production and Oil Extraction for Algae Biodiesel Production – A Review. *Journal of Energy Research and Environmental Technology* [En línea]. Volumen 4. 1 enero de 2017. [Fecha de consulta: 03 octubre de 2018]. Assam, India. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/317042399>. ISSN: 2394-1561.
 - GONZÁLEZ, Angel, KAFAROV, Viatcheslav y GUZMÁN, Alexander. Desarrollo de métodos de extracción de aceite en la cadena de producción de biodiesel a partir de microalgas. *Revista Activa* [En línea]. Vol. 7, n° 2. 2 julio-diciembre de 2009. [Fecha de consulta: 8 de setiembre de 2018]. Colombia. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=496250976007>. ISSN: 1692-8261.2009.
 - GUERRERO, Guadalupe y GUERRERO, Concepción. Metodología de la investigación. México: Patria, 2014. 177 pp. ISBN: 9786077440048.
 - HALIM, Ronald, DANQUAH, Michael y WEBLEY, Paul. Extraction of oil from microalgae for biodiesel production: A review. *Biotechnology Advances*. [En línea]. Vol. 30, n° 3. Mayo-Junio de 2012. [Fecha de consulta: 27 setiembre de 2018]. Australia. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0734975012000031>. ISSN: 0734-9750.
 - CHAVERRA, Gloria e HINCAPIÉ, Margarita. Diagnóstico de aguas. Medellín, Colombia: Universidad de Medellín, 2015. 206 pp. ISBN: 9789588815671.
 - HERNÁNDEZ, Roberto, FERNÁNDEZ, Carlos y BAPTISTA, María. Metodología de la investigación. 6ta Ed. México D.F.: Mc Graw Hill, 2014. 599 pp. ISBN: 9781456223960.
 - ICON-INSTITUT, ed. PROYECTO UE-PERU/PENX: Estudio de investigación de poblaciones y de las condiciones de viabilidad ecológica de las actividades extractivas de

- algas pardas e invertebrados en la zona costera sur, en apoyo a la investigación y desarrollo del instituto del mar del Perú (IMARPE). Lima, Perú: [s.n.], 2009. 90 pp.
- INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ – IMARPE. Estudios sobre macroalgas pardas en el sur del Perú 2011-2015. Callao, Perú. Setiembre de 2012. ISSN 0378-7702.
 - KNOTHE, Gerhard. Calidad del combustible biodiésel y la norma ASTM. *Revista Palmas* [En línea]. Vol. 31, n° 4. 2010. [Fecha de consulta: 29 setiembre 2018]. USA. Disponible en <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/1563>. ISSN: 0121-2923.
 - LAZCANO, César. Biotecnología ambiental de aguas y aguas residuales. Lima: UNMSM. 2014. 552 pp. ISBN: 978-9972-46-535-2.
 - Ley N° 26834 de Áreas Naturales Protegida. Diario Oficial El Peruano. Lima, Perú, 17 de junio del 1997.
 - Ley N° 25977 de General de Pesca. Diario Oficial El Peruano. Lima, Perú, 21 de diciembre del 1992.
 - LÓPEZ, Luisa, BOCANEGRA, Jenny y MALAGÓN, Dionisio. Obtención de biodiesel por transesterificación de aceite de cocina usado. *Ing. Univ.* [En línea]. Vol. 19, n° 1. Enero-Junio de 2015. [Fecha de consulta: 30 agosto de 2018]. Bogotá, Colombia. Disponible en: http://dehesa.unex.es/bitstream/handle/10662/326/TDUEX_2012_Pardal.pdf?sequence=1. ISSN: 0123-2126.
 - LÓPEZ, Pedro. 2004. Población muestra y muestreo. *Punto cero* [En línea]. Vol. 9, n° 8. 2004. [Fecha de consulta: 13 setiembre de 2018]. Cochabamba. Disponible en: http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-02762004000100012. ISSN: 1815-0276.
 - Formación profesional en energías renovables por Madrid Ana [*et al.*]. Madrid: AMV Ediciones, 2015. 461 pp. ISBN: 9788494285073.
 - Manual de biocombustible por León, José [*et al.*]. Perú: [s.n.], 2009. 206 pp. ISBN: 9789292481216.
 - NANOMATERIALS in Plants, Algae, and Microorganisms por KUMAR Durgesh *et al.* Reino Unido: ELSEVIER, 2018. 524 pp. ISBN: 9780128114872.
 - NAKAMURA, Yuki y Li-Beisson Yonghua. Lipids in Plant and Algae. Londres: ESPRINGER, 2016. 533 pp. ISBN 9783319259772.

- NORIEGA, Cristóbal. Algas marinas para la alimentación de los peruanos. *Turismo y patrimonio* [En línea]. Perú. Vol. 10, n° 10, 20 julio 2016. [Fecha de consulta: 22 agosto de 2018]. Disponible en: <http://ojs.revistaturismoypatrimonio.com/index.php/typ/article/view/25>. ISSN 1680-9556.
- PALOMINO, Alejandra. Extracción de aceite de microalga. Tesis (Ingeniera química). Santiago de Cali – Colombia: Universidad del Valle, 2013. 99 pp.
- PEÑA, Enrique y SALGADO, Hernel. Ficología aplicada. Cali, Colombia: Programa Editorial Universidad del Valle, 2016. 168 pp. ISBN: 9789587652833.
- PÉREZ, María y QUISHPI, Jenny. Evaluación cuantitativa de la producción de biodiesel de microalgas de lagunas de tratamiento de agua residual. Tesis (Ingeniero civil). Cuenca-Ecuador: Universidad de Cuenca, 2014. 121 pp.
- PINGLO, Ivonne y VALENCIA, Maria. Proyecto de pre-factibilidad de instalación de una planta de producción de biodiesel a partir de algas marinas. Tesis (Ingeniero químico). Lambayeque – Perú: Universidad Pedro Ruíz Gallo, 2016. 177 pp.
- POMA, Karin. Evaluación de la calidad del diésel 2 basado en sus propiedades cetánicas. Tesis (Ingeniero petroquímico). Lima – Perú: Universidad Nacional de Ingeniería, 2004. 117 pp.
- ORTIZ, Jaime. Composición nutricional y funcional de algas pardas Chilenas: *Macrocystis pyrifera* y *Durvillaea antarctica*. Tesis (Ingeniero químico). Chile: Universidad de Chile, 2011. 130 pp.
- RODRIGUEZ, Andrea. Evaluación de métodos de extracción de aceite de microalgas para la producción de biodiesel. Tesis (Ingeniera en biotecnología de los recursos naturales). Cuenca: Universidad Politécnica Salesiana, 2017. 103 pp.
- R.P. N° 048-2016-SERNANP, Plan Maestro de la RNSIIPG 2016-2020. Diario Oficial El Peruano. Lima-Perú. 29 de febrero de 2016.
- SAN MIGUEL, Guillermo y GUTIERREZ, Fernando. Tecnologías para el uso y transformación de biomasa energética. España: Mundi-Prensa, 2015. 456 pp. ISBN: 9788484766742.
- SAHOO, Dinabandhu y SECKBACH, Joseph. The algae world. New York: SPRINGER, 2015. 598 pp. ISSN 1566-0400.

