

## INFORME FINAL

“Evaluación de la viabilidad de apertura del mercado de la unión europea para productos derivados de macroalgas extraídas en Chile destinados al consumo humano, considerando las barreras impuestas por la UE para consumo “*Novel Food*”-FASE II”

Licitación ID N° 4728-8-LP20  
CIU 2020-5-DPP-3



### EQUIPO DE TRABAJO

Nancy Chandia Parra

*Directora General*

Humberto Pavez

Velásquez

*Director Alterno*

Paula Needham

Schultzki

Carmen Álvarez Rojas

*Profesionales*

09 DICIEMBRE DE 2021

## INFORME FINAL

Evaluación de la viabilidad de apertura del mercado de la unión europea para productos derivados de macroalgas extraídas en Chile destinados al consumo humano, considerando las barreras impuestas por la UE para consumo “Novel Food”-FASE II

Licitación ID N° 4728-8-LP20  
CIU 2020-5-DPP-3



## EQUIPO DE TRABAJO



Nancy Chandia Parra  
*Directora General*  
Humberto Pavez Velásquez  
*Director Alterno*  
Paula Needham Schultzki  
Carmen Álvarez Rojas  
*Profesionales*



## Informe Final CIU 2020-5-DDP-3

Requirente:



Diciembre 2020



## **Informe Final CIU 2020-5-DDP-3**

## ÍNDICE

RESUMEN EJECUTIVO .....	20
1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	22
2. OBJETIVOS	
2.1 OBJETIVO GENERAL .....	24
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	24
3. ANTECEDENTES GENERALES.....	25
3.1 Descripción de la Actividad en Chile.....	25
3.2 Las macroalgas como alimento de consumo humano .....	25
3.3 Sector Extractivo .....	27
3.4 Sector Cultivos .....	28
3.5 Destino de la Producción.....	28
3.6 Antecedentes generales relacionados a la exportación de cochayuyo ( <i>D. antarctica</i> ) y chicorea de mar ( <i>Ch. chamissoi</i> ): apta para consumo humano (AH) y no aptas para consumo humano (NAH).....	28
3.6.1 Antecedentes Aduana.....	28
COCHAYUYO APTO PARA CONSUMO HUMANO: Código 12122170 .....	29
COCHAYUYO NO APTO PARA CONSUMO HUMANO: Código 12122970.....	33
COCHAYUYO PARA CONSUMO HUMANO v/s TOTAL EXPORTADO.....	36
3.6.2 Antecedentes SERNAPESCA.....	38
4. METODOLOGIA DE TRABAJO.....	44
4.1 Marco Conceptual .....	44

4.2 Área de Influencia .....45

RESULTADOS

5. **Objetivo N°1:** Establecer mejoras en el proceso productivo de macroalgas para identificar nuevos productos que pudieren desarrollarse para el consumo humano, en aquellas zonas aptas para comercializar cochayuyo y chicorea de mar en la UE y otros mercados internacionales.....46

**Objetivo N° 2:** Determinar mejoras en la cadena de extracción y/o recolección, procesos, productivos, tecnológicos y de comercialización para el cumplimiento de los requisitos sanitarios nacionales y los establecidos en la UE.....46

5.1 Mejoras en la extracción y recolección: Se propone cambiar el período de cosecha de preferencia a épocas de otoño e invierno. ....49

5.2 Mejoras en la extracción y recolección: Se propone la venta en húmedo desde praderas naturales. ....51

5.3 Mejoras en la recepción y almacenamiento en planta de proceso: Se propone modificar la actual estructura productiva en planta. ....51

5.4 Mejoras en la extracción y recolección: Se propone la extracción de plantas jóvenes. ....51

5.5 Mejoras en los procesos productivos y tecnológicos en planta: Lavado de plantas.....55

5.6 Mejoras en la comercialización: cumplir con las certificaciones necesarias para la exportación de algas para consumo humano a la UE.....55

5.7 Mejoras en el proceso productivo: Valor agregado y desarrollo de nuevos productos .....56

5.8 Nuevos productos a partir de las mejoras propuestas.....57

5.8.1 Productos de elaboración simple.....57

5.8.2 Productos de mayor elaboración.....59

5.8.3 Productos Biotecnológicos.....60

5.9 Proyección Comercial.....62

5.10 Conclusión sobre Comercialización .....62

1. ¿Estamos listos para exportar bajo el código de consumo humano para cochayuyo (12122170) a otros países y específicamente a la Unión Europea?.....	62
2. ¿Cumplimos con los parámetros mínimos exigibles? ¿Qué nos falta? .....	62
6. <b>Objetivo N°3:</b> Realizar una caracterización química y microbiológica de productos secos de cochayuyo ( <i>Durvillaea antarctica</i> ) y chicorea de mar ( <i>Chondracanthus chamissoi</i> ) entre las regiones de Coquimbo y Los Lagos, considerando los requerimientos de la regulación de la Unión Europea para “ <i>novelfood</i> ” .....	64
6.1 Normativa de la Unión Europea para “ <i>novel food</i> ”.....	64
6.1.1 Objetivo Reglamento (UE) N° 2283/2015 .....	64
6.1.2 Procedimiento para autorizar un nuevo alimento en la UE.....	65
6.1.3 Requisitos para permitir ingreso de un nuevo alimento a la UE .....	65
6.1.4 Procedimiento de autorización de un nuevo alimento a la UE.....	70
6.1.5 Solicitud de autorización de alimentos tradicionales de terceros países.....	70
6.2 Caracterización química y microbiológica de productos secos y frescos de cochayuyo ( <i>Durvillaea antarctica</i> ) y chicorea de mar ( <i>Chondracanthus chamissoi</i> ) entre las regiones de Coquimbo y Los Lagos .....	72
6.2.1 Zona de muestreo espacial y obtención de muestras.....	72
6.3. Recolección de muestras de <i>D. antarctica</i> y <i>Ch. chamissoi</i> .....	85
6.3.1 Obtención de muestras secas de plantas de proceso .....	85
6.3.2 Obtención de muestras frescas: pradera natural.....	86
6.3.3. Tratamiento post cosecha de algas frescas.....	88
6.3.4 Propuesta de tratamiento previo a ejecución análisis químico, para permitir obtener muestras de algas con menor concentración de metales pesados.....	92
6.4 Envío de muestras a laboratorios certificados para la ejecución de análisis químicos y	

microbiológicos.....	94
COCHAYUYO .....	95
CHICOREA DE MAR .....	95
6.5 Análisis estadísticos para resultados de cochayuyo y chicoria de mar.....	97
6.5.1 COCHAYUYO .....	97
6.5.2 CHICOREA DE MAR.....	98
6.6 Resultados caracterización química y microbiológica de productos secos, frescos tratados y secos tratados con EDTA de cochayuyo ( <i>Durvillaea antarctica</i> ).....	99
6.6.1 Análisis de resultados caracterización química y microbiológica obtenidas de laboratorio acreditado .....	99
6.6.2 Análisis estadístico caracterización química y microbiológica para cochayuyo .....	112
6.6.2.1 Análisis Microbiológicos .....	112
6.6.2.2 Análisis Proximal .....	112
6.6.2.3 Análisis de Metales y Minerales .....	116
Arsénico .....	119
Perfil de aminoácidos .....	119
Perfil de ácidos grasos.....	123
Vitaminas .....	124
6.6.3 Comparación estadística resultados caracterización química-microbiológica obtenidos FASE I y FASE II. ....	125
Análisis Proximal .....	125
Vitaminas .....	126
Metales Pesados .....	127

6.7 Resultados caracterización química y microbiológica de productos secos y frescos de chicorea de mar ( <i>Ch. chamissoi</i> ).....	128
6.7.1 Análisis resultados caracterización química y microbiológica obtenidos en laboratorio .....	128
6.7.2 Análisis estadístico caracterización química y microbiológica para Chicoria de mar .....	137
6.7.2.1 Análisis Microbiológicos .....	137
6.7.2.2 Análisis Proximal .....	137
6.7.2.3 Análisis de Metales y Minerales .....	139
Arsénico .....	141
Perfil de Aminoácidos .....	141
7. <b>Objetivo N°4:</b> Determinar la inocuidad y calidad de los productos de las algas cochayuyo y chicorea de mar desde el punto de vista sanitario y toxicológico en las zonas de recolección de cochayuyo y chicorea de mar en el país, y que eventualmente pudieren cumplir con la norma de importación de la UE.....	143
7.1 Criterios Microbiológicos .....	143
7.2 Criterios Toxicológicos .....	145
Metales Pesados .....	145
Cadmio .....	145
Plomo .....	146
Mercurio .....	146
Arsénico .....	147
Yodo.....	147
Alérgenos .....	149
8. <b>Objetivo N°5:</b> Elaborar un dossier (en español e inglés) y una solicitud de “novel food” según requerimientos de la normativa de la UE. ....	150



8.1 Proceso de elaboración solicitud <i>novel food</i> a la UE .....	150
8.2 Sugerencias de programa y coste para proceso de ingreso de cochayuyo como <i>novel food</i> a la Unión Europea.....	152
9. Conclusiones.....	157
9.1 Conclusiones Comerciales .....	157
9.2 Conclusiones Científicas .....	158
10. Referencias Bibliográficas .....	161
11. ANEXOS.....	170

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Exportaciones (ton) de cochayuyo ( <i>D. antarctica</i> ) para consumo humano (Código arancelario: 12122170), según país de destino entre 2012-2020.....	31
Tabla 2. Exportaciones (ton) de cochayuyo ( <i>D. antarctica</i> ) para consumo humano (Código arancelario: 12122170), según continente entre 2012-2020.....	32
Tabla 3. Porcentaje de incidencia en las exportaciones (ton) de cochayuyo ( <i>D. antarctica</i> ) para consumo humano (Código arancelario: 12122170), según continente entre 2012-2020.....	32
Tabla 4. Exportaciones (ton) de cochayuyo ( <i>D. antarctica</i> ) no aptas para consumo humano (Código arancelario: 12122970), según país de destino entre 2012-2020.....	34
Tabla 5. Exportaciones (ton) de cochayuyo ( <i>D. antarctica</i> ) no apto para consumo humano (Código arancelario: 12122970), según continente entre 2012-2020.....	35
Tabla 6. Porcentaje de incidencia en las exportaciones (ton) de cochayuyo ( <i>D. antarctica</i> ) no apto para consumo humano (Código arancelario: 12122970), según continente entre 2012-2020.....	35
Tabla 7. Exportaciones totales (toneladas consumo humano + no aptas consumo humano) de cochayuyo ( <i>D. antarctica</i> ), según continente entre 2012-2020.....	37
Tabla 8. Porcentaje de incidencia en las exportaciones totales (ton) de cochayuyo ( <i>D. antarctica</i> ), aptas para consumo humano según continente entre 2012-2020.....	37
Tabla 9. Exportaciones en toneladas de Cochayuyo ( <i>Durvillaea antarctica</i> ) (Consumo humano + No apto para consumo humano), según país de destino.....	39
Tabla 10. Listado de plantas de proceso y comercializadoras de Cochayuyo ( <i>D. antarctica</i> ) que registran exportaciones durante el período 2015-2020.....	40
Tabla 11. Listado Nacional de plantas de Procesos, participantes del Programa de Control Sanitario, según líneas de elaboración y autorizaciones de mercado. ....	43
Tabla 12. Niveles de Cadmio (mg/kg) determinados en <i>D. antarctica</i> seca trozada, recolectada desde plantas de proceso de diferentes zonas geográficas durante septiembre 2016.	

( <i>Novel Food</i> Fase I). .....	53
Tabla 13. Niveles de Cadmio (mg/kg) determinados en <i>D. antarctica</i> recolectadas desde plantas de proceso (no tratada) y pradera natural (tratada) de diferentes zonas geográficas durante enero 2021. ( <i>Novel Food</i> Fase II). .....	53
Tabla 14. Niveles de Arsénico (mg/kg) determinados en <i>D. antarctica</i> recolectadas desde plantas de proceso (no tratada) y pradera natural (tratada) de diferentes zonas geográficas durante enero 2021. ( <i>Novel Food</i> Fase II). .....	54
Tabla 15. Niveles de Arsénico total e inorgánico (mg/kg) determinados en <i>D. antarctica</i> recolectadas desde plantas de proceso de diferentes zonas geográficas durante septiembre 2021. ( <i>Novel Food</i> Fase I). .....	54
Tabla 16: Resultado de análisis metales pesados en producto confeccionado a base de cochayuyo septiembre 2021 .....	60
Tabla 17. Resumen de reglamentos a cumplir para la exportación de nuevos alimentos “ <i>Novel Food</i> ” a la Unión Europea. ....	66
Tabla 18. Localidades de recolección de algas de estudio: Cochayuyo.....	72
Tabla 19: Localidades de recolección de algas de estudio: Chicorea de mar .....	72
Tabla 20. Principales localidades de desembarque de cochayuyo de la VI Región. ....	78
Tabla 21. Principales localidades de desembarque de cochayuyo de la VII Región. ....	78
Tabla 22 Principales localidades de desembarque de cochayuyo de la XVI Región. ....	79
Tabla 23 Principales localidades de desembarque de cochayuyo de la VIII Región.....	79
Tabla 24. Principales localidades de desembarque de cochayuyo de la IX Región. ....	81
Tabla 25. Principales localidades de desembarque de cochayuyo de la XIV Región.....	81
Tabla 26. Principales localidades de desembarque de cochayuyo de la X Región.....	82
Tabla 27. Principales localidades de desembarque de cochayuyo de la XI Región. ....	84
Tabla 28. Composición de muestras SECA-PLANTA para envío a laboratorio acreditado para	

análisis microbiológico y químicos, para <i>D. antarctica</i> y <i>C. chamissoi</i> .....	86
Tabla 29. Composición de muestras FRESCA-TRATADA para envío a laboratorio acreditado análisis microbiológico y químico de <i>D. antarctica</i> . .....	87
Tabla 30. Composición de muestras frescas para envío a laboratorio acreditado análisis microbiológico y químico de <i>Ch. chamissoi</i> . .....	88
Tabla 31: Análisis microbiológicos en algas colectadas de <i>D. antarctica</i> (cochayuyo) según tratamiento y localidad de origen.....	100
Tabla 32. Contenido de vitaminas A (ug ER/100g), C y E (mg/Kg) presentes <i>D. antarctica</i> (cochayuyo), según tratamiento y localidad de origen.....	102
Tabla 33: Contenido de metales pesados y yodo (mg/Kg peso seco) en <i>D. antarctica</i> (cochayuyo) según tratamiento y localidad de origen. ....	104
Tabla 34: Contenido de Arsénico total e inorgánico (mg/Kg peso seco) en <i>D. antarctica</i> (cochayuyo) según tratamiento y localidad de origen. Los valores de Arsénico inorgánico se expresan como promedio $\pm$ desviación estándar.....	105
Tabla 35. Contenido de minerales (mg/Kg) presentes en muestras de cochayuyo según tratamiento y localidad de origen.....	107
Tabla 36. Composición proximal (g/100g) de <i>D. antarctica</i> (cochayuyo) según tratamiento y localidad de origen.....	109
Tabla 37. Contenido de ácidos grasos presentes en <i>D. antarctica</i> según tratamiento y localidad de estudio .....	110
Tabla 38. Contenido de aminoácidos (g/100g de alga) en <i>D. antarctica</i> (cochayuyo) según tratamiento y localidad de origen.....	111
Tabla 39. Comparación del análisis microbiológico de cochayuyo entre plantas sin tratamiento y con tratamiento. ....	112
Tabla 40. Comparación del análisis proximal de Cochayuyo entre plantas sin tratamiento (Planta) y con tratamiento (Tratada). (n.s.: no significativo, *: significativo, **: muy	

significativo).....	115
Tabla 41. Comparación del análisis de metales y mineral de cochayuyo entre plantas sin tratamiento (Planta “Pl”) y con tratamiento (Tratada “Tr”, EDTA+US). (n.s.: no significativo, *: significativo, **: muy significativo).....	118
Tabla 42. Comparación de la concentración de arsénico entre plantas de cochayuyo sin tratamiento y con tratamiento. (n.s.: no significativo, *: significativo, **: muy significativo).....	119
Tabla 43. Comparación del perfil de aminoácidos entre plantas de cochayuyo sin tratamiento (Planta “Pl”) y con tratamiento (Tratada “Tr”, EDTA+US). (n.s.: no significativo, *: significativo, **: muy significativo).....	122
Tabla 44. Comparación del perfil de ácidos grasos entre plantas de cochayuyo sin tratamiento y con tratamiento. (n.s.: no significativo, *: significativo, **: muy significativo) .....	123
Tabla 45. Comparación de la concentración de vitaminas entre plantas de cochayuyo sin tratamiento (Planta “Pl”) y con tratamiento (Tratada “Tr”, EDTA+US). (n.s.: no significativo, *: significativo, **: muy significativo).....	124
Tabla 46. Análisis microbiológicos en algas colectadas de <i>Ch. chamissoi</i> (chicorea de mar) según tratamiento y localidad de origen. ....	129
Tabla 47. Contenido de vitaminas A (ug ER/100g), C y E (mg/Kg) presentes <i>Ch. chamissoi</i> (Chicorea de mar), según tratamiento y localidad de origen. ....	130
Tabla 48. Contenido de metales pesados y yodo (mg/Kg de peso seco) en <i>Ch. chamissoi</i> (Chicorea de mar) según tratamiento y localidad de origen. ....	131
Tabla 49. Contenido de Arsénico total e inorgánico (mg/Kg peso seco) en <i>Ch. chamissoi</i> (chicorea de mar) según tratamiento y localidad de origen. Los valores de Arsénico inorgánico se expresan como promedio $\pm$ desviación estándar. ....	131
Tabla 50. Contenido de minerales (mg/Kg) presentes en muestras de <i>Ch. chamissoi</i> (chicorea de mar), según tratamiento y localidad de origen.....	132
Tabla 51. Composición proximal (g/100g) de <i>Ch. chamissoi</i> (chicorea de mar) según	

tratamiento y localidad de origen.....	134
Tabla 52. Contenido de ácidos grasos presentes en <i>Ch. chamissoi</i> según tratamiento y localidad de estudio.....	135
Tabla 53. Contenido de aminoácidos (g/100g de alga) en <i>Ch. chamissoi</i> , según tratamiento y localidad de origen.....	136
Tabla 54. Comparación del análisis microbiológico de Chicoria de mar entre plantas sin tratamiento y con tratamiento. ....	137
Tabla 55. Comparación del análisis proximal de chicoria de mar entre plantas sin tratamiento (Planta) y con tratamiento (Tratada). (n.s.: no significativo, *: significativo, **: muy significativo).....	138
Tabla 56. Comparación del análisis proximal de chicoria de mar entre plantas sin tratamiento y tratadas. (n.s.: no significativo, *: significativo, **: muy significativo).....	140
Tabla 57. Comparación de la concentración de arsénico entre plantas de chicoria de mar sin tratamiento y tratadas. (n.s.: no significativo, *: significativo, **: muy significativo).....	141
Tabla 58. Comparación del perfil de aminoácidos entre plantas de chicorea de mar sin tratamiento y tratada. (n.s.: no significativo, *: significativo, **: muy significativo).....	142
Tabla 59: Análisis microbiológicos <i>D. antarctica</i> (cochayuyo) según localidad de origen y tratamiento post cosecha. ....	144
Tabla 60: Análisis microbiológicos <i>Ch. chamissoi</i> (chicorea de mar) según localidad de origen y tratamiento post cosecha.....	144
Tabla 61. Contenido (mg/ Kg) de metales pesados y Yodo presentes en <i>D. antarctica</i> (planta: no tratada y tratada con EDTA) recolectado desde diferentes localidades durante la estación de verano.....	148
Tabla 62. Contenido (mg/ Kg) de metales pesados presentes en <i>Ch. chamissoi</i> (planta-no tratada y tratada) recolectado desde diferentes localidades durante la estación de verano....	148



Tabla 63. Análisis de laboratorios requeridos para presentar solicitud de *novel food*, incluidos en el presente proyecto ..... 155

Tabla 64. Análisis de laboratorios requeridos para presentar solicitud de *novel food*, *NO* incluidos en el presente proyecto..... 156

## **INDICE FIGURAS**

Figura 1. Exportaciones de cochayuyo v/s total exportado, bajo la denominación consumo humano. (Código: 12122170).....	33
Figura 2. Exportaciones de cochayuyo v/s total exportado, bajo la denominación no apto para consumo humano. (Código: 12122970). Fuente Aduanas – elaboración propia.....	36
Figura 3.- Exportaciones de cochayuyo a diferentes continentes (Consumo humano) v/s Total exportado (Consumo humano + No apta para consumo humano).....	38
Figura 4. Porcentaje de participación de las empresas procesadoras y comercializadoras exportadoras de cochayuyo ( <i>Durvillaea antarctica</i> ) durante el año 2020.....	42
Figura 5. Cadena productiva de macroalgas destinadas a consumo humano Fuente: Ávila et al., 2021. ....	47
Figura 6. Proceso productivo en la mayoría de las empresas chilenas que procesan cochayuyo y chicorea de mar.....	48
Figura 7. Proceso productivo sugerido para que las empresas procesadoras puedan exportar a la UE (cochayuyo), cumpliendo con los niveles sanitarios y toxicológicos. ....	48
Figura 8. Tallarines y tubos de diferentes calibres a partir de cochayuyo.....	56
Figura 9. Cultivos de chicorea de mar (Fuente: cultivos Sarco Seaweed Spa).....	57
Figura 10. Proceso natural de blanqueamiento, secado y molienda.....	57
Figura 11. Producto gel y pulverizado de chicorea de mar. ....	58
Figura 12. Pulverizado de chicorea de mar. ....	58
Figura 13. Feria de innovación de productos pesqueros (2019). ....	59
Figura 14. Productos elaborados por Terranatur S.A. Cochayuyo cocido y picado, salsa boloñesa y snack rustico a base de harina de maíz y cochayuyo.....	59
Figura 15. Productos elaborados por Terranatur S.A. con chicorea de mar, ensalada de algas chilenas. ....	60

Figura 16. Procedimiento de autorización de nuevos alimentos, según reglamento (UE)2283/2015 (Parlamento Europeo y Consejo de la Unión Europea, 2015). .....	70
Figura 17. Procedimiento de autorización para alimentos tradicionales en terceros países. Reglamento de Ejecución (UE) 2017/2468. Elaboración propia. ....	71
Figura 18. Distribución geográfica del muestreo de <i>Durvillaea antarctica</i> (Cochayuyo). ....	73
Figura 19. Distribución geográfica del muestreo de <i>Chondracanthus chamissoi</i> (Chicorea de mar). .....	73
Figura 20. Desembarque de <i>D. antarctica</i> periodo 2013 a 2017.....	75
Figura 21. Volumen de desembarque por región .....	76
Figura 22. Porcentaje de participación de las regiones desembarque 2020 de Cochayuyo .....	76
Figura 23: Registros de desembarques para <i>Chondracanthus chamissoi</i> , periodo 2013 a 2017 ..	85
Figura 24. Algas jóvenes de <i>Durvillaea antarctica</i> .....	87
Figura 25. Recolección de algas jóvenes de <i>Chondracanthus chamissoi</i> (Chicorea de mar).....	87
Figura 26. Laboratorio de Moléculas Bioactivas de la Universidad Católica del Norte, ubicada en la región de Coquimbo.....	88
Figura 27. Esquema de tratamiento post-cosecha aplicado en muestras de algas frescas de <i>D. antarctica</i> y <i>Ch. chamissoi</i> , recolectadas en diferentes localidades durante la estación de verano 2021.....	89
Figura 28. Etapas de tratamiento post-cosecha de cochayuyo .....	90
Figura 29. Etapas de tratamiento post-cosecha en chicoria de mar.....	91
Figura 30. Formato de envío de muestras de algas secas y frescas tratadas en laboratorio. (según las especificaciones recibidas por laboratorio de análisis). ....	92
Figura 31. Cajas envío muestras de algas según tratamiento y localidad de cochayuyo y chicorea de mar a laboratorio de análisis acreditados .....	96
Figura 32. Comparación del análisis proximal de cochayuyo entre plantas sin tratamiento (Planta)	

y con tratamiento (Tratada, EDTA+US) por localidad. ....	114
Figura 33. Comparación del perfil de aminoácidos entre plantas de cochayuyo sin tratamiento (Planta) y con tratamiento (Tratada, EDTA+US) por localidad. ....	117
Figura 34. Comparación del perfil de aminoácidos entre plantas de cochayuyo sin tratamiento (Planta) y con tratamiento (Tratada, EDTA+US) por localidad. ....	121
Figura 35. Comparación del perfil de ácidos grasos entre plantas de cochayuyo sin tratamiento (planta) y con tratamiento (tratada) por localidad. ....	124
Figura 36. Comparación de los proximales en muestras de cochayuyo analizadas durante la fase I y las muestras sin tratamiento (Planta) y con tratamiento (Tratada, EDTA+US) de la fase II por región. ....	125
Figura 37. Comparación del nivel de vitaminas en muestras de cochayuyo analizadas durante la fase I y las muestras sin tratamiento (Planta) y con tratamiento (Tratada, EDTA+US) de la fase II por región. ....	126
Figura 38. Comparación de la concentración de metales pesados en muestras de cochayuyo analizadas durante la fase I y las muestras sin tratamiento (Planta) y con tratamiento (Tratada, EDTA+US) de la fase II por región. ....	127
Figura 39. Comparación del análisis proximal de chicoria de mar entre plantas sin tratamiento (Planta) y con tratamiento (Tratada) por localidad. ....	139
Figura 40. Comparación del análisis de metales y minerales entre plantas de chicoria de mar sin tratamiento (planta) y con tratamiento (tratada) por localidad. ....	141
Figura 41. Línea de proceso productivo de <i>D. antarctica</i> , que permite obtener un producto que cumple con los requerimientos químicos y microbiológicos para consumo humano en la UE. ....	153

## RESUMEN EJECUTIVO

Con el objeto de evaluar la viabilidad de ingresar el producto cochayuyo (*Durvillaea antarctica*), como *novel food* a la Unión Europea, el presente proyecto tratará de dar antecedentes técnicos que mejoren su condición actual de metales pesados y toxicidad.

Se hace una descripción completa del proceso productivo del Cochayuyo (*Durvillaea antarctica*), tanto para la extracción, proceso y comercialización de este recurso, además se presenta las mejoras en la cadena de extracción y/o recolección, procesos productivos, tecnológicos y de comercialización.

Se realizó un muestreo de cochayuyo seco - desde plantas de proceso- en las regiones IV, VI, VII, VIII, XIV y X durante el mes de enero 2021 (estación verano). Las muestras de algas seca fueron enviadas a laboratorios certificados para los análisis químicos y microbiológicos, acordes a un diseño de muestreo que permitiera representar características individuales, por zona de las regiones muestreadas.

Se realizó un muestreo de Chicorea de mar seco – desde plantas de proceso- en las regiones III, IV, VIII y X durante el mes de enero 2021 (estación verano). Las muestras de algas seca fueron enviadas a laboratorios certificados para los análisis químicos y microbiológicos, acordes a un diseño de muestreo que permitiera representar características individuales, por zona de las regiones muestreadas.

Se realizó un muestreo de cochayuyo húmedo en las regiones IV, VI, VII, VIII, XIV y X durante el mes de enero 2021 (estación verano). Las muestras de algas húmedas fueron recolectadas en forma simultánea en un período de 3 días, esto con el fin de que cada muestra por región tenga las mismas condiciones antes de llegar al laboratorio de Moléculas bioactivas dependiente de la Universidad Católica de Norte (Coquimbo). A estas algas se aplicó un tratamiento previo al secado.

Se realizó un muestreo de Chicorea de mar húmedo en las regiones III, IV, VIII y X durante el mes de enero 2021 (estación verano). Las muestras de algas húmedas fueron recolectadas en forma simultánea en un período de 3 días, esto con el fin de que cada muestra por región tenga las mismas condiciones antes de llegar al laboratorio de Moléculas bioactivas

dependiente de la Universidad Católica de Norte (Coquimbo). A estas algas se aplicó un tratamiento previo al secado.

El proceso de elaboración de cochayuyo seco picado ha sido descrito en todas sus etapas, el cual incluye condiciones de envasado y etiquetado acorde a las exigencias de *novel food*. Sin embargo, se requiere incorporar la certificación de Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control (APPCC) como respaldo al control de las condiciones de la materia prima exportable.

El estudio de la Universidad de Concepción y CIBAS, determinó que la caracterización microbiológica y proximal de cochayuyo seco obtenido desde las regiones VI, VII y VIII, reportan cantidades admisibles para el mercado de la UE. Sin embargo, en metales pesados la concentración de cadmio se encontraría sobre el límite admisible, no cumpliendo la norma de 0,5 mg/kg. En el presente estudio a través de un tratamiento previo al secado se logró obtener en la localidad de Arauco, VIII Región, valores **<0,04 mg/kg** de concentración de este metal, cumpliendo con este parámetro, así como la mayoría de los parámetros indicados en la norma de la UE. Luego para lograr que el Cochayuyo de las otras localidades estudiadas cumplieran con la norma admisible, se realizó un tratamiento con EDTA al alga seca obtenida directamente de la planta de proceso.

La viabilidad de exportar Cochayuyo seco como *novel food* a la unión europea dependerá del cumplimiento de la legislación sanitaria relativa a la toxicidad y presencia de metales pesados. Para lo anterior, se tiene la hipótesis de que esto se podría lograr haciendo manejos post cosecha de las algas y en la posibilidad de generar nuevos productos procesados que disminuyan estos niveles de toxicidad, profundizando en la obtención de biomoléculas, tales como: polisacáridos, pigmentos, y otros productos con valor agregado que permitan eventualmente su exportación.

## 1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Hasta el año 2010, Chile exportó Cochayuyo (*Durvillaea antarctica*), en formato para consumo humano al mercado español, año en que la Autoridad Sanitaria Española (AESAN-Vigente hasta 2014, actualmente AECOSAN: La Agencia Española de Consumo, Seguridad Alimentaria y Nutrición es un Organismo Autónomo de la Administración General del Estado de España, adscrito al Ministerio de Sanidad) prohibió su ingreso, conforme al Reglamento (CE) N°258/97 del Parlamento Europeo y del Consejo, por considerar al Cochayuyo en formato secado y picado como “*novel food*”. Esto significa, que Chile debe solicitar la autorización de comercialización a la CE (ahora Unión Europea-UE), en el contexto del citado reglamento en su última actualización, (Reglamento (UE) 2015/2283 del Parlamento Europeo y del Consejo, del 25/11/2015). Esto, exige precisar técnicamente que el nuevo alimento, es seguro para los consumidores y que está debidamente etiquetado para no inducir a error.

En cuanto a la seguridad para los consumidores, dicho requerimiento abarca la elaboración de un dossier que considera diversos aspectos técnicos, tales como: i) Especificaciones del nuevo alimento (origen, composición), ii) Proceso de producción, iii) Historial del organismo usado como fuente de alimento, iv) Ingesta diaria y nivel de usos previstos del nuevo alimento, v) Información nutricional, vi) Información microbiológica y vii) Información toxicológica. Este dossier constituye una brecha respecto del pleno acceso de productos tipo “*novel food*” para consumo humano derivados de macroalgas (este es el caso del Cochayuyo) al mercado de la UE.