- SARMIENTO, Claudia. Plan Estratégico Ecoturístico de la Reserva Nacional Punta San Juan y las playas en el distrito de Marcona, Provincia de Nazca, Región Ica (2018 – 2022). Tesis (Economista). Arequipa-Perú: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, 2017. 203 pp.
- SALAVARRÍA, Erika. Análisis de la variabilidad genética de *Macrocystis spp.* (laminariales) en costa centro sur del Perú, empleando marcadores mitocondriales. Tesis (Magister scientiae en ecología aplicada). Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina, 2014. 110 pp.
- SALAZAR, Luis. Evaluación de métodos de extracción de aceite de microalgas para la producción de biodiesel. Tesis (Ingeniero Industrial y de Sistemas). Piura: Universidad de Piura, 2012. [131] pp.
- SINGH, Bhaskar, BAUDDH, Kuldeep y BUX, Faizal. Algae and Environmental Sustainability. USA: Springer, 2015. 185 pp. ISBN 978-81-322-2639-0.
- SERRATO, Christian y LESMES, Verónica. Metodología Para el cálculo de energía extraída a partir de la biomasa en el Departamento de Cundinamarca. Tesis (Ingeniero eléctrico). Bogotá, Colombia: Universidad distrital Francisco José de Caldas. 2016. 79 pp.
- THAJUDDIN, Nooruddin y DHANASEKARAN, Dharumadurai. Algae: Organisms for Imminent Biotechnology. [s.l.]: ExLi4EvA, 2016. 330 pp. ISBN: 9789535124320.
- TEJADA, Lesly, HENAO, Daniela, ALVEAR, Mario y CASTILLO, C. Caracterización y perfil lipídico de aceites de microalgas. *Revista Facultad de Ingeniería, Universidad de Cartagena* [En línea]. Vol. 24, n° 39. Mayo-Agosto 2015. [13 de setiembre de 2018]. Cartagena, Colombia. Disponible en <http://www.scielo.org.co/pdf/rfing/v24n39/v24n39a05.pdf>. ISSN 0121-1129.
- WIDJAJA, Arief, CHIEN, Chao-Chang y JU, Yi-Hsu. Study of increasing lipid production from fresh water microalgae *Chlorella vulgaris*. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers* [En línea]. Vol. 40, n° 1. 1 Julio de 2008. [15 de setiembre de 2018]. Taiwán. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/222969803_Study_of_increasing_lipid_production_from_fresh_water_microalgae_Chlorella_vulgaris. ISSN: 1876-1070.
- Bahía de San Juan de Marcona, evaluación de algas pardas temporada 2008. ICON- INSTITUT. Escala: 1:5,000. Proyección: Universal transversal Mercator (UTM). Lima: ICON- INSTITUT, 2009. 1 mapa, col., 40 x 30 cm.

- ZULETA, Ernesto [*et al.*]. Obtención de biodiesel por transesterificación de aceite crudo de Palma africana (*Elais guineensis*) con etanol. *Revista del Instituto de Energía, Facultad de Minas* [En línea]. n° 38. Diciembre del 2017. [Fecha de consulta: 6 setiembre de 2018]. Medellín, Colombia. Disponible en <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=147019791008>. ISSN: 0120-9833.

ANEXOS

Anexo 1. CD-ROM. Información con fecha 8 setiembre 2017 – Ica, Perú. Publicado por: COPMAR

Anexo 2. Matriz de consistencia

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	Unidad/Escala de medición
Son organismos eucarióticos unicelulares y pluricelulares y realizan el ciclo de la fotosíntesis (Lazcano, 2014, p. 214); exponiendo al sol los cloroplastos, por medio de las hojas y tallos de las plantas, absorbiendo la energía luminosa la que se convierte en energía química (Madrid et al., 2015, p. 138).	GENERAL Producir adecuadamente biocombustible a partir de los residuos de flora bentónica del distrito de Marcona, 2018.	GENERAL Hi: La producción de biocombustible es adecuada a partir de los residuos de flora bentónica del distrito de Marcona, 2018. Ho: La producción de biocombustible no es adecuada a partir de los residuos de flora bentónica del distrito de Marcona, 2018.	INDEPENDIENTE: Residuos de flora bentónica (Algas marinas <i>Macrocystis pyrifera</i> o Sargazo).		Las algas marinas actúan como fuente de energía transformando la energía luminosa en energía química, obteniéndose a través de procesos físico-químicos llevados a laboratorio.	Características físicas	Color	Pardas
							Biomasa	<i>Macrocystis</i>
							Humedad	%
							Masa	g
						Propiedades químicas	Proteínas	%
							Lípidos	%
							Cenizas	%
							E.N.N.	%
							Ácidos grasos total saturados	%
							Ácidos grasos monoinsaturados	%
Ácidos grasos poliinsaturados	%							

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	Unidad/Escala de medición
<p>ESPECÍFICO</p> <ul style="list-style-type: none"> ¿Cuáles son las condiciones operativas en las que se someterán los residuos de flora bentónica para la producción de biocombustible? ¿Qué calidad de biocombustible se produce a partir de las muestras de residuos de flora bentónica? 	<p>ESPECÍFICO</p> <ul style="list-style-type: none"> Definir las condiciones operativas en las que serán sometidas los residuos de flora bentónica para la producción de biocombustible. Determinar la calidad de biocombustible a partir de las muestras de residuos de flora bentónica. 	<ul style="list-style-type: none"> Las condiciones operativas para la producción de biocombustible a partir de los residuos de flora bentónica serán los de temperatura o potencia y tiempo en la destrucción celular; la solución química para el proceso de extracción de aceite y el uso de alcohol y catalizador para la etapa final de transesterificación. La calidad del biocombustible a partir de las muestras de flora bentónica se demuestran por la evaluación de su caracterización en comparación con la normativa publicada. 	DEPENDIENTE: Producción de biocombustible	Los biocombustibles son fuentes de energía que se obtienen a partir de la destrucción celular con el objetivo de liberar lípidos, promoviendo la factibilidad hacia el producto final (Zuleta, 2007, p. 48). Este tipo de combustible permite a la sociedad tener una fuente autosuficiente, no agresiva al medioambiente, y que alimente plenamente de energía a sus actividades. (Al Costa, 2013, p. 45).	La producción de biocombustible a partir de biomasa algal es obtenida por procesos de destrucción celular, facilitando la liberación de los lípidos y posteriormente la óptima extracción de aceite a través del solvente orgánico que se evapora y condensa por el método Soxhlet. En la etapa final de transesterificación se usará un alcohol alcalino y un catalizador, con lo obtenido deducimos la calidad del biocombustible generado.	Destrucción celular: autoclave, microondas y deshidratación natural	Tiempo	min.
							Temperatura	°C
							Potencia	W
						Caracterización de biocombustible	Densidad	g/mL
							Viscosidad 40°C	cSt
							Número de acidez	mg KOH/g
							Residuo de carbón	% m/m
						Cantidad energética	Cenizas sulfatadas	% m/m
							Poder Calórico Superior	MJ/l
						Poder Calórico Inferior	MJ/l	

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Anexo 3. Ficha de registro de muestreo de residuos de flora bentónica