Para responder a la problemática explicada anteriormente, la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, aprobó el Informe final del proyecto “Evaluación de la viabilidad de apertura de mercado de la Unión Europea para productos derivados de macroalgas extraídas en Chile destinados al consumo humano, como alternativa de diversificación productiva para la pesca artesanal, considerando las barreras impuestas por la UE para “*novel food*”. Caso de Estudio: Cochayuyo (*Durvillaea antarctica*). Los resultados permitieron evaluar la viabilidad de ingresar el producto cochayuyo seco picado para consumo humano, como “*novel food*” a la Unión Europea.

Los resultados del proyecto respecto de la normativa UE “*novel food*” fueron aceptables, en lo que refiere a la caracterización microbiológica y proximal de cochayuyo seco obtenido desde las regiones VI, VII y VIII, sin embargo, para el caso de cadmio no fue admisible, con un promedio de concentración de  $3,06 \pm 0,37$  mg/kg, valor mayor al máximo permitido en la Unión

Europea para algas secas de 0,5 mg/kg según Res. 1881 del 2006, modificado el 2014.

En base a lo anteriormente expuesto, y en vista de la necesidad de contar con mayores antecedentes técnicos específicos para apoyar la solicitud de autorización de comercialización del cochayuyo y chicorea de mar, seco picado, en el mercado de la UE y que, complementariamente, responda adecuadamente a la necesidad de ampliar la cobertura de muestreo, junto con mayor número de réplicas, se estima necesario abordar las regiones en donde se extraen el cochayuyo y la chicorea de mar, es decir, la ubicación exacta de los lugares de recolección de algas. Lo anterior, con el propósito de evaluar la viabilidad del mercado de la Unión Europea para productos derivados de macroalgas extraídas en Chile.

Por ello, se aprobó la ejecución del proyecto “Evaluación de la viabilidad de apertura del mercado de la Unión Europea para productos derivados de macroalgas extraídas en Chile destinados al consumo humano, considerando las barreras impuestas por la UE para consumo “*novel food*”-FASE II”, el cual será ejecutado por la empresa Sarco Seaweed Spa.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluación de la viabilidad de apertura del mercado de la Unión Europea para productos derivados de macroalgas extraídas en Chile destinados al consumo humano, considerando las barreras impuestas por la UE para consumo “*Novel Food*”.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Establecer mejoras en el proceso productivo de macroalgas para identificar nuevos productos que pudieren desarrollarse para el consumo humano, en aquellas zonas aptas para comercializar cochayuyo y chicorea de mar en la UE y otros mercados internacionales.
2. Determinar mejoras en la cadena de extracción y/o recolección, procesos productivos, tecnológicos y de comercialización para el cumplimiento de los requisitos sanitarios nacionales y los establecidos en la UE.
3. Realizar una caracterización química y microbiológica de productos secos de cochayuyo (*Durvillaea antarctica*) y chicorea de mar (*Chondracanthus chamissoi*) entre las regiones de Coquimbo y Los Lagos, considerando los requerimientos de la regulación de la Unión Europea para “*novel food*”.
4. Determinar la inocuidad y calidad de los productos de las algas cochayuyo y chicorea de mar desde el punto de vista sanitario y toxicológico en las zonas de recolección de cochayuyo y chicorea mar en el país, y que eventualmente pudieren cumplir con la norma de importación de la UE.
5. Elaborar un dossier (en español e inglés) y una solicitud de *novel food* según requerimientos de la normativa de la UE.

### **3. ANTECEDENTES GENERALES**

La importancia de las algas marinas es fundamental, por un lado, tienen un rol ecológico clave en los ecosistemas marinos costeros como refugio de organismos, constructores de hábitats y como principal fuente de alimentación (IFOP, 2011), y por otra parte constituyen un rol ambientalmente esencial en el ciclo del oxígeno, en la absorción de nutrientes y como biorremediador (Checkroun et al., 2014).

En el ámbito económico social, su valor es muy relevante tanto en el uso histórico por las comunidades humanas costeras, así como el consumo humano directo, alimento de animales y como fertilizante en cultivos agrícolas. También se han desarrollado diversos usos de productos derivados de algas marinas en la industria alimenticia, agrícola, farmacéutica, cosmética, energía (biocombustible) e industria química, entre otros. Para muchos países, la explotación y/o cultivo de algas marinas representa una importante fuente de alimento, de diversos productos elaborados y de generación de empleo con amplias repercusiones económicas y sociales.

#### **3.1 Descripción de la Actividad en Chile**

Las algas pardas chilenas, son explotadas con usos restringidos como lo es la industria de alginatos, alimento para cultivo de abalones y erizo y en menor grado para alimento de consumo humano, esta actividad económica se desarrolla a través de una compleja cadena productiva de alto impacto social y bajo valor agregado. Las algas pardas, tienen importancia social porque los algueros/as, pescadores/as artesanales y sus familias dependen parcial o totalmente de estos recursos. La Pesquería de algas pardas se realiza a través de actividad de recolección de alga varada naturalmente en playa de mar y de extracción directa, comúnmente llamada barroteo. A la fecha, solo se explotan las praderas naturales de algas pardas, pero con iniciativas que buscan técnicas exitosas de cultivo y repoblamiento de éstas

En relación a las algas rojas, estas pueden ser extraídas, recolectadas o cosechadas desde cultivos y praderas naturales.

#### **3.2 Las macroalgas como alimento de consumo humano**

El consumo de algas marinas ha sido muy importante para la nutrición de muchas culturas que se han desarrollado a orillas del mar o que dependen de los productos marinos para

su alimentación. En su estado natural, las algas contienen 80 a 90% de agua. En base seca, contienen aproximadamente 50% de hidratos de carbono, 1-3% de lípidos y 7 a 38% de minerales.

El contenido de proteínas es altamente variable (10-47%), con una alta proporción de aminoácidos esenciales. Uno de los beneficios de su consumo más evidentes para la salud, es su alto contenido de vitaminas y minerales. Las algas contienen más vitaminas A, B12 y C, caroteno, ácido pantoténico, ácido fólico, riboflavina y niacina. Algunos reportes indican que, en general las algas marinas tienen un alto contenido de hierro, aunque esto no necesariamente indica que este hierro sea absorbible o biodisponible. Muchos países tropicales poseen una rica, variada y exuberante flora marina, que en algunos casos ha sido pobremente estudiada y explotada como una posible fuente alternativa de nutrientes como por ejemplo el hierro. En otros casos, el crecimiento descontrolado durante ciertas épocas del año puede constituir un problema para la supervivencia de la fauna marina o para el turismo, por lo que el uso de estas algas para consumo humano, podría ayudar a solventar un problema ecológico y uno nutricional.

Hoy en día se conocen más de 24.000 especies de algas, de las cuales sólo unas 50 son comestibles para el hombre y 21 de ellas se usan en la alimentación humana o con fines terapéuticos.

En occidente, las algas se están ganando un lugar en la gastronomía y se está valorizando su uso, aunque no exista una gran cultura al respecto. Es en la costa asiática donde las algas constituyen una parte importante de la dieta, especialmente en Japón, máximo consumidor mundial. Tal vez es por esta razón que la mayoría de algas que utilizamos en alimentación tienen un nombre de origen japonés.

Generalmente, se encuentran a la venta de forma deshidratada, en el interior de bolsas termo-selladas. Esta presentación permite una venta más cómoda ya que reducen su volumen de forma considerable (hasta 7 veces menos voluminosas).

Para su posterior uso pueden ponerse previamente en remojo, aunque también se utilizan directamente deshidratadas. El remojo suele realizarse con agua fría, con un tiempo variable entre las distintas especies, pero nunca menor de 15 minutos. La mayoría están plenamente hidratadas tras media hora y pueden añadirse en crudo a platos ya preparados (como ensaladas) o durante la cocción de todo tipo de recetas.

Su uso “en seco” puede realizarse con las algas enteras, aunque suelen cortarse en tiras

más o menos anchas, tanto a lo largo como a lo ancho, o bien picarse finas hasta hacer coposo polvo. En su forma deshidratada se añaden en sopas, caldos, guisos, etc. y todos aquellos platos que incorporen suficiente líquido como para que se rehidraten.

Su sabor, textura y facilidad de uso las hacen ideales para añadirlas en variados platos tradicionales que pertenecen a nuestro menú habitual, incorporándola como una verdura más, y aprovechando todas sus cualidades y propiedades.

Las algas, a pesar de su aspecto, no son plantas, sino que conforman un grupo diverso de organismos que tienen la peculiaridad de crecer dentro del agua. Debido a la gran variedad de organismos que conforman este grupo de las algas, se ha optado por clasificarlas en función de su color.

De esta manera nos encontramos con las algas pardas (o marrones), las algas rojas y las algas verde-azuladas (o simplemente verdes). El color de las algas dependerá básicamente de la profundidad del mar en la que tienen su hábitat. Esta profundidad marca la cantidad de energía luminosa del sol que reciben y, por tanto, determinan todo su metabolismo.

De forma general, las algas pardas y rojas destacan especialmente por su gran aporte de minerales entre los que destaca el yodo, mineral con importancia a nivel tiroideo. Las algas verdes destacan por ser las mayores fuentes conocidas de clorofila, por encima de verduras como las espinacas y las acelgas.

### **3.3 Sector Extractivo**

En el 2020, el desembarque artesanal ascendió a 428 mil toneladas de algas, cifra 6% mayor respecto al 2019. El 26,7% de las algas se recolectó en la Región de Atacama, seguido de la región de Los Lagos (25,7%), Antofagasta (16,1%), y Coquimbo (15,7%) el resto de las regiones del país suma el 15,85%. De este total de algas, destacan el Huiro negro Chascón (*Lessonia heteroana* y/o *Lessonia spicata* ex *Lessonia nigrescens*), huiro palo (*Lessonia trabaculata*) y el Pelillo (*Agarophyton chilensis* ex *Gracilaria chilensis*) con el 43,9%, 15,7% y 15,0%, respectivamente. El cochayuyo (*Durvillaea antarctica*) representan el 1,8% (7,709 mil t) y chicorea de mar (*Chondracanthus chamissoi*) representa el 0,2 % (680 t) del total recolectado el 2020. (Anuario Estadístico de Pesca y Acuicultura, 2020).

### 3.4 Sector Cultivos

El total de algas cosechadas durante el año 2020, fue de 19,590 mil toneladas, lo que constituye el 1,3% de las cosechas a nivel nacional. Donde, el pelillo representa casi el 83,4% de la cosecha nacional de algas, explotándose mayoritariamente en la Región de Los Lagos.

En el Registro Nacional de Acuicultura se registraron un total de 597 centros de cultivo en el año 2020, de los cuales un 16%, cultivaron principalmente pelillo (*Gracilaria chilensis*) (Anuario Estadístico de Pesca y Acuicultura, 2020).

Para el cochayuyo, no existen centros de cultivo registrados, y para el caso de chicorea de mar, existe una vasta investigación de cultivo, que han generado información “manuales” donde, se entregan todas las herramientas para realizar su cultivo.

### 3.5 Destino de la Producción

La mayor parte de estos recursos algales, ya sea obtenido desde praderas naturales mediante cultivo, son destinados para su comercialización como producto seco (secado de algas), caragenina, agar-agar, colagar o alginatos. En particular, aproximadamente el 90% de las algas extraídas provienen de praderas naturales, a diferencia de los ocurrido en el resto de los mercados mundiales donde esta cifra corresponde solo al 10%.

En relación a las líneas de elaboración del total de alga producidas en el año 2020 (461,770 mil t), un 90% corresponde a alga seca, 4,2% a la obtención de colagar, el 3,1 agar-agar, el 2% carragenano, y el 0,7% constituye el alginato, fresco y congelado. (Anuario Estadístico de Pesca y Acuicultura, 2020).

### 3.6 Antecedentes generales relacionados a la exportación de cochayuyo (*D. antarctica*) y chicorea de mar (*Ch. chamissoi*): apta para consumo humano (AH) y no aptas para consumo humano (NAH).

A continuación, se presentan las exportaciones de cochayuyo y chicorea de mar en relación al tipo de consumo (AH y NAH), según antecedentes recopilados desde Aduana y Sernapesca.

#### 3.6.1 Antecedentes Aduana

Las exportaciones de algas marinas en aduanas, se encuentran ordenadas bajo un código arancelario, el cual corresponde a una clasificación numérica del Sistema Armonizado de

Designación y Codificación de Mercancías (SA) que mantiene la Organización Mundial de Aduanas (OMA), que permite identificar el tipo de productos que se comercian, además de ser una medida para determinar los aranceles o cualquier otro tipo de impuestos que los importadores y exportadores tienen que asumir.

Los códigos arancelarios con los que se exportan las algas cochayuyo (*Durvillaea antarctica*) y chicorea de mar (*Chondracanthus chamissoi*), son los siguientes:

- **12122970** Cochayuyo (*Durvillaea antarctica*) No Apta para consumo Humano -NAH-.
- **12122170** Cochayuyo (*Durvillaea antarctica*) Apta para consumo Humano -AH-.
- **12122150** Chicorea de mar (*Chondracanthus chamissoi*) Apta para consumo Humano -AH-.
- **12122950** Chicorea de mar (*Chondracanthus chamissoi*) No Apta para consumo Humano NAH.

#### **COCHAYUYO APTO PARA CONSUMO HUMANO: Código 12122170**

Las exportaciones de cochayuyo para consumo humano (Cód.: 12122170) desde el año 2012 al 2020 ha disminuido alrededor de un 97%. Las exportaciones durante el año 2012 alcanzaron un total de 956 toneladas de cochayuyo, destinadas principalmente a China y Taiwán, lo que fue disminuyendo considerablemente hasta exportar solo 21 toneladas bajo este código arancelario. Por otra parte, es importante señalar que las exportaciones a la Unión Europea principalmente a España y Holanda se desarrollaron en muy baja cantidad durante el período 2017- 2019 (**Tabla 1**).

En relación a las exportaciones totales por continente Asia es sin duda el mayor importador de alga bajo este código arancelario (**Tabla 2 y 3**).

Una de las principales causas de la disminución de exportaciones de cochayuyo para consumo humano (**Figura 1**), se debe a que, a partir del año 2017, tanto Chile como el país de destino comienzan a exigir a las plantas de proceso, que cuenten con habilitación y posterior resolución sanitaria, la cual debe estar catalogadas como planta A o B.

En términos generales, las plantas de proceso deben estar inscritas en el registro nacional de plantas de transformación, y posteriormente solicitar a Sernapesca la tramitación al Programa de Habilitación de Plantas Pesqueras, quienes fiscalizan la infraestructura y manejo sanitario del establecimiento que elaboran algas destinadas a consumo humano, para luego



definir en qué categoría se encuentra. Al respecto, se definen 4 categorías (A, B, C y D) las que están directamente relacionadas a la cantidad de deficiencias que presenta el establecimiento, siendo las categorías A y B las que presentan menores deficiencias, y, por lo tanto, son aptas para elaborar productos destinados al consumo humano.

**Tabla 1.** Exportaciones (ton) de cochayuyo (*D. antarctica*) para consumo humano (Código arancelario: 12122170), según país de destino entre 2012-2020.