	<p>"PRODUCCIÓN DE BIOCOMBUSTIBLE A PARTIR DE RESIDUOS DE FLORA BENTÓNICA DEL DISTRITO DE MARCONA, 2018"</p>
<p>DATOS DEL EVALUADOR</p>	
<p>Nombres y apellidos: <u>KAREN MELISSA AMAYA APAZA</u> Facultad e institución: <u>INGENIERÍA AMBIENTAL - UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO</u> e-mail: <u>karen_2005_13@hotmail.com</u></p>	
<p>DATOS DEL LUGAR DE MUESTREO</p>	
<p>Fecha: <u>14/10/2018</u> Zona: <u>Playa "7 huecos"</u> Provincia: <u>Nazca</u> Distrito: <u>Marcona</u> Departamento: <u>Ica</u> Coordenadas UTM: <u>15°24'29.32" S – 75°07'12.46" O</u></p>	
<p>DATOS DE LA MUESTRA</p>	
<p>Tipo de muestreo: <u>No probabilístico</u> Tipo de residuo: <u>Vegetal, macroalga <i>Macrocystis pyrifera</i></u> Peso de biomasa recolectada: <u>540g</u></p>	<p>Instrumentos de muestreo: <u>Bolsa ziplock</u> <u>Guantes</u> <u>Cuchilla</u> <u>Guantes</u></p>
<p>IMAGEN</p>	

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Anexo 4. Ficha de registro de características físicas de muestras algales

		"PRODUCCIÓN DE BIOCOMBUSTIBLE A PARTIR DE RESIDUOS DE FLORA BENTÓNICA DEL DISTRITO DE MARCONA, 2018"	
LUGAR DE REGISTRO:		Laboratorio UCV - Lima Norte	
RESPONSABLE:		Karen Amaya Apaza	
Cracterísticas físicas		Resultados observacionales	
Biomasa		Alga marina, especie <i>Macrocystis pyrifera</i>	
Color	Planta	Parda	
	Aceite de alga	Autoclavado:	Verde
		Microondas:	Verde
		Deshidratación al sol:	Transparente
Tratamiento de destrucción celular	Nº de repet.	Características físicas según inserción de solvente	
		Para solvente Bencina	
		Físicas	
		Peso (g)	Humedad (%)
Autoclave	Aut-1	30.00	90.50
	Aut-2	30.02	90.31
	Aut-3	30.01	90.44
Microondas	Mic-1	30.00	90.93
	Mic-2	30.02	90.11
	Mic-3	30.00	90.83
Deshidratación al sol	Des-1	30.00	83.26
	Des-2	30.00	83.30
	Des-3	30.00	83.26

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Anexo 5. Ficha de registro de características químicas de muestras algales

 UCV UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO	"PRODUCCIÓN DE BIOCOMBUSTIBLE A PARTIR DE RESIDUOS DE FLORA BENTÓNICA DEL DISTRITO DE MARCONA, 2018"
LUGAR DE REGISTRO:	<u>Laboratorio Bioquímica, UCV - Lima Norte</u>
RESPONSABLE:	<u>Karen Amaya Apaza</u>
Indicadores	Contenido (%)
Proteínas	13.2 ± 0.0
Lípidos	0.7 ± 0.1
Cenizas	10.8 ± 0.3
E.N.N.	75.3 ± 0.2
Ácidos grasos total saturados	22.78 ± 0.62
Ácidos grasos monoinsaturados	25.17 ± 0.15
Ácidos grasos poliinsaturados	51.41 ± 0.56

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Anexo 6. Ficha de registro de indicadores para muestras con destrucción celular y secas

 UCV UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO	"PRODUCCIÓN DE BIOCOMBUSTIBLE A PARTIR DE RESIDUOS DE FLORA BENTÓNICA DEL DISTRITO DE MARCONA, 2018"					
LUGAR DE REGISTRO:	<u>Laboratorio Química de UCV - Sede Norte</u>					
RESPONSABLE	<u>Karen Amaya Apaza</u>					
Tratamiento de destrucción celular	N° de repet.	Indicadores				
		Para solvente Bencina				
		<i>Tiempo</i>	<i>Temperatura (°C)</i>	<i>Potencia (W)</i>	<i>Peso con destrucc. (g)</i>	Peso de secado (g)
Autoclave	Aut-1	5 min.	121	-	28.7355	2.85
	Aut-2	5 min.	121	-	28.0938	2.91
	Aut-3	5 min.	121	-	28.7741	2.87
Microondas	Mic-1	2 min.	-	100	27.9547	2.72
	Mic-2	2 min.	-	100	28.0676	2.97
	Mic-3	2 min.	-	100	28.4733	2.75
Deshidratación al sol	Des-1	4 días	21	-	-	5.02
	Des-2	4 días	21	-	-	5.01
	Des-3	4 días	21	-	-	5.02

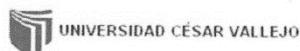
Fuente: Elaboración propia, 2018.

Anexo 7. Ficha de registro de resultados obtenidos por laboratorio

	"PRODUCCIÓN DE BIOCOMBUSTIBLE A PARTIR DE RESIDUOS DE FLORA BENTÓNICA DEL DISTRITO DE MARCONA, 2018"			
LUGAR DE REGISTRO:		Laboratorio Energías renovables de UNALM		
RESPONSABLE:		Karen Amaya Apaza		
Muestra	Resultados de laboratorio			
	Parámetros de calidad	Indicadores	Unidades	Resultado
Con deshidratación al sol	Caracterización de biocombustible	Número de acidez	mg KOH/g	0,344
		Residuo de carbón	% m/m	0,024
		Cenizas sulfatadas	% m/m	0,017
	Cantidad energética	Poder Calorífico Superior	MJ/kg	39,43
		Poder calorífico Inferior	MJ/kg	39,40
LUGAR DE REGISTRO:		Laboratorio de química de UCV - Sede Lima Norte		
RESPONSABLE:		Karen Amaya Apaza		
Muestra	Resultados de laboratorio			
	Parámetros de calidad	Indicadores	Unidades	Resultado
Con deshidratación al sol	Caracterización de biocombustible	Densidad	g/mL	0,8999
		Viscosidad cinemática a 40°C	cSt	2,3314

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Anexo 8. Ficha 01 de Validación de instrumentos



VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

1.1. Apellidos y Nombres: **QUINTANA PAETÁN, SIGFREDO ALEXANDER**

1.2. Cargo e institución donde labora: *Docente UCV.*

1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: *Instrumentos de recolección de datos*

1.4. Autor(A) de Instrumento: AMAYA APAZA, KAREN MELISSA

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

ITEM	CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
			40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
01	CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.													X
02	OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												X	
03	ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												X	
04	ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.													X
05	SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												X	
06	INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.													X
07	CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												X	
08	COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												X	
09	METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.													X
10.	PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												X	

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

Si

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

97 %

Lima, 08 de junio de 2018


FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE
 CQP 596

DNI No. *07491144* Telf.: *970914334*

Anexo 9. Ficha 02 de Validación de instrumentos



VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Dela Cruz Dora Rosa Lina
 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente - UCV
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Instrumento de Recolección de datos
 1.4. Autor(A) de Instrumento: AMAYA APAZA, KAREN MELISSA