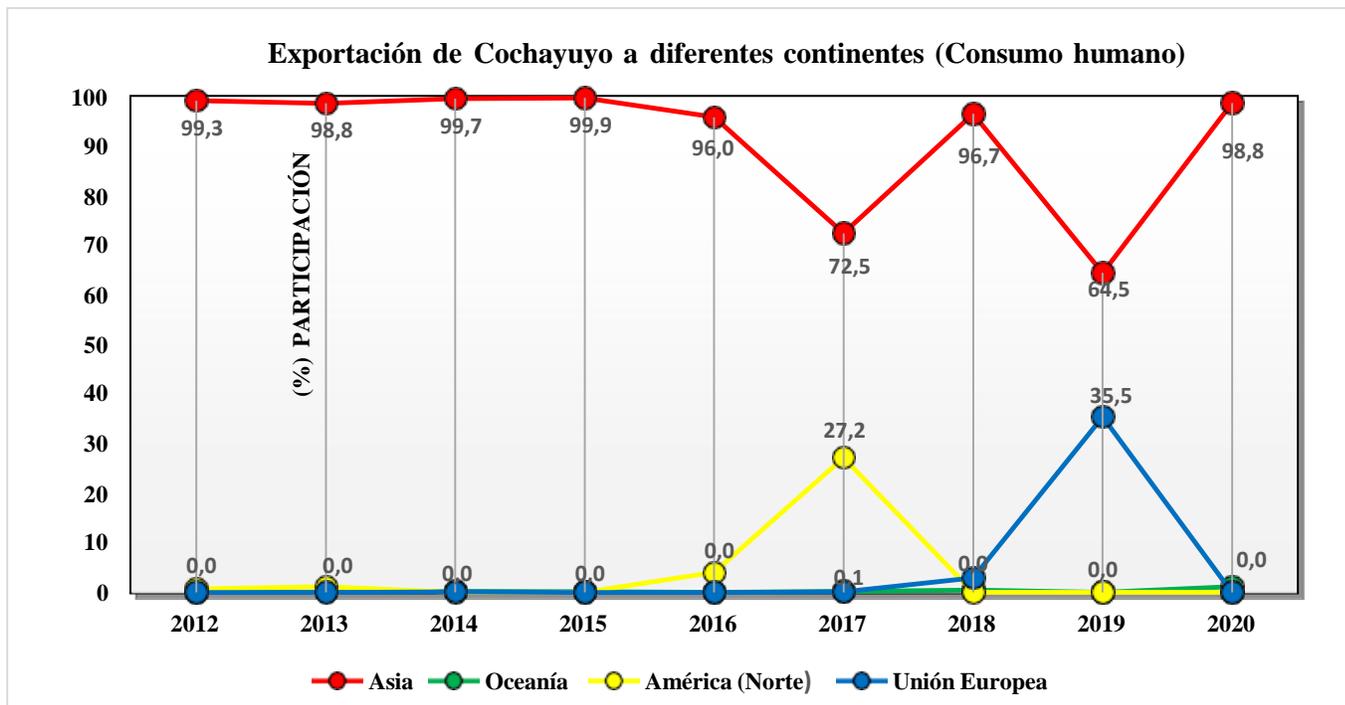
CONTINENTE	(U.E.)	PAISES	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Asia	NO	China	638,9	593,1	190,8	269,2	423,9	91,2	93,9	5,1	0,0
Asia	NO	Japón	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	21,2
Asia	NO	Taiwán	310,7	264,3	9,2	0,0	8,4	0,0	0,0	0,0	0,0
Asia	NO	Hong Kong	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Oceanía	NO	Australia	0,0	0,5	0,4	0,3	0,0	0,3	0,4	0,0	0,3
A. del Norte	NO	E.E.U.U	2,2	0,0	0,0	0,0	18,1	34,2	0,0	0,0	0,0
A. del Norte	NO	Canadá	4,3	10,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Unión Europea	SI	España	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,9	2,8	0,0
Unión Europea	SI	Holanda	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0
Unión Europea	SI	Suecia	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		<b>TONELADAS</b>	<b>956,4</b>	<b>867,9</b>	<b>200,6</b>	<b>269,5</b>	<b>450,4</b>	<b>125,8</b>	<b>97,3</b>	<b>7,9</b>	<b>21,5</b>

**Tabla 2.** Exportaciones (ton) de cochayuyo (*D. antarctica*) para consumo humano (Código arancelario: 12122170), según continente entre 2012-2020.

CONTINENTE	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Asia	949,9	857,4	200,0	269,2	432,3	91,2	94,0	5,1	21,2
Oceanía	0,0	0,5	0,4	0,3	0,0	0,3	0,4	0,0	0,3
América (Norte)	6,5	10,0	0,0	0,0	18,1	34,2	0,0	0,0	0,0
Unión Europea	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,1	2,9	2,8	0,0
<b>TOTAL (ton)</b>	<b>956,4</b>	<b>867,9</b>	<b>200,6</b>	<b>269,5</b>	<b>450,4</b>	<b>125,8</b>	<b>97,3</b>	<b>7,9</b>	<b>21,5</b>

**Tabla 3.** Porcentaje de incidencia en las exportaciones (ton) de cochayuyo (*D. antarctica*) para consumo humano (Código arancelario: 12122170), según continente entre 2012-2020.

CONTINENTE	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Asia	99,32	98,79	99,71	99,89	95,98	72,52	96,65	64,54	98,83
Oceanía	0,00	0,06	0,18	0,11	0,00	0,20	0,41	0,00	1,17
América (Norte)	0,68	1,15	0,00	0,00	4,02	27,18	0,00	0,00	0,00
Unión Europea	0,00	0,00	0,11	0,00	0,00	0,10	2,94	35,46	0,00
<b>TOTAL (%)</b>	<b>100</b>								



**Figura 1.** Exportaciones de cochayuyo v/s total exportado, bajo la denominación consumo humano. (Código: 12122170). Fuente Aduanas – elaboración propia.

**COCHAYUYO NO APTO PARA CONSUMO HUMANO: Código 12122970**

Con respecto a las exportaciones de cochayuyo no apto para consumo humano. En orden de importancia, China lidera las importaciones bajo este código arancelario de manera consistente durante el período comprendido entre los años 2012 a 2020, con porcentajes que van desde un 69% a un 90%, en segundo lugar, Taiwán con valores que oscilan entre 9% y 21% y en tercer lugar Noruega con porcentajes menores al 13% (**Tabla 4**). En relación a los porcentajes de exportaciones a los diferentes continentes, se observa algo similar a lo anteriormente descrito, donde Asia lidera las importaciones con un 86% y 100% para el periodo comprendido entre los años 2012 – 2020; y en segundo lugar la Unión Europea con un 3% y 12% de participación (**Tabla 5 y 6**), durante el mismo período de tiempo de manera continua (**Figura 2**).

**Tabla 4.** Exportaciones (ton) de cohayuyo (*D. antarctica*) no aptas para consumo humano (Código arancelario: 12122970), según país de destino entre 2012-2020.

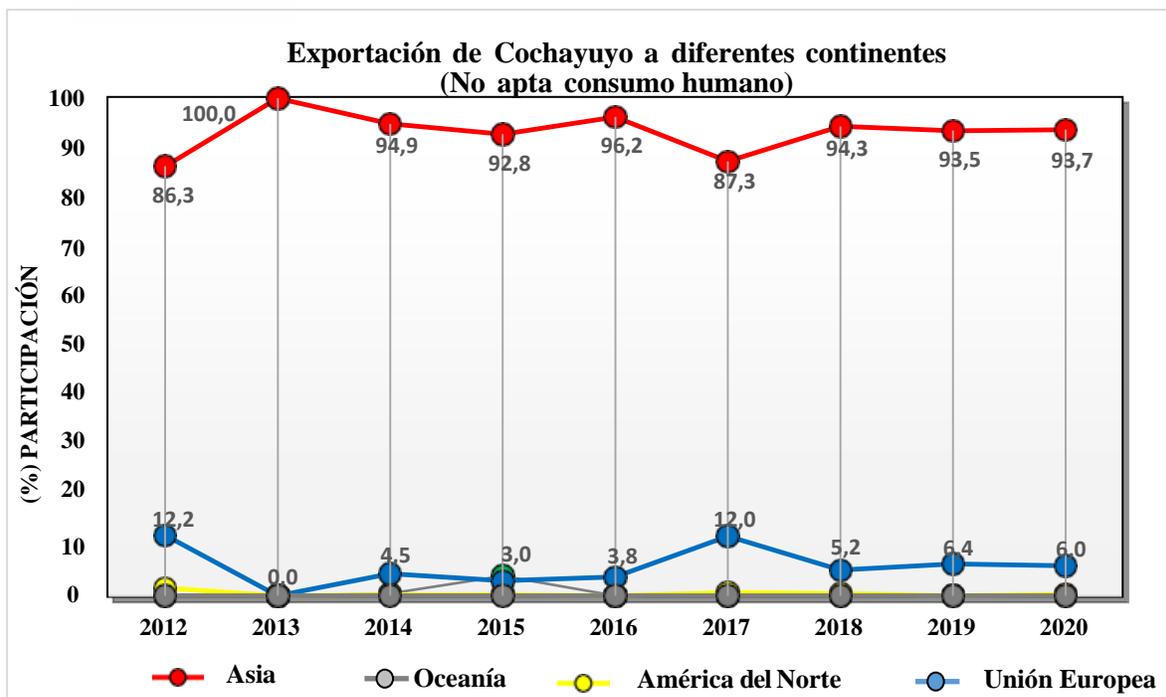
CONTINENTE	(U.E.)	PAÍS	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Asia	NO	China	960,1	1.488,0	1.643,9	1.704,7	1.793,5	1.398,9	2.588,8	1.881,7	1.522,5
Asia	NO	Japón	0,4	0,0	0,0	3,8	1,1	0,0	0,0	0,0	21,6
Asia	NO	Taiwán	146,5	149,9	485,2	350,0	289,5	350,8	349,9	254,1	265,4
Asia	NO	Hong Kong	6,8	0,4	0,2	0,0	40,6	5,0	0,0	0,0	0,0
Asia	NO	Vietnam	0,0	8,1	0,0	0,0	0,0	0,0	4,7	0,4	2,1
Oceanía	NO	Australia	0,0	0,0	10,0	88,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Oceanía	NO	Nueva Zelandia	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0	0,0
A. del Norte	NO	E.E.U.U	19,7	0,0	0,0	0,0	0,0	13,8	15,2	0,0	0,0
A. del Norte	NO	Canadá	0,0	0,0	5,1	4,9	0,0	0,0	0,0	0,0	5,4
Unión Europea	SI	España	0,0	0,0	0,0	2,4	2,2	0,0	5,5	0,0	0,0
Unión Europea	SI	Noruega	156,9	0,0	100,1	64,6	81,2	203,6	156,2	146,0	116,8
Unión Europea	SI	Francia	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	16,7	0,0	0,0	0,0
Unión Europea	SI	Italia	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	21,0	0,0	0,0	0,0
África	NO	Sudáfrica	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<b>TOTAL (ton)</b>			<b>1.290,4</b>	<b>1.646,9</b>	<b>2.244,5</b>	<b>2.219,0</b>	<b>2.208,1</b>	<b>2.009,8</b>	<b>3.120,3</b>	<b>2.285,2</b>	<b>1.933,8</b>

**Tabla 5.** Exportaciones (ton) de cochayuyo (*D. antarctica*) no apto para consumo humano (Código arancelario: 12122970), según continente entre 2012-2020.

CONTINENTE	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Asia	1.113,8	1.646,4	2.129,4	2.058,6	2.124,7	1.754,7	2.943,4	2.136,1	1.811,6
Oceanía	0,0	0,0	10,0	88,6	0,0	0,0	0,0	3,0	0,0
América (Norte)	19,7	0,0	5,1	4,9	0,0	13,8	15,2	0,0	5,4
Unión Europea	156,9	0,0	100,2	67,0	83,4	241,3	161,7	146,0	116,8
Sudáfrica	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<b>TOTAL (ton)</b>	<b>1.290,4</b>	<b>1.646,9</b>	<b>2.244,7</b>	<b>2.219,1</b>	<b>2.208,1</b>	<b>2.009,8</b>	<b>3.120,3</b>	<b>2.285,1</b>	<b>1.933,8</b>

**Tabla 6.** Porcentaje de incidencia en las exportaciones (ton) de cochayuyo (*D. antarctica*) no apto para consumo humano (Código arancelario: 12122970), según continente entre 2012-2020.

CONTINENTE	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Asia	86,32	99,97	94,86	92,77	96,22	87,31	94,33	93,48	93,68
Oceanía	0,00	0,00	0,45	3,99	0,00	0,00	0,00	0,13	0,00
América (Norte)	1,52	0,00	0,23	0,22	0,00	0,69	0,49	0,00	0,28
Unión Europea	12,16	0,00	4,46	3,02	3,78	12,00	5,18	6,39	6,04
Sudáfrica	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>TOTAL (%)</b>	<b>100</b>								



**Figura 2.** Exportaciones de cochayuyo v/s total exportado, bajo la denominación no apto para consumo humano. (Código: 12122970). Fuente Aduanas- elaboración propia.

### **COCHAYUYO PARA CONSUMO HUMANO v/s TOTAL EXPORTADO**

(Total exportado = Consumo Humano + No apto para Consumo Humano)

En relación a las exportaciones de cochayuyo para consumo humano, es posible observar que hasta el año 2016 el continente asiático importaba cerca de 2.327 toneladas, seguido de Sudáfrica (450 ton), Unión Europea (83 ton) y América del Norte (18 ton) (**Tabla 7**). Posterior al año 2016, el porcentaje de incidencia disminuye considerablemente hasta el 2020 (**Tabla 8**). En términos generales, antes del año 2016 China, como principal importador, no exigía certificaciones específicas para importar cochayuyo bajo el código arancelario 12122170 (aptas para consumo humano). Sin embargo, desde el año 2017 en adelante exige una serie de certificaciones, lo que repercute considerablemente en las exportaciones (**Figura 3**), debido a que las empresas no cuentan con certificación sanitaria A o B.

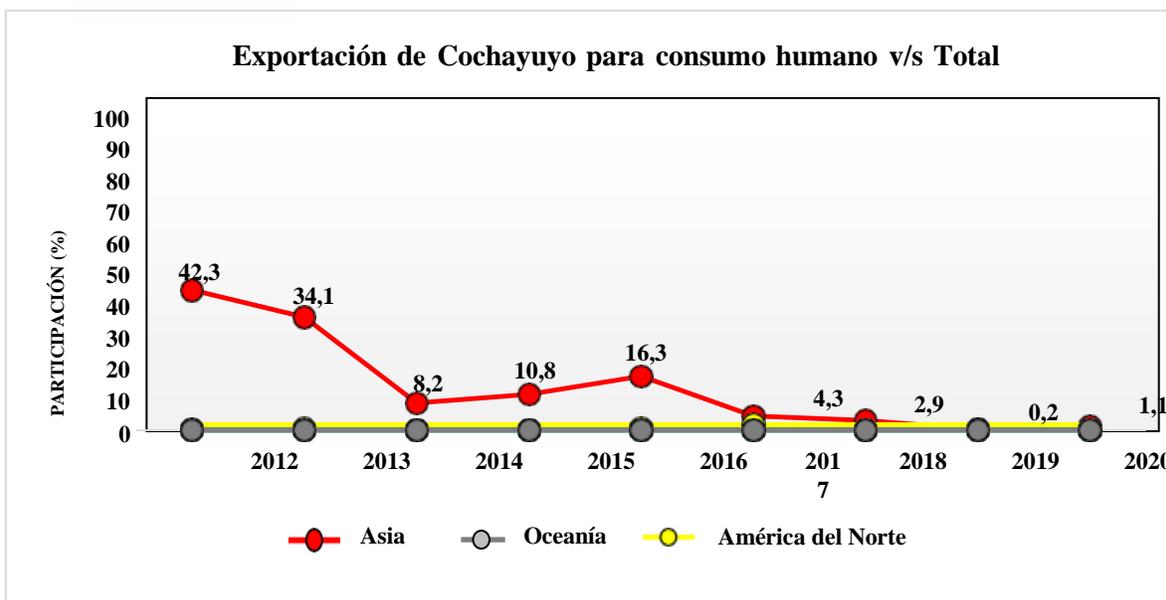
Por otra parte, la Unión Europea además de exigir resolución sanitaria, para la exportación de algas para consumo humano, determina que las empresas deben contar con la certificación de Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control –HACCP- (siglas en inglés Hazard Analysis and Critical Control Points), la que permite garantizar la inocuidad alimentaria y que actualmente ninguna empresa en Chile posee.