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

ITEM	CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
			40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
01	CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
02	OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												X	
03	ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
04	ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
05	SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
06	INTENCIONALIDAD AD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										X			
07	CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
08	COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
09	METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10.	PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

Si

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

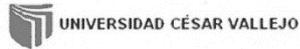
90 %

Lima, 08 de junio de 2018

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI No. 08506832 Telf.: 0190201205

Anexo 10. Ficha 03 de Validación de instrumentos



VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **CERMEÑO CASTROMONTE, CECILIA LIBIA**
 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente UCV
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Instrumentos de Recolección de datos
 1.4. Autor(A) de Instrumento: AMAYA APAZA, KAREN MELISSA

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

ITEM	CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE					
			40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100		
01	CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.															X
02	OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.															X
03	ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.															X
04	ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.															X
05	SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales															X
06	INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.															X
07	CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.															X
08	COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.															X
09	METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.															X
10.	PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.															X

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

X

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

97 %

Lima, 08 de junio de 2018

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI No..... Telf: 991 857 964

Anexo 11: Identificación de área de estudio, Playa “7 huecos”



Figura 30. Playa “7 huecos”, Marcona-Ica; presencia de algas *Macrocystis pyrifera*.

Anexo 12: Pesado muestras iniciales en laboratorio



Figura 31. Pesado de muestras frescas en cajas Petri y uso de la balanza analítica.

Anexo 13: Muestras aplicando métodos de destrucción celular y secadas por estufa, según corresponda.

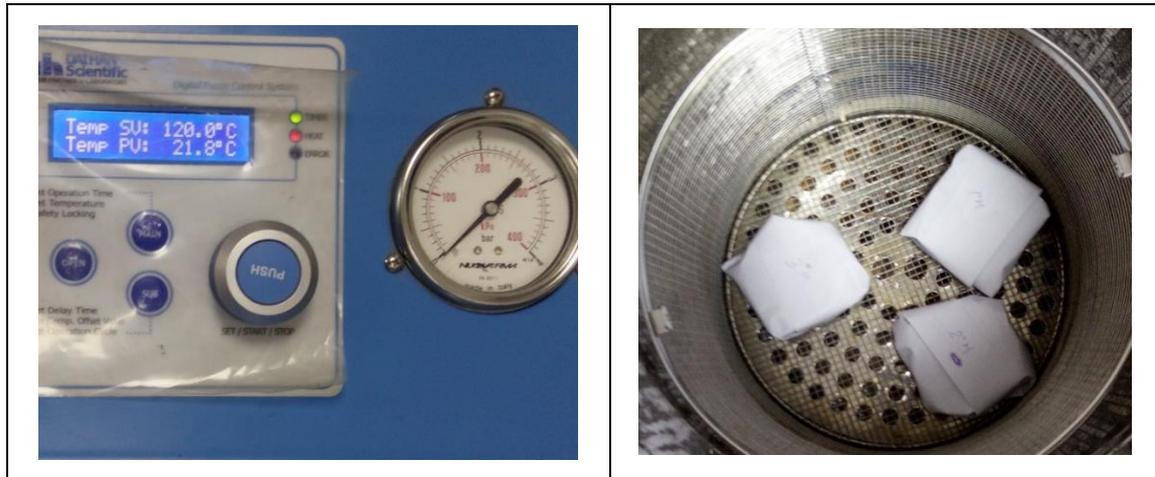


Figura 32. Manipulación de Autoclave marca Daihan Scientific, modelo MaXterile60.

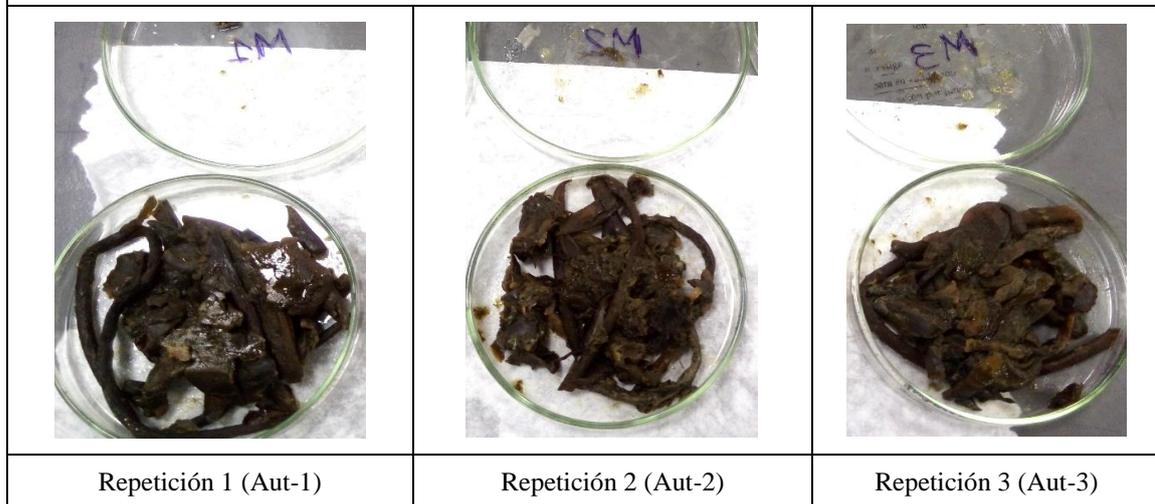


Figura 33. Muestras ya aplicando la destrucción celular por método de autoclave.

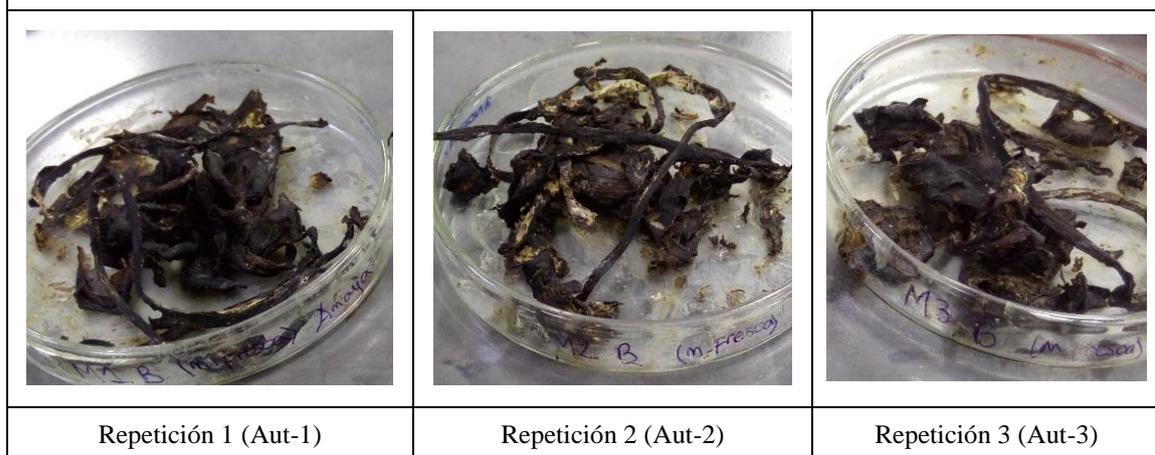


Figura 34. Muestras secas por estufa, posterior al paso de aplicación por autoclave.



Figura 35. Muestras ya aplicando la destrucción celular por método de microondas.

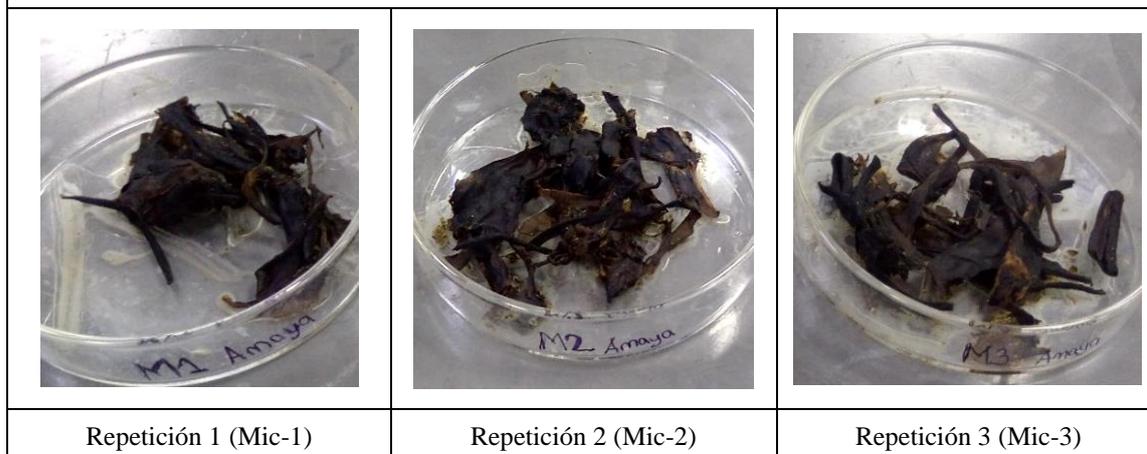


Figura 36. Muestras secas por estufa, posterior al paso de aplicación por microondas.

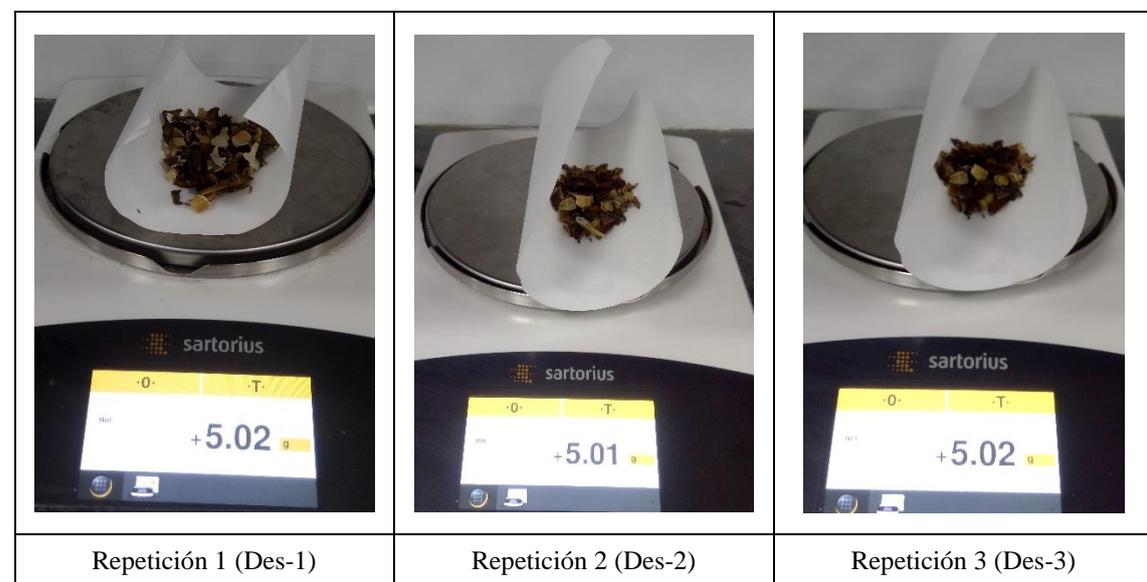


Figura 37. Pesado de muestras deshidratadas al sol, con uso de balanza analítica.

Anexo 14: Paso de trituración de muestras y compacto en cartucho.



Anexo 15: Extracción de aceites por muestra generada.

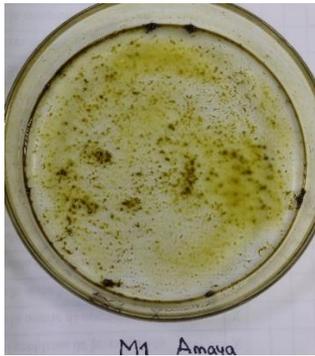
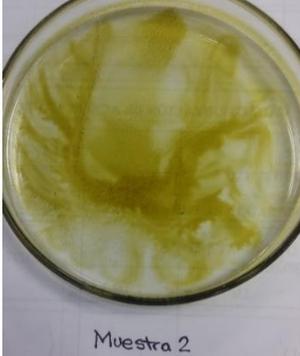


Figura 39. Armado de agitador magnético y extractor Soxhlet:

El que consta de: balón, cámara extractora (a éste se vierte el solvente bencina) y el refrigerante, este último consta de boca de ingreso y salida para la instalación de mangueras que intervienen en la circulación del agua.

		
Muestra ejemplo con proceso Autoclave (Aut)	Muestra ejemplo con proceso Microondas (Mic)	Muestra ejemplo con proceso Deshidratación natural (Des)
Figura 40. Evaporación del solvente bencina en estufa.		

		
Repetición 1 (Aut-1)	Repetición 2 (Aut-2)	Repetición 3 (Aut-3)
Figura 41. Peso de Aceite + Caja Petri, muestras con aplicación de autoclave.		

		
Repetición 1 (Aut-1)	Repetición 2 (Aut-2)	Repetición 3 (Aut-3)
Figura 42. Muestras de aceite de algas marinas de especie <i>Macrocystis p.</i> , por autoclave.		

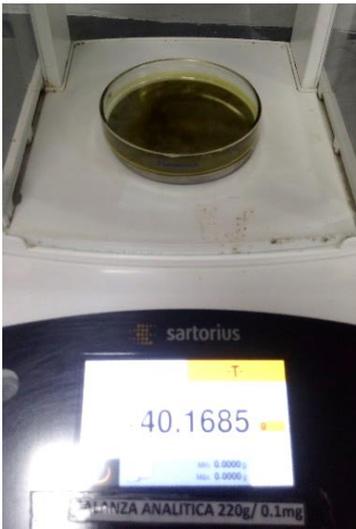
		
Repetición 1 (Mic-1)	Repetición 2 (Mic-2)	Repetición 3 (Mic-3)

Figura 43. Peso de Aceite + Caja Petri, muestras con aplicación de microondas.