**Tabla 7.** Exportaciones totales (toneladas consumo humano + no aptas consumo humano) de cochayuyo (*D. antarctica*), según continente entre 2012-2020.

CONTINENTE	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Asia	2.063,7	2.503,8	2.329,3	2.327,7	2.557,0	1.845,8	3.037,4	2.141,2	1.832,8
Oceanía	0,0	0,5	10,4	88,9	0,0	0,3	0,4	3,0	0,3
América (Norte)	26,2	10,0	5,1	4,9	18,1	47,9	15,2	0,0	5,4
Unión Europea	156,9	0,0	100,4	67,0	83,4	241,4	164,6	148,8	116,8
Sudáfrica	956,4	868,3	200,5	269,5	450,5	125,7	97,3	7,9	21,4
<b>TOTAL (ton)</b>	<b>3.203,2</b>	<b>3.382,6</b>	<b>2.645,7</b>	<b>2.758,0</b>	<b>3.109,0</b>	<b>2.261,1</b>	<b>3.314,9</b>	<b>2.300,9</b>	<b>1.976,7</b>

**Tabla 8.** Porcentaje de incidencia en las exportaciones totales (ton) de cochayuyo (*D. antarctica*), aptas para consumo humano según continente entre 2012-2020

CONTINENTE	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Asia	42,28	34,10	8,18	10,82	16,26	4,27	2,92	0,22	1,08
Oceanía	0,00	0,02	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01	0,00	0,01
América (Norte)	0,29	0,40	0,00	0,00	0,68	1,60	0,00	0,00	0,00
Unión Europea	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,09	0,12	0,00
Sudáfrica	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>TOTAL (%)</b>	<b>42,57</b>	<b>34,52</b>	<b>8,20</b>	<b>10,83</b>	<b>16,94</b>	<b>5,89</b>	<b>3,02</b>	<b>0,34</b>	<b>1,09</b>



**Figura 3.-** Exportaciones de cochayuyo a diferentes continentes (Consumo humano) v/s total exportado (Consumo humano + No apta para consumo humano).

### 3.6.2 Antecedentes SERNAPESCA

Al comparar las exportaciones señaladas por SERNAPESCA con las de Aduanas, es posible indicar que la información presente en SERNAPESCA no se encuentra separadas por tipo de exportación, es decir, algas para consumo humano y no aptas para consumo humano, lo cual podría ser difícil de diferenciar en las estadísticas de exportaciones. No obstante, y tal como fue descrito anteriormente posterior al año 2016, podemos inferir que la mayor parte de las exportaciones corresponden a algas No Aptas para consumo Humano. En la **Tabla 9**, se muestran las exportaciones registradas durante el periodo 2015 – 2020, lo cual coincide con la información de Aduanas, mostrando a Asia (China) como el principal importador y en tercer lugar la Unión Europea (Noruega).

**Tabla 9.** Exportaciones en toneladas de Cochayuyo (*Durvillaea antarctica*) (Consumo humano + No apto para consumo humano), según país de destino

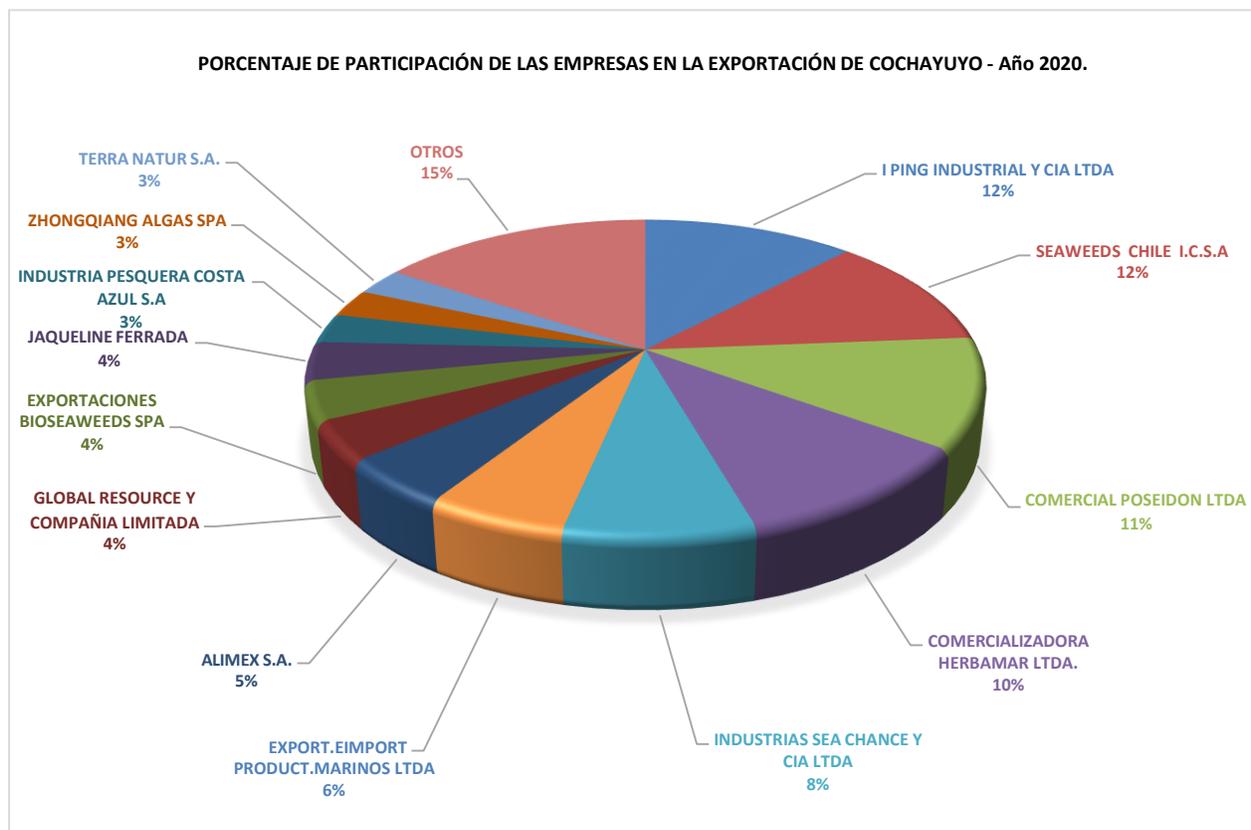
CONTINENTE	PAÍS	2015	2016	2017	2018	2019	2020
ASIA	CHINA	2.648	2.194	1.361	3.312	2.147	1.575
ASIA	TAIWAN (Formosa)	294	212	288	539	396	133
ASIA	TAIWAN	42	98	328	238	135	141
ASIA	JAPON	14	7	0	0,09	0	43
ASIA	HONG KONG	0,001	12	0	0	0,002	0
ASIA	TAILANDIA	0,01	2	26	0	0	0
ASIA	COREA DEL SUR	5	0	0	0	0	0
ASIA	VIETNAM	0	0	0	4	0,3	2
OCEANIA	AUSTRALIA	115	0	0,25	0,4	0	0,3
OCEANÍA	NUEVA ZELANDIA	0	0	0	0	17	0
AMERICA (NORTE)	CANADA	4	0	0	0	0	4,4
AMERICA (NORTE)	ESTADOS UNIDOS	0	54	0	15	0	0
AMERICA (NORTE)	U.S.A.	0	7	4	0	0	0
U.E	NORUEGA	65	84	203	161	146	139
U.E	FRANCIA	0,1	0	17	95	8	0
U.E	ESPAÑA	18	2	0	22	2	0
U.E	DINAMARCA	52	0	0	78	0	0
U.E	HOLANDA	0	0	0,17	0	0	0
U.E	ITALIA	0	0	5	0	0	0
<b>TOTAL (ton)</b>		<b>3.257,111</b>	<b>2.672,00</b>	<b>2.232,42</b>	<b>4.464,49</b>	<b>2.851,302</b>	<b>2.037,70</b>

Por otra parte, es importante señalar que Sernapesca presenta información relevante con respecto a las principales empresas exportadoras y países de destino. Según los datos informados, se registran un total de 60 empresas exportadoras de cochayuyo a nivel nacional, cuyas exportaciones para el año 2020 fluctuaron entre las 246 y 0,3 toneladas. Es importante señalar, que solo un 25% de éstas superan las 50 toneladas anuales exportadas las que alternan su posición entre un año y otro, y en general podríamos indicar que, en promedio, 28 empresas exportan de manera constante (**Tabla 10**), liderando las estadísticas las empresas I Ping Industrial y Cía. Ltda. (Origen Taiwanés) y Seaweed Chile I.C.S.A, con un 12% de participación durante el año 2020 (**Figura 4**).

**Tabla 10.** Listado de plantas de proceso y comercializadoras de Cochayuyo (*D. antarctica*) que registran exportaciones durante el período 2015-2020.

N°	EXPORTADOR	2015	2016	2017	2018	2019	2020
1	I PING INDUSTRIAL Y CIA LTDA	300,6	383,7	678,9	801,3	844,2	246,1
2	SEAWEEEDS CHILE I.C.S.A	439,3	511,9	329,7	457,2	196,6	237,4
3	COMERCIAL POSEIDON LTDA	135,3	163,6	6,2	171,3	229,3	228,2
4	COMERCIALIZADORA HERBAMAR LTDA.	-	-	24,3	212,1	203,6	216,0
5	INDUSTRIAS SEA CHANCE Y CIA LTDA	125,3	141,1	161,3	155,0	180,6	159,2
6	EXPORT.EIMPORT PRODUCT.MARINOS LTDA	159,0	177,3	143,0	155,4	127,7	118,1
7	ALIMEX S.A.	64,6	125,0	162,0	79,5	83,2	98,3
8	GLOBAL RESOURCE Y COMPAÑIA LIMITADA	-	-	-	-	-	81,0
9	EXPORTACIONES BIOSEAWEEEDS SPA	27,8	112,0	42,1	141,4	53,4	80,7
10	JAQUELINE FERRADA	-	-	-	-	53,5	80,0
11	INDUSTRIA PESQUERA COSTA AZUL S.A	44,6	125,1	54,7	96,3	78,1	61,2
12	ZHONGQIANG ALGAS SPA	-	-	-	37,6	172,3	57,8
13	TERRA NATUR S.A.	261,0	212,6	185,1	161,9	109,7	56,0
14	PACIFIC SEAWEEED CHILE S.P.A.	-	-	-	4,0	21,0	55,2
15	ANIVIEN y CIA LTDA.	165,0	136,5	95,0	140,2	19,9	48,5
16	OCETEC SPA	-	-	-	-	-	43,3
17	EXPORTADORA HARUMI OSAWA E.I.R.L.	-	-	-	-	-	42,5
18	SEAWEEED EXPORT COMPANY S.A	-	40,0	60,0	134,4	85,0	41,0
19	DELTA PRODUCTS LTDA	-	-	-	185,7	40,3	24,5
20	PRÓSPERO SEGUNDO ESPINOZA BARRAZA	-	-	-	-	-	18,0
21	NATURAL SEAWEEEDS SPA	132,2	113,0	44,1	377,7	89,2	17,9
22	ATLANTIC PEARL CHILE LTDA.	9,7	-	-	24,0	55,0	15,6
23	IMP EXP FUSEN CHILE LTDA.	-	-	2,8	21,7	-	9,3
24	INVERSIONES BORDESUR SPA	-	-	-	-	-	1,9
25	COMERCIAL DLP INTERNACIONAL SPA	0,3	-	0,3	0,4	-	0,3
26	AGRÍCOLA RODRIGO MALDONADO ROSALES E.I.R.L.	-	-	-	0,7	-	0,0
27	IMPERIO SPA	-	-	7,5	83,5	66,5	-
28	NH FOODS CHILE y CIA LTDA	852,5	126,1	64,9	109,7	55,5	-
29	IMPORTADORA Y EXPORTADORA GUANGJIN LTDA.	102,5	87,2	27,3	136,6	33,5	-

30	CAMPO Y MAR LIMITADA	-	-	-	-	15,0	-
31	COMERCIALIZADORA FALKON LTDA	-	-	-	-	8,0	-
32	KENMAR SPA	-	-	-	-	7,5	-
33	INMOBILIARIA E INVERSIONES YI XUANG TONGSPA	-	-	9,6	56,6	7,2	-
34	OLIVARES Y VIVANCO LIMITADA	-	-	-	-	7,0	-
35	AUSTRAL GARDEN S. A.	41,3	114,2	70,7	95,0	7,0	-
36	SOCIEDAD BUENALIMENTO LTDA	18,0	1,7	-	22,6	2,1	-
37	COMERCIAL HUA XIANG SPA	-	-	-	430,6	-	-
38	DE LA CERDA Y COMPAÑIA LIMITADA	-	-	-	95,1	-	-
39	PRODUCTORA DE ALGAS MARINAS LTDA	-	-	40,0	32,0	-	-
40	AUSTRAL HARVEST S.A.	-	-	-	28,0	-	-
41	SOCIEDAD IMPORTADORA, EXPORTADORA Y COMERCIAL BAHÍA SPA.	-	54,2	5,0	15,0	-	-
42	COMERCIALIZADORA DE PRODUCTOS DEL MAR	28,0	-	-	13,0	-	-
43	ALGA NATIVA SPA	-	-	-	5,7	-	-
44	IMPORTADORA Y EXPORTADORA LW INDASH LTDA.	-	7,0	12,4	4,5	-	-
45	ALGUEROS DE NAVIDAD	-	-	0,2	-	-	-
46	BIOSEAWEEEDS .S. A.	66,8	-	-	-	-	-
47	CARLOS EDUARDO RYUSKEKA NODA MORI	-	20,7	-	-	-	-
48	COMERCIAL ORELLANA LIMITADA	-	20,0	-	-	-	-
49	COMERCIALIZADORA ALGAS COQUIMBO SPA	36,1	-	-	-	-	-
50	FLAMING PHENIX SPA	-	-	5,0	-	-	-
51	INGENIERÍA EN REDES Y GESTIÓN LTDA.	13,0	-	-	-	-	-
52	LIEN FA HONG PRODUCTS LTDA.	22,5	-	-	-	-	-
53	MAGNUM LOGISTICS SPA	27,2	-	-	-	-	-
54	MINGYUE CHILE S.A.	63,5	-	-	-	-	-
55	QUIMICA ARTEPASTA LIMITADA	115,0	-	-	-	-	-
56	SOCIEDAD T Y T SEAWEEED PROCESSOR LTDA	0,0	-	-	-	-	-
57	SOCIEDAD EXPORTADORA DE PRODUCTOS MARINOS Y AGRICOLAS LTDA	5,0	-	-	-	-	-
58	PRODUCTORA DE AGAR S.A	1,0	-	-	-	-	-
59	ATLANTIS FOODS SPA	-	0,0	-	-	-	-
60	SPINETECH CHILE S.A	-	5,8	-	-	-	-
<b>TOTAL (ton)</b>		<b>3.256,9</b>	<b>2.678,8</b>	<b>2.232,0</b>	<b>4.485,6</b>	<b>2.852,1</b>	<b>2.037,9</b>
<b>NÚMERO DE PLANTAS QUE EXPORTARON</b>		<b>28</b>	<b>22</b>	<b>25</b>	<b>34</b>	<b>28</b>	<b>26</b>



**Figura 4.** Porcentaje de participación de las empresas procesadoras y comercializadoras exportadoras de cochayuyo (*Durvillaea antarctica*) durante el año 2020.

Finalmente, en la **Tabla 11** se presentan las plantas de proceso que han participado del Programa de Control Sanitario y que cuentan con autorización para la exportación de algas para consumo humano (Código arancelario 12122170). Del total de empresas, actualmente solo Terranatur S.A exporta algas para consumo humano a China y un total de 5 empresas exportan a Corea bajo el mismo código arancelario. Con respecto a la UE, ninguna de las empresas cumple con los requisitos para poder exportar este tipo de productos.