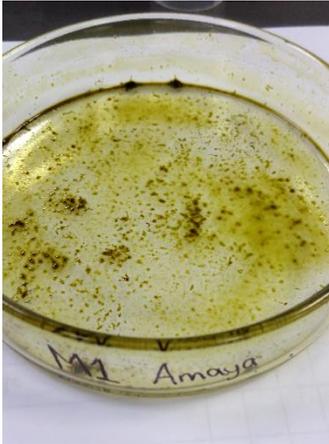
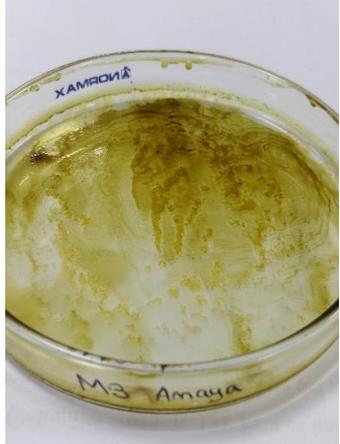
		
Repetición 1 (Mic-1)	Repetición 2 (Mic-2)	Repetición 3 (Mic-3)

Figura 44. Muestras de aceite de algas marinas de especie *Macrocystis pyrifera*, por microondas.

		
Repetición 1 (Des-1)	Repetición 2 (Des-2)	Repetición 3 (Des-3)

Figura 45. Peso de Aceite + Caja Petri, con aplicación de deshidratación natural.

		
Repetición 1 (Des-1)	Repetición 2 (Des-2)	Repetición 3 (Des-3)

Figura 46. Muestras de aceite de algas marinas *Macrocystis pyrifera*, por deshidratación natural.

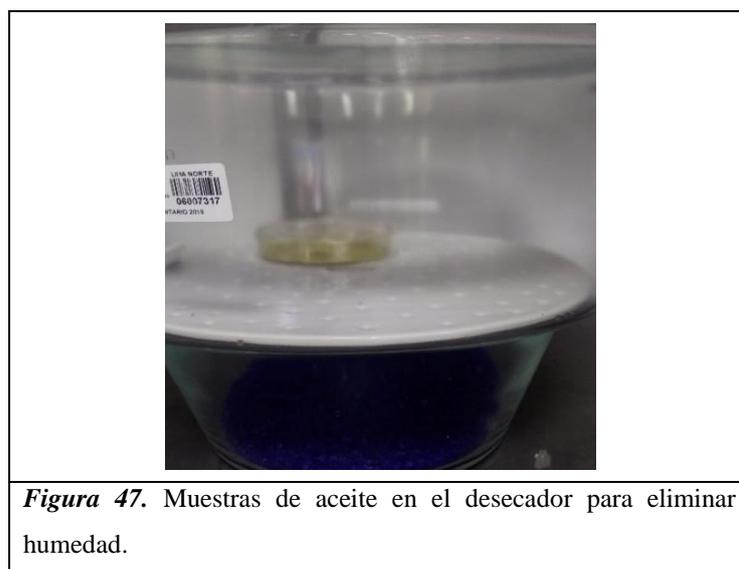


Figura 47. Muestras de aceite en el desecador para eliminar humedad.

Anexo 16: Preparación de biocombustible

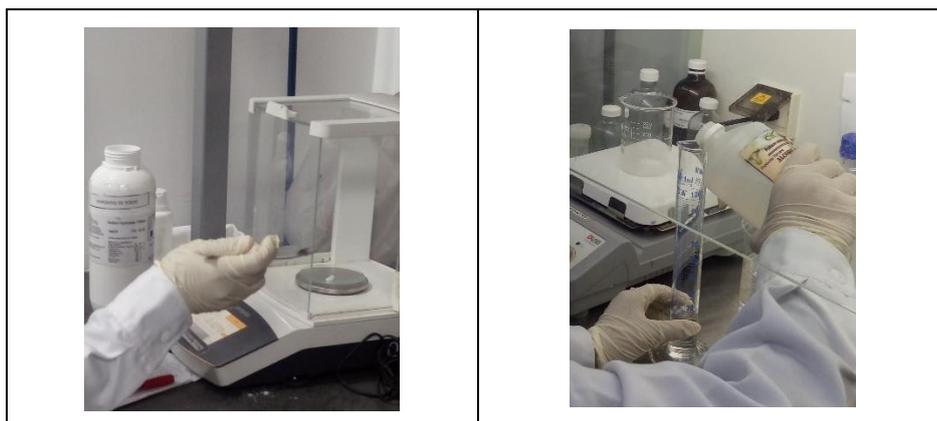


Figura 48. Pesado y medición de Hidróxido de sodio (NaOH) y metanol (CH₃OH).



Figura 49. Mezcla de metóxido de sodio (CH₃ONa) en agitador.

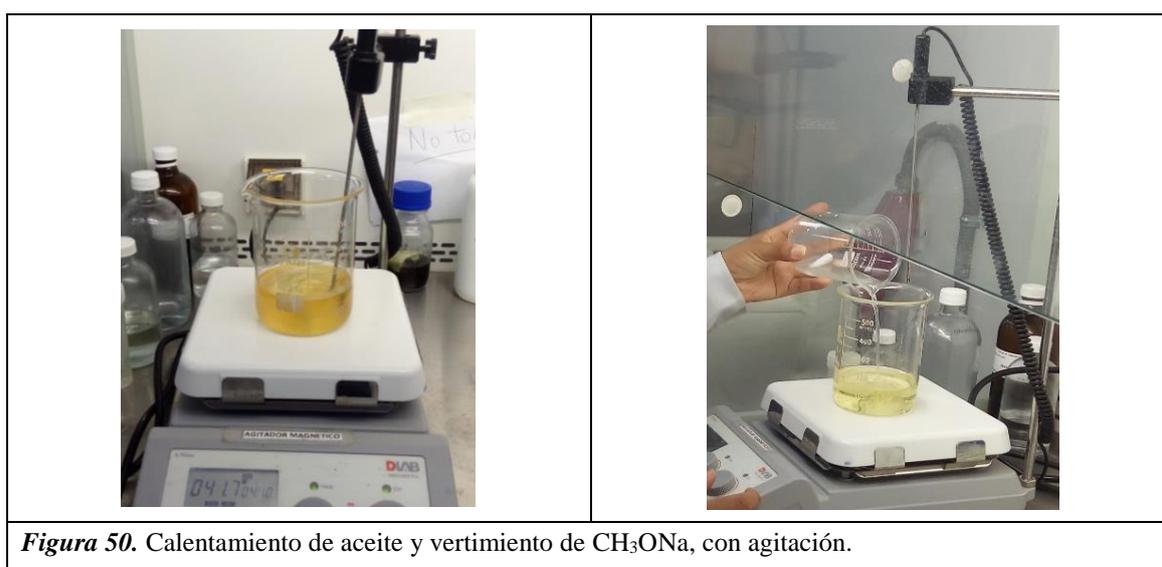


Figura 50. Calentamiento de aceite y vertimiento de CH₃ONa, con agitación.



Figura 51. Separación de fases de biocombustible y glicerina en embudo de decantación.



Figura 52. Lavado y agitación de éster metílico, y medición de pH de agua de lavado.