Por el contrario, a lo que ocurre con la UE, el mercado asiático presenta mayor flexibilidad en cuanto a la normativa de algas para consumo humano y, además, para el caso particular de China, aquellas empresas que quieran exportar pueden certificarse directamente para generar un código de entrada, facilitando el ingreso de productos para consumo humano, tal como ocurre con la empresa Terranatur S.A.

**Tabla 11.** Listado Nacional de plantas de Procesos, participantes del Programa de Control Sanitario, según líneas de elaboración y autorizaciones de mercado.

Código	Razón Social	Región	Ubicación	Unión Europea	China	Corea
3273	Comercial ABO Ltda.	Atacama	Freirina	-	-	-
6020	Sociedad Buen alimento Ltda.	LBO	Rancagua	-	-	-
6023	Fed. De Trab. Ind. de Pesc. Art. Alg. Y Buzos de Navidad	LBO	Navidad	-	-	-
8339	Del Sur S.A	Ñuble	Quillón	-	-	-
8355	Atlantic Pearl Chile Ltda.	Ñuble	Chillan	-	-	<b>SI</b>
8409	Productos del Mar Patricio Osvaldo Aliste Araneda EIRL	Ñuble	Cobquecura	-	-	<b>SI</b>
8145	Terra Natur S.A	Bío- Bío	Talcahuano	-	<b>SI</b>	-
8352	I Ping Industrial y CIA Ltda.	Bío- Bío	Concepción	-	-	-
8379	Bio Algas Chile Spa	Bío- Bío	Lota	-	-	<b>SI</b>
8423	Agromar Santa Magdalena S.A	Bío- Bío	Cabrero	-	-	-
8438	Imperio Spa	Bío- Bío	Coronel	-	-	<b>SI</b>
14008	Carlos Kuschel Alvarado	De los Ríos	Mariquina	-	-	<b>SI</b>
10922	Deltan Product Ltda.	De los Lagos	Calbuco	-	-	-

Fuente: Sernapesca, septiembre 2021 – Elaboración propia.

## 4. METODOLOGÍA DE TRABAJO

### 4.1 Marco Conceptual

La metodología propuesta, comienza con el estudio exhaustivo de bibliografía pertinente y relevante para el diagnóstico de la situación actual productiva y de mercado de *Durvillaea antarctica* (cochayuyo) y *Chondracanthus chamissoi* (chicorea de mar), para este análisis se utilizaron fuentes primarias y secundarias.

Así, para cumplir con los objetivos específicos, se hace relevante proceder a estructurar las cadenas de valor asociadas a todos los actores participantes de la industria encuestada. Para ello, se consideró como fundamento la propuesta metodológica de CEPAL, en base a lo establecido por la Agencia Alemana de Cooperación Internacional (GIZ) y la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI). Esta metodología considera seis pasos operacionales que garantizan la adecuada estructuración de una cadena de valor independiente del sector industrial o producto al que se aplique.

Asimismo, se realizó un diagnóstico del proceso productivo, indicando sus mejoras para lograr obtener nuevos productos que pudieran desarrollarse para el consumo humano, a través de encuestas y entrevistas.

Al mismo tiempo se determinó las posibles barreras o condicionantes productivo-comerciales y el contexto normativo en que deben desenvolverse los productos en cuestión, se realizó un levantamiento completo de los requerimientos productivos, legales-normativos, sanitarios, de comercialización, que permitan, posibiliten y/o favorezcan transar los productos de consumo humano directo de cochayuyo y chicorea de mar en el mercado de la Unión Europea. Se determinaron las instituciones relacionadas con los permisos sectoriales y requerimientos para la recolección y cultivo de macroalgas destinadas a consumo humano, pasando por procesamiento, exportación y disposición en mercado de destino. Para ello se realizó una búsqueda exhaustiva desde fuentes secundarias y entrevistas semi-estructuradas con autoridades y profesionales representantes de las empresas involucradas.

Se realizó una caracterización química y microbiológica de las especies en estudio entre las regiones de Atacama y Los Lagos, obteniendo muestras secas y frescas de diferentes regiones del país. Se seleccionó muestras representativas de las principales zonas de recolección de ambas especies, basándose en datos de desembarque nacional. Las algas frescas fueron tratadas previo

al secado, para permitir obtener alga seca con características adecuadas para cumplir los requerimientos de la regularización de la UE para “*novel food*”, al mismo tiempo se realizó un segundo tratamiento a algas secas derivadas de las principales plantas de proceso exportadoras, aplicando Acido etilendiamino tetraacético (EDTA), más ultrasonido. Los análisis fueron ejecutados por laboratorio certificado, y autorizado por el Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura, y es el mismo laboratorio que analizó las muestras en el proyecto FASE I.

Un capítulo importante corresponde al estudio dedicado a la viabilidad de apertura al mercado de la Unión Europea, considerando las barreras impuestas para consumo de “*novel food*”, presentando las brechas existentes a nivel nacional y posibles acciones para superar estas brechas.

La presente metodología también considera el establecimiento de la inocuidad y calidad de los productos de las algas cochayuyo y chicorea de mar desde el punto de vista sanitario y toxicológico en las zonas de recolección de ambas algas a nivel nacional, y que eventualmente pudieran cumplir con la norma de importación de la UE.

Finalmente se propone un dossier (español/inglés) y solicitud de *novel food*, de acuerdo a los requerimientos de la normativa de la UE, es importante destacar que el dossier de esta propuesta no considera una serie de análisis que son imprescindibles para la entrada a la UE, que se discuten y valorizan para su posterior ejecución.

#### **4.2 Área de Influencia**

El área de influencia del presente estudio abarca las regiones de Atacama, Coquimbo, Libertador Bernardo O’Higgins, Maule, Bío-Bío, Los Ríos y Los Lagos; donde habita naturalmente las especies en estudio *Durvillaea antarctica* y *Chondracanthus chamissoi*.

En base a los volúmenes de desembarque nacional, fueron seleccionados los sectores con mayor volumen desembarcados para ambas especies, así como también fueron seleccionadas las plantas de proceso que procesan la mayor cantidad de algas estudiadas.

## RESULTADOS

A continuación, se presenta el análisis de los objetivos N°1 y N°2 a partir de la información recopilada de Aduana, SERNAPESCA, información bibliográfica, trabajos científicos, entrevistas y encuestas efectuadas al sector productivo.

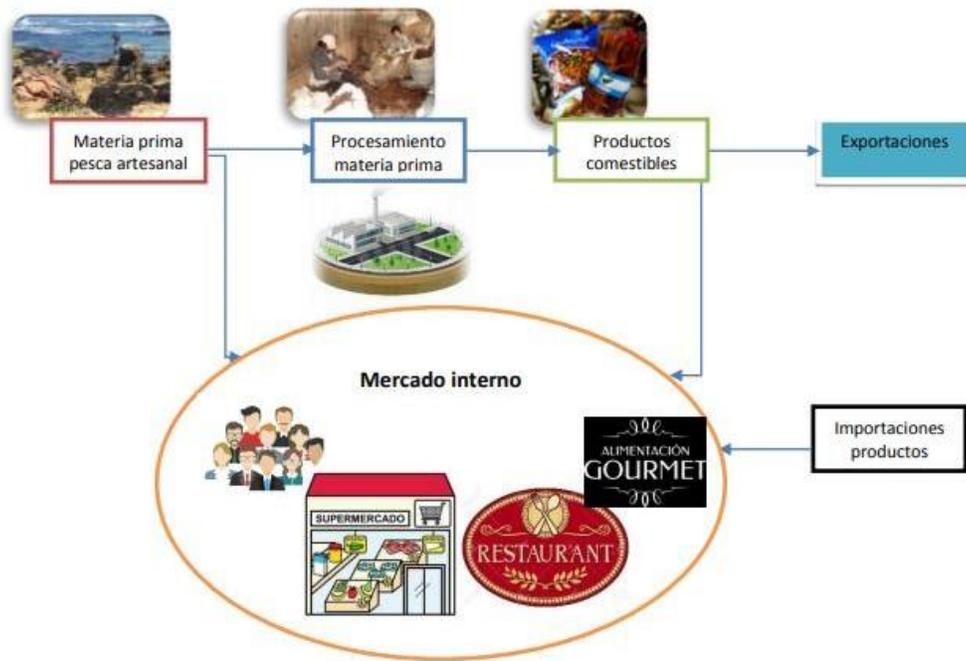
5. **Objetivo N°1:** Establecer mejoras en el proceso productivo de macroalgas para identificar nuevos productos que pudieren desarrollarse para el consumo humano, en aquellas zonas aptas para comercializar cochayuyo y chicorea de mar en la UE y otros mercados internacionales.

**Objetivo N° 2:** Determinar mejoras en la cadena de extracción y/o recolección, procesos, productivos, tecnológicos y de comercialización para el cumplimiento de los requisitos sanitarios nacionales y los establecidos en la UE.

El proceso productivo de las macroalgas destinado a consumo humano está dada por aquellas empresas productoras y comercializadoras, empresas que participan directamente del proceso de generación de valor a los productos o servicios de la industria. Por lo tanto, corresponden al núcleo productivo, cuyos flujos físicos de productos están vinculados con distintas empresas proveedoras.

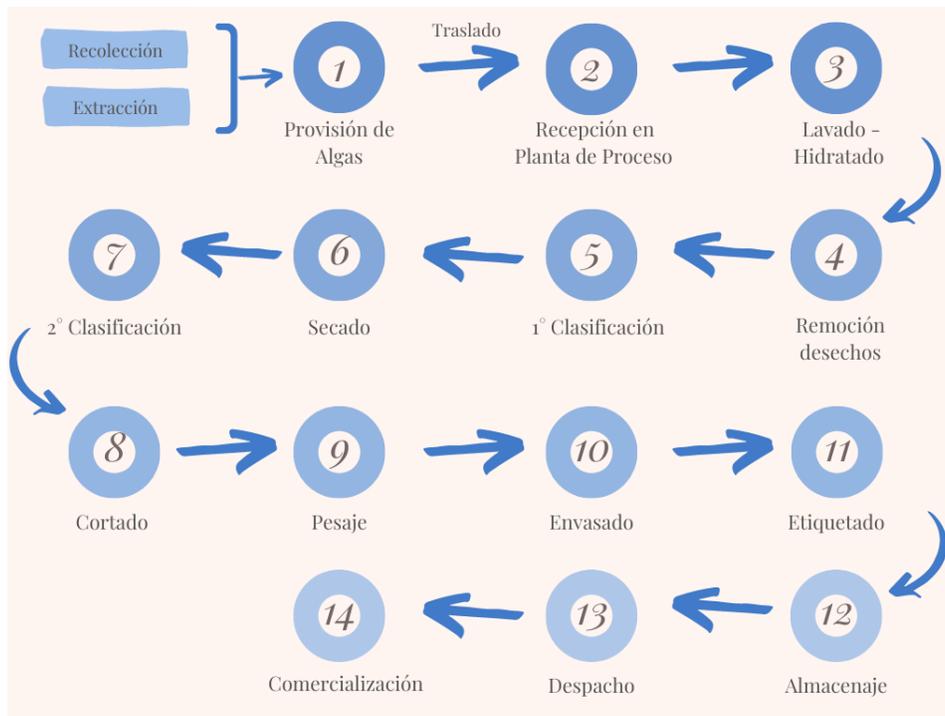
En términos generales, el flujo comienza con la extracción de algas para consumo humano por parte de pescadores artesanales que las extraen principalmente desde áreas de manejo (AMERB's) y un menor porcentaje desde áreas libres. Posteriormente, el recurso se vende semi seco a la planta de proceso a través de intermediarios y en un menor porcentaje de manera directa. Así, el alga como materia prima está disponible para procesos de elaboración, los cuales varían según el tipo de alga, las empresas procesadoras y los productos demandados.

Los productos elaborados en plantas de mayor tamaño, que es donde nos situaremos en esta propuesta, son orientados al mercado externo, principalmente Asia, para su consumo directo con otros alimentos o bien para proceso industrial u otros usos para alimentación humana (**Figura 5**).

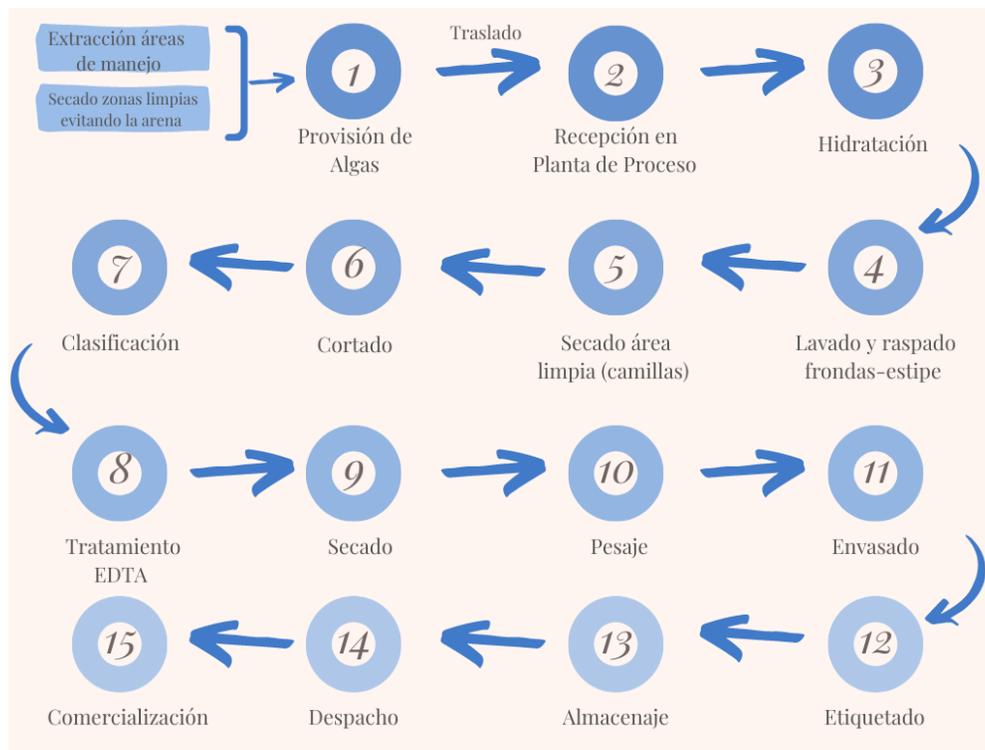


**Figura 5.** Cadena productiva de macroalgas destinadas a consumo humano (Fuente: Ávila et al., 2021).

Los procesos productivos que actualmente se realizan en las distintas plantas de proceso de algas para consumo humano a nivel nacional, no cumplen con los estándares necesarios para obtener un producto de calidad y apto para consumo humano, según la normativa de la Unión Europea, principalmente porque las algas chilenas en general presentan altas concentraciones de metales pesados lo que conduce a que no sean alimentos seguros. En **Figura 6** se presenta el proceso productivo generalizado de las plantas de proceso de algas. Tal como se indicó anteriormente, las algas son recolectadas por pescadores o algueros -recolectores-extractores. y/o intermediarios que no se preocupan de realizar un secado adecuado a las algas (secan en la playa), por lo tanto, las algas llegan a la planta proceso con un volumen considerable de arena. En la **Figura 7** se sugiere un proceso productivo, que permite obtener algas (cochayuyo) con niveles sanitarios y toxicológicos adecuados para ser importado a la Unión Europea.



**Figura 6.** Proceso productivo en la mayoría de las empresas chilenas que procesan cochayuyo y chicorea de mar (Elaboración propia).



**Figura 7:** Proceso productivo sugerido para que las empresas procesadoras puedan exportar a la UE (cochayuyo), cumpliendo con los niveles sanitarios y toxicológicos (Elaboración propia).

En relación a la inocuidad de las algas estudiadas, estos resultados se presentan en mayor profundidad en los objetivos N°4 y N°5. Sin embargo, es importante señalar que las mejoras que se detallan a continuación tienen directa relación con los resultados obtenidos en este punto.

A continuación, se señalan una serie de mejoras que podrían contribuir eventualmente a potenciar la entrada de cochayuyo y chicorea de mar al mercado europeo.

### **5.1 Mejoras en la extracción y recolección: Se propone cambiar el período de cosecha de preferencia a épocas de otoño e invierno.**

La capacidad de acumulación de metales en las macroalgas viene determinada por diversos factores tales como su origen geográfico, características ambientales del agua donde las algas crecen (temperatura del agua, salinidad, luz, pH, estación del año), fisiología de la macroalga (edad, afinidad de la especie para acumular metales) e incluso la manera de procesarlas (Kolb et al., 2004; MacArtain et al., 2007; Mabeau y Fleurence, 1993; Campos et al., 1987).

Al hacer estudio sobre la contaminación por metales traza de la zona costera chilena, Valdés et al. (2006), indica sobre la concentración de Cadmio (Cd) presente en el norte de Chile, específicamente en la Bahía de Mejillones, hace referencia a los diversos mecanismos que han sido propuestos para explicar la geoquímica de este metal en el ambiente marino. Por una parte, se ha reportado que el oxígeno disuelto juega un rol importante en el comportamiento de este metal en las aguas subsuperficiales ya que tiende a precipitar cuando se generan condiciones micróxicas/anóxicas próximas al piso marino (Saager et al. 1992, Rosenthal et al. 1995, Van Geen et al. 1995, Mosford y Emerson, 1999).

Por otra parte, se ha propuesto que la surgencia es uno de los mecanismos más importantes que regulan la distribución de cadmio en las aguas superficiales de diferentes ambientes costeros (Van Geen et al., 1992, Van Geen y Husby, 1996). Ambas características han fundamentado su utilización como un marcador de circulación de masas de agua y de reconstrucciones paleo-oceanográficas (Boyle, 1988, Takesue et al., 2004). Sin embargo, no es posible generalizar estas interpretaciones a todos los ambientes costeros, por lo que se hace

necesario evaluar dichas hipótesis en cada uno de los ecosistemas que presentan características oceanográficas propicias (intensa surgencia, bajos niveles de oxígeno en el agua subsuperficial) para realizar reconstrucciones paleoambientales (Nameroff et al., 2002, Takesue et al., 2004).

Otros estudios desarrollados en relación al origen y distribución del cadmio en las costas del Norte de Chile, específicamente Mejillones señalan que:

- La mayor influencia de cadmio en el mar, estaría determinada más bien por un origen marino que por un aporte continental (Schropp et al. 1990, Wehausen y Brumsack 1998, Takesue et al. 2004, Valdés et al., 2005)
- La variación temporal de cadmio en las aguas superficiales está asociada a las fluctuaciones de la clorofila a y la temperatura. Esto sugiere que, a escala estacional, la producción de biomasa fitoplanctónica sería el principal factor que controla la distribución de cadmio. (Noriki et al., 1985, Libes 1992, Calvert y Pedersen, 1993, Abe, 2001, Delgadillo-Hinojosa et al., 2001). Al mismo tiempo, se determinó que la concentración de Cd disuelto en verano (diciembre a febrero), es mayor a la registrada en los meses de junio y octubre, producto a los intensos efectos de surgencia que se producen durante la estación de verano. Sin embargo, esta conclusión es válida para una escala temporal estacional.

Por lo tanto, basado en la información anteriormente señalada es posible identificar una variable a determinar, la cual estaría dada en relación a la temporada de muestreo de las algas, **sugiriendo extraer algas para consumo humano en época de otoño-invierno**. Sin embargo, es importante señalar que es fundamental poder realizar estudios o programas de monitoreo intensos en zonas geográficas donde existe una alta extracción de *D. antarctica* (X, XIV, VIII, VII y VI), lo que permitiría confirmar la ocurrencia temporal de altos niveles de cadmio y eventualmente otros metales con el fin de poder determinar “zonas seguras” o “aptas para consumo humano”.

### **5.2 Mejoras en la extracción y recolección: Se propone la venta en húmedo desde praderas naturales.**

Basado en el punto anterior, y considerando estudios que demuestren la hipótesis de que el cadmio se encuentra en menor concentración en épocas de otoño-invierno. Se propone que la venta del alga i) extractor – planta de proceso y/o ii) extractor- intermediario- planta de proceso, se realice en formato húmedo, debido a que el secado en playa no podrá ser efectivo durante la temporada otoño-invierno, debido principalmente a las características climáticas de la zona sur. Lo que, sin duda, determinará que las plantas de proceso puedan contar con tecnologías de secado más eficientes, dado que actualmente las algas se comercializan secas o semi secas desde su origen (extractor y/o intermediario), donde posteriormente son almacenadas en grandes bodegas hasta su utilización.

### **5.3 Mejoras en la recepción y almacenamiento en planta de proceso: Se propone modificar la actual estructura productiva en planta.**

La actual distribución en planta contempla cerca de un 60% de su espacio a bodegas para mantener las algas secas, al modificar el período de cosecha en praderas y el tipo de compra en húmedo, será necesario reestructurar los espacios dentro de la planta que permitan implementar tecnologías relacionadas al secado y posterior obtención del producto final.

### **5.4 Mejoras en la extracción y recolección: Se propone la extracción de plantas jóvenes.**

En general la extracción de *D. antarctica* es realizada por pescadores artesanales desde AMERB´s o praderas naturales de libre acceso, quienes recolectan en un mayor porcentaje el alga varada, también se puede obtener por corte directo (área basal) a través de buzos que ingresan al mar para su extracción. Cabe señalar, que actualmente no existen cultivos de *Durvillaea antarctica* (cochayuyo) a escala comercial.

Las concentraciones de metales en las algas pueden variar entre especies y según su distribución geográfica (Indergaard et al., 1990, Miller, 1996), estacionalmente (Saraswathi et al., 2003) y entre las diferentes partes del alga (Haug et al., 1974, Craigie et al., 1984, Saraswathi et al., 2003). Por otra parte, las fluctuaciones en las tasas de crecimiento y la actividad metabólica entre plantas recolectadas en diferentes épocas del año y de diferentes entornos pueden provocar

variaciones en las concentraciones de metales en los tejidos, lo que estaría controlado por factores distintos de las concentraciones biodisponibles en el agua de mar. Por ejemplo, se puede producir una mayor acumulación de metales durante el crecimiento lento y / o durante la absorción / adsorción pasiva (Markham et al., 1980); por otro lado, puede producirse una dilución de los metales acumulados debido a las altas tasas de crecimiento y la rápida expansión tisular, lo que da como resultado concentraciones bajas de metales en los tejidos (Bryan, 1969, Fuge y James, 1973, Villares et al., 2002).

Según Phillips (1994), todos los factores ambientales que regulan la tasa de crecimiento podrían influir en la acumulación de metales; lo que estaría determinado por: (1) una influencia directa de la luz (Findenegg et al., 1971, Rice y Lapointe, 1981), la temperatura y la salinidad (Munda, 1979, Munda y Hudnik, 1988); (2) influyendo en las tasas de crecimiento y cambiando la cantidad de metales acumulados por unidad de tejido nuevo producido, o (3) indirectamente induciendo un cambio en la composición bioquímica de las algas bajo diferentes regímenes ambientales. Por ejemplo, las concentraciones de fenoles que se unen a metales aumentan cuando la salinidad también lo hace (Haug y Larsen, 1958, Pedersen, 1984).

Algunos estudios señalan que las partes más antiguas del talo de algas marinas presentan, en general, concentraciones de metales pesados más altas que los tejidos jóvenes, lo cual puede estar relacionado al tiempo de exposición prolongado al agua de mar y al metal circundante propiamente tal (Fuge y James, 1974; Myklestad et al., 1979). Por otra parte, Rice (1984) determina que a medida que aumenta la tasa de crecimiento específico en el alga verde *Ulva fasciata* las concentraciones de cadmio y rubidio disminuyen. Resultados similares se observaron en los talos de algas pardas, donde se determinó que las partes del alga que presentaron un crecimiento menor absorbieron una mayor cantidad de cadmio. Por otra parte, en estudios realizados con algas del género *Cystoseira* también se observó un patrón similar, no obstante, las algas que presentaron una menor concentración de cadmio fueron las que tenían entre 5 y 6 meses de edad en relación a las algas más jóvenes (2 y 3 meses), debido a que estas últimas aún no han terminado de crecer y las algas mayores de 4 meses habrían agotado su potencial fotosintético para su reproducción, desempeñando un papel insignificante en la biosíntesis del talo (Ryabushko et al., 2017), lo cual también concuerda con estudios realizados por Firsov, (1978), donde se observó que los talos de dos meses de edad, muestran una tasa

fotosintética más alta que otras partes del talo.

En el caso de las concentraciones de metales pesados obtenidos en esta investigación podemos indicar, en términos generales, que el contenido de cadmio y arsénico (total e inorgánico) presente en *D. antarctica* proveniente desde praderas naturales de diferentes localidades son menores a las concentraciones obtenidas en las investigaciones realizadas en el “*Novel Food*”-Fase I. Es importante destacar que las algas recolectadas en este proyecto fueron plantas jóvenes, de fronda delgada y de corto tiempo en el mar (<1 año), a las que además se les aplicó 2 tratamientos de postcosecha simple, cuyos procedimientos se detallan en los puntos 3.2.3 y 3.2.4 de este informe.

Al comparar los niveles de cadmio, presente en plantas de cohayuyo del proyecto *Novel Food* - Fase I (**Tabla 12**) y las algas provenientes desde praderas naturales evaluadas en esta investigación (**Tabla 13**), se observó que las algas de praderas naturales (tratadas) de la VI y VII región disminuyeron en un 58% y 4% respectivamente, el contenido del metal. Para el caso particular de las algas recolectadas en la VIII región (Arauco), las algas tratadas presentaron niveles de cadmio por debajo del límite de detección del análisis (< 0,04 mg/kg).

**Tabla 12.** Niveles de Cadmio (mg/kg) determinados en *D. antarctica* seca trozada, recolectada desde plantas de proceso de diferentes zonas geográficas durante septiembre 2016. (*Novel Food* Fase I).

CADMIO (mg/kg)			
REGIÓN	Planta (Zona Norte)	Planta (Zona Sur)	Promedio
VI	2,91	3,52	<b>3,22</b>
VII	2,53	3,51	<b>3,02</b>
VIII	<b>2,82</b>	<b>3,14</b>	<b>2,98</b>

**Tabla 13.** Niveles de Cadmio (mg/kg) determinados en *D. antarctica* recolectadas desde plantas de proceso (no tratada) y pradera natural (tratada) de diferentes zonas geográficas durante enero 2021. (*Novel Food* Fase II).

CADMIO (mg/kg)		
REGIÓN	Seca-Planta (No tratada)	Pradera natural (Tratada)
IV	5,17	<b>5,63</b>
VI	2,63	<b>1,35</b>
VII	3,68	<b>2,91</b>
VIII	4,12	<b>&lt;0,04</b>
XIV	2,56	<b>1,42</b>
X	<b>2,50</b>	<b>1,09</b>

En relación al contenido de Arsénico total e inorgánico, se observa que las algas jóvenes provenientes tanto de praderas naturales (tratadas) como de plantas de proceso (**Tabla 14**) presentaron un menor contenido del metal que las algas evaluadas en el *Novel Food* Fase I (**Tabla 15**). Al respecto, además de que ha sido documentado que las algas jóvenes presentarían una menor concentración de metales pesados, es importante destacar que el tratamiento post cosecha también contribuiría a la disminución de este metal, tal como lo indican Hanaoka et al., (2001), quienes señalan que al realizar procesos de postcosecha simples, tales como: lavado, remojo y cocción de las algas, es posible reducir hasta en un 60% la concentración total de arsénico presente.

**Tabla 14.** Niveles de Arsénico (mg/kg) determinados en *D. antarctica* recolectadas desde plantas de proceso (no tratada) y pradera natural (tratada) de diferentes zonas geográficas durante enero 2021. (*Novel Food* Fase II).

REGIÓN	ARSÉNICO TOTAL (mg/kg)		ARSÉNICO INORGÁNICO (mg/kg)	
	Seca-Planta (No tratada)	Pradera natural (Tratada)	Seca-Planta (No tratada)	Pradera natural (Tratada)
IV	8	8,6	0,82	0,36
VI	7,8	4,9	0,51	0,2
VII	9,2	5,3	0,6	0,29
VIII	9,2	4,1	0,56	0,27
XIV	8,5	4,3	0,61	0,17
X	9,8	4	0,65	0,27

**Tabla 15.** Niveles de Arsénico total e inorgánico (mg/kg) determinados en *D. antarctica* recolectadas desde plantas de proceso de diferentes zonas geográficas durante septiembre 2021. (*Novel Food* Fase I).

REGIÓN	ARSÉNICO TOTAL (mg/kg)	ARSÉNICO INORGÁNICO (mg/kg)
	Planta	Planta
VI	20,14	0,43
VII	20,88	0,63
VIII	22,02	0,63

Por lo tanto, se sugiere cosechar preferentemente algas jóvenes (entre 5 a 12 meses en el mar) separando y no utilizando aquellas que sean visiblemente más adultas (frondas anchas y

gruesas) y aquellas provenientes de varazones, las que sin duda podrían tener eventualmente otros usos (no necesariamente para consumo humano). No obstante, se sugiere realizar investigaciones que permitan determinar la interacción de la actividad metabólica, el crecimiento y las acumulaciones de metales presentes en diferentes tejidos, para el caso de algas pardas, destinadas a consumo humano.

#### **5.5 Mejoras en los procesos productivos y tecnológicos en planta: Lavado de plantas.**

En el punto anterior se demuestra que con un simple tratamiento postcosecha es posible disminuir la cantidad de algunos metales pesados de interés para poder exportar cochayuyo como *Novel Food* a la Unión Europea. Por otra parte, esta investigación propone un segundo tratamiento que permitiría disminuir las concentraciones de cadmio en algas para ser utilizadas como materia prima en la elaboración de nuevos alimentos, lo cual se aborda con mayor detalle en el capítulo correspondiente al objetivo N°3.

Al respecto y según las encuestas realizadas a distintas plantas de proceso, es importante destacar que varias empresas señalaron lavar las algas en una etapa previa a los procesos productivos, sin embargo, no todas lo hacen y algunas no aplican la misma rigurosidad en este proceso, principalmente porque el mercado asiático que es donde mayormente se exporta no presenta altas exigencias como los de la UE.

Es preciso destacar, que, dentro de las empresas evaluadas, Terranatur S.A. posee un proceso tecnificado de lavado y transporte de las algas desde bodega a la sala de proceso, dado que están en una constante mejora de sus procesos productivos con el fin de obtener productos de mejor calidad y poder abrir nuevas oportunidades de negocio.

#### **5.6 Mejoras en la comercialización: cumplir con las certificaciones necesarias para la exportación de algas para consumo humano a la UE.**

Si bien, hemos determinado algunas mejoras para que la materia prima cumpla con los estándares necesarios, particularmente con la concentración de metales pesados, es importante señalar que en general las plantas de proceso de algas no presentan las certificaciones necesarias para exportar algas como alimento a la Unión Europea, por ello es de vasta importancia que cada empresa realice las gestiones pertinentes para ser autorizada para exportar algas para consumo

humano. En **ANEXO 1** se realiza un análisis de peligro y puntos críticos que son necesarios de abordar por las autoridades competentes y las mismas empresas para que eventualmente poder exportar algas aptas para consumo humano.