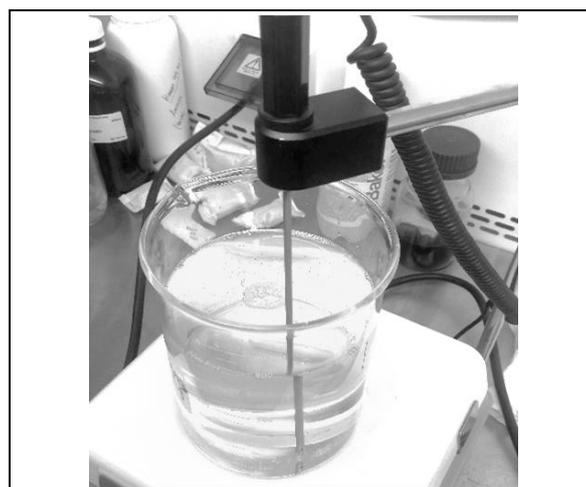
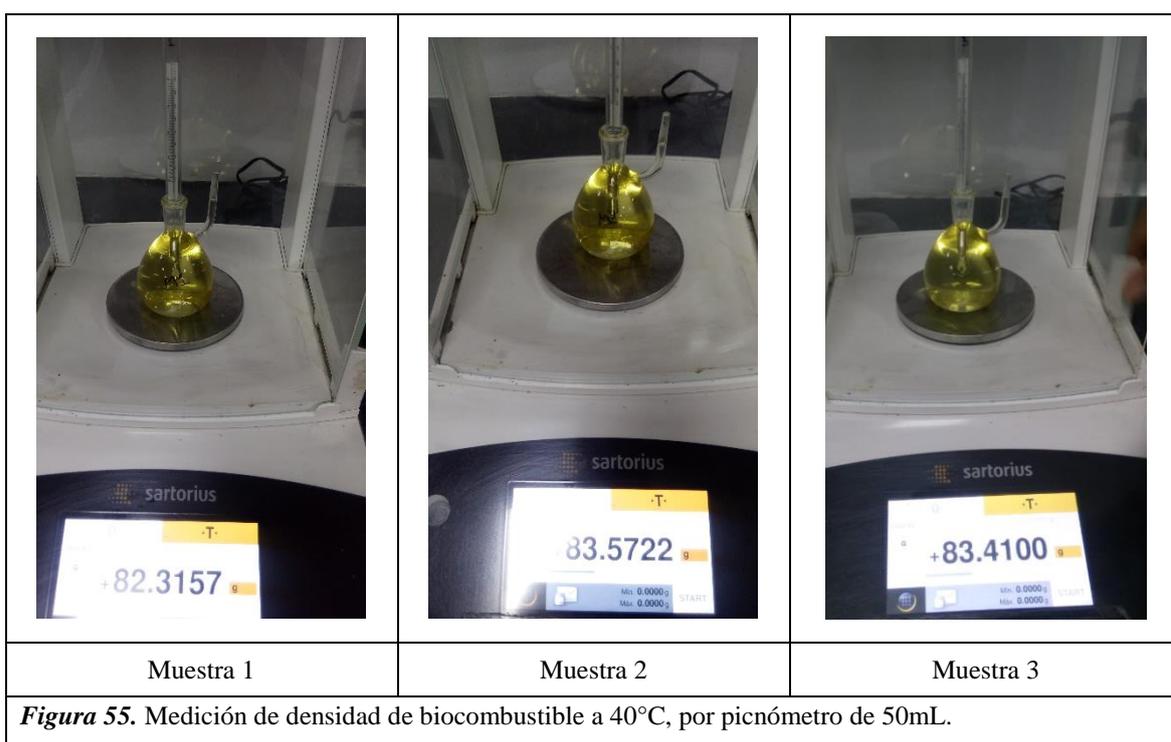
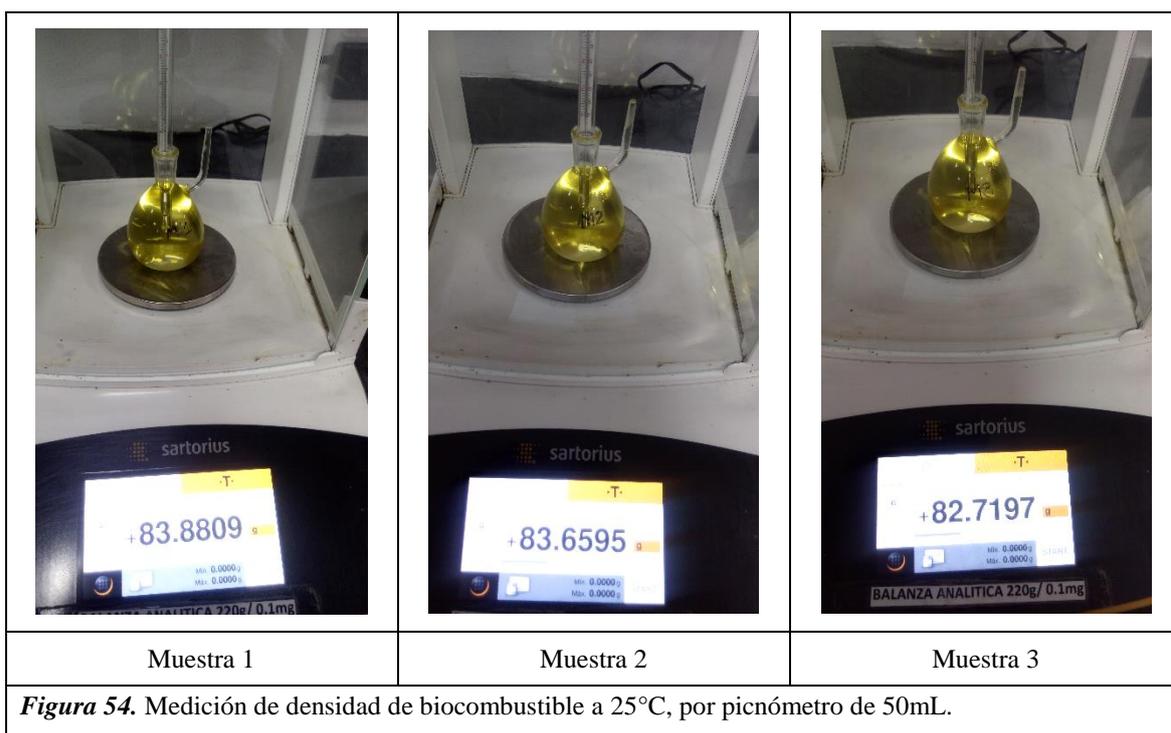
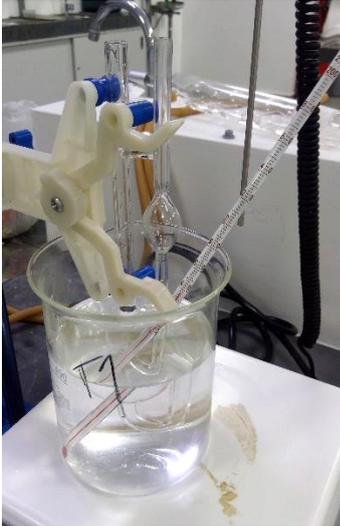


Figura 53. Calentamiento de biocombustible para borboteo de aire.

Anexo 17: Medición de densidad del biocombustible



Anexo 18: Medición de viscosidad dinámica del biocombustible

 A photograph showing an Ostwald viscometer setup. The glass U-tube viscometer is held vertically by a white plastic clamp. The lower bulb of the viscometer is submerged in a beaker of clear, colorless distilled water. The upper bulb is also partially submerged. A thermometer is visible in the background, indicating the temperature of the water.	 A photograph showing the same Ostwald viscometer setup, but now containing a yellow liquid (biofuel). A hand is holding the upper bulb of the viscometer, which is partially submerged in a beaker of the same yellow liquid. The lower bulb is also submerged. A thermometer is visible in the background.
Calentamiento de agua destilada	Calentamiento de biocombustible
<p>Figura 56. Medición de viscosidad, a 40°C con viscosímetro de Ostwald.</p>	

Anexo 19: Resultados de Laboratorio de Energías Renovables - UNALM



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA LABORATORIO DE ENERGÍAS RENOVABLES Planta de Investigación Biodiesel

REPORTE DE ANÁLISIS DE BIODIESEL LER - BIODIESEL 095-2018

I. INFORMACIÓN DEL SOLICITANTE

Nombre : Srta. Karen Amaya
Dirección : Lima
Fecha de Recepción : 21 / 11 / 2018
Fecha de Entrega : 28 / 11 / 2018

II. DATOS DE LAS MUESTRAS

Producto (Nombre genérico) : Biodiesel
Identificación : UBE-(11/2018)- 0245
Número de muestras : 01
Presentación : Botella de plástico
Cantidad (peso/ volumen) : 0.250 L.

III. RESULTADOS

Nº	TIPO DE ANÁLISIS	NORMA / MÉTODO	RESULTADOS	UNIDADES
1	Número de Acidez	ASTM D-664	0.344	mg KOH/g
2	Residuo de Carbón Conradson	ASTM D-189	0.024	% (m/m)
3	Cenizas Sulfatadas	ASTM D-874	0.017	% (m/m)
4	Humedad	ASTM D7348	0.06	% (m/m)
5	Poder Calórico Superior (PCS)	ASTM D 240	9422.83	Cal/g
6	Poder Calórico Inferior ⁽¹⁾ (PCI)		9417.33	Cal/g

Observaciones:

(1) El Poder Calórico Superior (PCS) y Poder Calórico Inferior (PCI) se determinan con el Contenido de Humedad de la muestra, el Poder Calórico Medio (PCM) viene a ser el promedio del PCS y PCI.



Laboratorio de
Energías Renovables

José Calle Maraví, Ph. D.
Jefe del Laboratorio de Energías
Renovables

Anexo 20: Recibo digital de Turnitin



Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por Turnitin. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: **Karen Amaya**
Título del ejercicio: **Post sustentación**
Título de la entrega: **Producción de biocombustible a pa...**
Nombre del archivo: **N31AMAYA...turnitin-converted_3.p...**
Tamaño del archivo: **7.18M**
Total páginas: **144**
Total de palabras: **23,144**
Total de caracteres: **119,151**
Fecha de entrega: **21-dic-2018 02:07p.m. (UTC-0500)**
Identificador de la entrega: **1060074473**



Anexo 21: Acta de aprobación de originalidad de tesis

 UCV UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS	Código : F06-PP-PR-02.02 Versión : 10 Fecha : 10-06-2019 Página : 1 de 1
--	---	---

Yo, Elmer Benites Alfaro
 docente de la Facultad de Ingeniería y Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad César Vallejo, Lima Norte (precisar filial o sede), revisor(a) de la tesis titulada

" PRODUCCIÓN DE BIOCOMBUSTIBLE A PARTIR
DE RESIDUOS DE FLORA BENTÓNICA DEL
DISTRITO DE MARCONA, 2018
 "

del (de la) estudiante Karen Melissa Amaya Apaza

constato que la investigación tiene un índice de similitud de .21 % verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El/la suscrito (a) analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

Lugar y fecha Lima, 11 Octubre del 2019



[Handwritten Signature]

Firma

Nombres y apellidos del (de la) docente:

Elmer Benites Alfaro

DNI: 07867259

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Responsable de SGC	Aprobó	Vicerrectorado de Investigación
---------	----------------------------	--------	--------------------	--------	---------------------------------

Anexo 22: Pantallazo del Software Turnitin

Feedback Studio - Google Chrome
ev.turnitin.com/app/carta/es/?lang=es&student_user=1&ts=&o=1189657184&u=1078712638

feedback studio Karen Amaya N31 AMAYA.

FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL
PRODUCCIÓN DE BIOCOMBUSTIBLE A PARTIR DE RESIDUOS DE FLORA BENTÓNICA DEL DISTRITO DE MARCONA, 2018
TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERA AMBIENTAL

AUTORA
AMAYA APAZA, Karen Melissa

ASESORA
M.Sc. CERMENO CASTROMONTE, Cecilia Libia

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN
CALIDAD Y GESTIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES

LIMA - PERÚ
2018 - II

21

Se están viendo fuentes estándar
Ver fuentes en inglés (Beta)

Coincidencias

Número	Fuente	Porcentaje
1	publicaciones.fedepal...	3 %
2	docplayer.es	2 %
3	Entregado a Universida...	1 %
4	cybertesis.uni.edu.pe	1 %
5	microreactoresdebiodi...	1 %
6	Entregado a Universida...	1 %
7	fjai-pe.blogspot.com	1 %

Página: 1 de 106 Número de palabras: 24558 Text-only Report High Resolution Activado

Anexo 23: Formulario de autorización para la publicación de la tesis

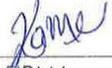
 UCV UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TESIS EN REPOSITORIO INSTITUCIONAL UCV	Código : F08-PP-PR-02.02
		Versión : 09
		Fecha : 23-03-2018
		Página : 1 de 1

Yo Karen Melissa Amaya Apaza....., identificado con DNI N° 71424864....., egresado(a) de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental..... de la Universidad César Vallejo, autorizo (X), No autorizo () la divulgación y comunicación pública de mi trabajo de investigación titulado " Producción de biocombustible a partir de residuos de flora bentónica del distrito de Marcona, 2018"

....."; en el Repositorio Institucional de la UCV (<http://repositorio.ucv.edu.pe/>), según lo estipulado en el Decreto Legislativo 822, Ley sobre Derecho de Autor, Art. 23 y Art. 33

Fundamentación en caso de no autorización:




 FIRMA
 DNI: 71424864

FECHA: Los Olivos 15 de diciembre..... 2018

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad	Aprobó	Rectorado
---------	----------------------------	--------	---	--------	-----------

Anexo 24: Autorización de la Versión final del trabajo de investigación



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTE POR EL PRESENTE EL VISTO BUENO QUE OTORGA EL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN
DE
LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

A LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN QUE PRESENTA:

Karen Melissa AMAYA APAZA

INFORME TITULADO:

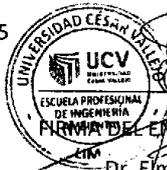
**“PRODUCCIÓN DE BIOCOMBUSTIBLE A PARTIR DE RESIDUOS DE
FLORA BENTÓNICA DEL DISTRITO DE MARCONA, 2018”**

PARA OBTENER EL TÍTULO O GRADO DE:

INGENIERA AMBIENTAL

SUSTENTADO EN FECHA: 15 /12 /2018

NOTA O MENCIÓN: 15



Dr. Elmer Benites Alfaro

NRO...21-19/II