### 5.7 Mejoras en el proceso productivo: Valor agregado y desarrollo de nuevos productos

#### Cochayuyo: Productos que actualmente se exportan



**Figura 8:** Tallarines y tubos de diferentes calibres a partir de cochayuyo.

Actualmente, Chile presenta una variada oferta de formatos de tallarines y/o tubos de diferentes calibres (**Figura 8**), que son comercializados, con el nombre comercial “Seaweed noddles” principalmente al mercado asiático, bajo el código arancelario “No apto para consumo humano” (12122970). Es importante señalar, que esta práctica es desarrollada por la mayor parte de las empresas que no cuentan con la certificación de planta A o B, HACCP y otros, lo cual fue desarrollado en el capítulo de antecedentes del presente informe.

Lo anterior, indica que la comercialización de estos, y otros, productos deberealizarse bajo un nuevo modelo productivo, para lo cual se han identificado las siguientes mejoras:

- ✓ Cosecha de cochayuyo en las estaciones de otoño – invierno.
- ✓ Entrega de algas en playa (formato húmedo).
- ✓ Cosecha de algas juveniles (permanencia < 1 año en el mar).
- ✓ No cosechar algas de varazón.
- ✓ Tecnificación del lavado y traslado de algas dentro de la planta.
- ✓ Tratamiento de post-cosecha.

## 5.8 Nuevos productos a partir de las mejoras propuestas.

A partir de las mejoras propuestas anteriormente, es posible determinar e identificar la elaboración de nuevos y mejorados productos, los que hemos dividido en productos de elaboración simple, mayor y otros productos biotecnológicos que requieren mayor inversión y tecnología, los que se detallan a continuación:

### 5.8.1 Productos de elaboración simple.

#### Pulverizado de Chicorea de mar.

El desarrollo de cultivos dirigidos de chicorea de mar (**Figura 9**), permitiría obtenerlos jóvenes, controlar las epifitas y tener un producto de calidad, es importante señalar que la empresa Sarco Seaweed SpA cuenta con esta tecnología implementada en diferentes zonas de la zona sur, las que han tenido excelentes resultados y ha podido desarrollar un gel y pulverizado.



**Figura 9.** Cultivos de chicorea de mar (Fuente: cultivos Sarco Seaweed Spa)



**Figura 10.** Proceso natural de blanqueamiento, secado y molienda.



**Figura 11.** Producto gel y pulverizado de chicorea de mar.



**Figura 12.** Pulverizado de chicorea de mar.

El producto desarrollado por Sarco Seaweed SpA, se utilizó para desarrollar diferentes preparaciones como: empanadas, tortas, tallarines queque, postres, mermeladas y otros, todas con diferentes grados de mezcla entre el pulverizado y harina común o integral (30%, 20% y 10% de pulverizado), las que fueron presentadas en la feria de Innovación de productos pesqueros, en la ciudad de Puerto Montt, teniendo muy buena aceptación por parte de los asistentes (**Figura 10, 11, 12 y 13**).



**Figura 13.** Feria de innovación de productos pesqueros (2019).

Para el caso particular de cochayuyo, existe una variada oferta de productos de elaboración simple, los que sin duda deben ser analizados para determinar el contenido de metales pesados y microorganismos presentes, lo que hace urgente implementar una normativa especial para el consumo de algas en Chile, considerando que las algas están siendo comercializadas bajo el eslogan de “alimento saludable”.

### 5.8.2 Productos de mayor elaboración

Se identificaron algunos productos que se comercializan actualmente en el mercado nacional y asiático, los que requieren de tecnología e infraestructura por parte de las empresas para su desarrollo (**Figura 14**).



**Figura 14.** Productos elaborados por Terranatur S.A. Cochayuyo cocido y picado, salsa boloñesa y snack rustico a base de harina de maíz y cochayuyo.

La empresa Terranatur S.A hace un par de años, ha estado desarrollando varios productos a base de cochayuyo, tales como: salsa boloñesa y cochayuyo cocido y picado, los que son envasados al vacío, además de snacks tipo suflés saborizados para su comercialización (**Figura 14 y 15**). Además, para confirmar que cumple con los requisitos de la norma de la UE, fue enviado a analizar muestras de snack que procesa la empresa Terranatur S.A., verificando que cumple con los niveles exigidos pudiendo ser admisibles para su exportación. (**Tabla 16**).

**Tabla 16:** Resultado de análisis metales pesados en producto confeccionado a base de cochayuyo septiembre 2021.

Metales pesados (mg/kg)	Plomo	Cadmio	Estaño	Mercurio	Yodo	Arsénico
SNACK (cochayuyo)	<0,09	<0,04	<0,90	<0,01	19,11	<0,01



**Figura 15.** Productos elaborados por Terranatur S.A. con chicorea de mar, ensalada de algas chilenas.

### 5.8.3 Productos Biotecnológicos

Diversos estudios a nivel mundial buscan identificar compuestos y funcionalidades en la salud asociados a macroalgas. Entre los bioproductos o compuestos más reconocidos se encuentran los ficoloides, como alginatos y carragenanos (algas pardas y rojas, respectivamente), aceites ricos en Omega 3, polisacáridos sulfatados como: fucanos, pigmentos y antioxidantes, como fucoxantinas y florotaninos. Por otra parte, las algas también pueden ser fuente de hidrolizados proteicos y péptidos bioactivos.

**Polisacáridos:**

En el caso de los polisacáridos alginato y fucano, presentes en *D. antarctica* y otras algas pardas, tienen numerosas aplicaciones en la industria alimenticia, cosmética y farmacéutica. En el caso de los fucanos o fucoidanos de algas pardas, estos pueden constituir hasta el 40% del peso seco del alga (Berteau y Mulloy, 2003). Investigaciones realizadas en diversos países, señalan que los fucoidanos poseen actividad anticancerígena, disminuye los niveles de colesterol, posee actividad antiviral y antioxidante.

Por ejemplo, la empresa chilena Maqui New Life presenta preparaciones combinadas de extractos de algas (fucoidano) y maqui. Con respecto al contenido de metales pesados presentes en los polisacáridos provenientes de las algas marinas: alginatos, carragenanos y agaranos, el proyecto titulado “Valor agregado a macroalgas chilenas de exportación: caracterización de ficocoloides, denominación de origen y diversificación comercial”, desarrollado por el Laboratorio de Moléculas Bioactivas de la Universidad Católica del Norte, determinó que la concentración de metales presentes en los distintos polisacáridos disminuye en un 97% y 49% el contenido de arsénico total y cadmio, al compararlos con los metales de las algas sin procesamiento, ([www.macroalgaschilenas.cl](http://www.macroalgaschilenas.cl)) lo que sin duda representa una buena alternativa para la elaboración de alimentos en base a polímeros algales.

**Pigmentos:**

Otras moléculas interesantes presentes en algas, lo constituyen los pigmentos, al respecto se ha descrito que las fucoxantinas presentes en algas pardas presentan propiedades anti obesidad y antidiabética (Miyashita et al., 2013). También presenta propiedades antioxidantes, estimula la producción de DHA en el hígado; aumentando la producción de ácidos grasos Omega 3, y posee actividad antitumoral.

En el caso de bioproductos derivados de macroalgas, es posible concluir que las condiciones ambientales de Chile podrían ser las causantes de las particularidades propiedades químicas y biológicas presentes en los metabolitos de las diferentes especies de algas. Sin embargo, se hace imprescindible evolucionar desde una actividad extractiva a cultivo, de manera de asegurar homogeneidad y estandarización en el producto a obtener. Finalmente, dado casi el nulo procesamiento de algas que existe hoy en Chile, existe una gran oportunidad para darle un valor agregado a esta industria.

## 5.9 Proyección Comercial

En términos comerciales la proyección de extractos de algas marinas para el 2021 es de USD 17.590 millones, cuyo mercado está concentrado en Asia Pacífico (9,0%), América del Norte (9,5%), Europa (9,4%) y resto del mundo (9,3%), donde los extractos de algas rojas concentran el 75% de participación, seguido de las algas pardas (23%) y las algas verdes (2%). El cual está dado mayoritariamente por el aumento en el uso médico, nuevos mercados para biofertilizantes, aunque el principal destino seguirá siendo la industria alimentaria. Para los fucooidanos se espera una proyección de USD 38,45 millones para el 2024, cuyo porcentaje de participación se encuentra concentrado en un 91% en el área de la salud, seguido de la industria cosmética (5%) y farmacéutica (4%).

En relación a los pigmentos y fucoxantinas se espera una proyección de USD 108,08 millones para el año 2025, siendo el mercado de los alimentos donde se espera su mayor aplicación con 378 toneladas, seguido de la cosmética (163 ton) y otras aplicaciones (51 ton). El principal uso está en la industria alimentaria como ingrediente funcional, con un 63,8% del mercado en volumen al 2017. (Fuente: Bioproductos Marinos, Oportunidad de Innovación y negocios, noviembre 2018).

## 5.10 Conclusión sobre comercialización:

En relación a los puntos anteriormente señalados surgen las siguientes preguntas:

1. **¿Estamos listos para exportar bajo el código de consumo humano para cochayuyo (12122170) a otros países y específicamente a la Unión Europea?**
2. **¿Cumplimos con los parámetros mínimos exigibles? ¿Qué nos falta?**

A continuación, se presentan una serie de consideraciones para tomar en cuenta y poder realizar las acciones necesarias y/o mejoras para eventualmente poder exportar a la UE.

### Consideraciones

- A la fecha nuestro mercado objetivo ha sido principalmente el asiático.
- En años anteriores al 2016 las exportaciones se realizaban bajo el código arancelario 12122170 (consumo humano), con una simple certificación de lote a los países asiáticos.

- Posteriormente, en el año 2017 y bajo una postura más exigente de parte de Sernapesca, hizo que las plantas de proceso pudieran registrarse y poder certificarse para obtener la categorización de las plantas, situación que actualmente es deficiente en la mayoría de las empresas.
- Las empresas con mayor exportación en Chile son de origen Taiwanés y tienen mercados asiáticos cautivos (China, Japón y Taiwán), por lo que no necesitan de certificación, principalmente porque el destinatario final no lo requiere.
- Las empresas de origen Taiwanés que operan en Chile al no poder seguir exportando una cantidad de algas como consumo humano -por no poseer la certificación necesaria- comienzan a exportar solamente bajo el código arancelario 12122970 (no aptas para consumo humano), posteriormente en el país de destino las algas son procesadas y destinadas a consumo humano.
- China está presionando desde hace un tiempo por empezar a importar bajo el código arancelario de consumo humano (12122170), esto cambiaría el escenario drásticamente y las empresas tendrían que comenzar a categorizarse y certificarse en HACCP como requerimiento mínimo.
- En términos específicos la exportación de algas para consumo humano a la UE no sería posible, debido a que algunas plantas de proceso no cuentan con la certificación sanitaria adecuada ni con la certificación HACCP, sumado a otras normativas específicas de los países miembros de la UE.
- En síntesis, actualmente la dinámica de exportación ha migrado hacia los productos No aptos para consumo humano, debido a los estándares de exportación, a excepción de algunos países asiáticos, como China que no presenta requisitos específicos para exportar.
- Por ende, nuestra postura ante una posible entrada al mercado europeo presenta desafíos administrativos, tecnológicos y económicos que no todas las empresas están dispuestas a solventar. Sumado a que las autoridades competentes deben velar por la trazabilidad del producto.
- Por último, la Agencia ANSES destaca que es muy importante rebajar aún más los niveles de cadmio que se permitan en el presente de 0,5 mg/kg y propone rebajarlo a

0,35 mg/kg por el gran daño acumulativo de este metal en el tiempo, lo que sin duda y debido a las condiciones “naturales” de nuestro país será muy difícil de cumplir si no generamos “valor agregado” a los recursos algales que eventualmente cumplan con las normativas impuestas por el país de destino, y particularmente con los de la UE.

**6. Objetivo N°3: Realizar una caracterización química y microbiológica de productos secos de cochayuyo (*Durvillaea antarctica*) y chicorea de mar (*Chondracanthus chamissoi*) entre las regiones de Coquimbo y Los Lagos, considerando los requerimientos de la regulación de la Unión Europea para “*novel food*”**

**6.1 Normativa de la Unión Europea para “*novel food*”**

En la Unión Europea el proceso de autorización y utilización de nuevos alimentos e ingredientes alimentarios está regulado a contar del año 1997, cuando se adoptó el **Reglamento (CE) N° 258/97** sobre nuevos alimentos y nuevos ingredientes alimentarios.

Posteriormente, la Comisión Europea en el año 2008, presentó una modificación del Reglamento, con el objeto de adaptar la normativa a la evolución del mercado agroalimentario.

En el año 2013, se interpone nueva normativa que supone la centralización a través de la Agencia Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA siglas en inglés) como único organismo certificador. Esta Agencia es la encargada de la evaluación y autorización de nuevos alimentos e ingredientes alimentarios.

Con fecha 25 de noviembre de 2015 el Parlamento Europeo y el Consejo llegaron a un acuerdo para aprobar el nuevo Reglamento (UE) N° 2283/2015, el cual mejora las condiciones para que las empresas alimentarias puedan introducir fácilmente alimentos nuevos e innovadores en el mercado de la UE, manteniendo al mismo tiempo un alto nivel de seguridad alimentaria para los consumidores europeos.

**6.1.1 Objetivo Reglamento (UE) N° 2283/2015.**

Establecer un proceso transparente y ágil de autorización de nuevos alimentos. Además, incorpora una versión “simplificada” para aquellos alimentos que, siendo novedosos, tengan una

trayectoria de consumo seguro que los avale, ya sea dentro de alguna región de la UE o en un tercer país “alimentos tradicionales de terceros países”

El peso de la autorización o denegación de un alimento recae en lo que el reglamento denomina como “Autoridad”, siendo esta la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA).

Dentro de los alimentos que pasan a ser incluidos dentro del alcance de esta nueva normativa se encuentran los alimentos consistentes en hongos, algas o microorganismos, por lo que es posible ampararse al reglamento, los que deben someterse a la autorización que establece el reglamento y sus normativas.

### **6.1.2 Procedimiento para autorizar un nuevo alimento en la UE.**

Por un lado, el reglamento (UE) 2015/2283, en el artículo 10.2, establece los principales elementos de información que deben incluirse en la solicitud del nuevo alimento, mientras que el formato requerido para la organización y presentación de esta información se define en el reglamento de ejecución (UE) 2017/2469.

Por otro lado, el Reglamento (UE) 2015/2283, en su capítulo III, describe los pasos del procedimiento a seguir por la CE, los Estados miembros de la UE y la EFSA. El procedimiento se puede iniciar por parte de una empresa exportadora que actúa como solicitante, o bien de oficio por parte de la Comisión. Es decir, que la Comisión puede iniciar el trámite si lo considera oportuno sin mediar solicitud.

El procedimiento estará sometido a los requisitos de confidencialidad de datos con la finalidad de proteger la condición de competitividad del solicitante. Si la Autoridad (EFSA) lo considera oportuno puede solicitar más datos o informes que amplíen los datos aportados por el solicitante en cuanto a la composición, la obtención, la inocuidad del alimento, o cualquier otro apunte que se considere necesario.

### **6.1.3 Requisitos para permitir ingreso de un nuevo alimento a la UE.**

Se debe presentar un expediente con evidencia científica detallada, en función a los diferentes reglamentos que se resumen en la **Tabla 17**. La EFSA, con el fin de facilitar la

elaboración del informe necesario y ofrecer una información precisa, tanto a los estados, como a los solicitantes, ha elaborado una guía donde aclara el contenido y el alcance de las evidencias a presentar <https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.2903/j.efsa.2016.4590>.

La principal ventaja es que para demostrar la inocuidad del alimento es posible apoyarse en el historial en otros países. Es decir, se pide que se demuestre que el alimento que se desea introducir se ha consumido de forma cotidiana y, además, no se ha evidenciado que tenga ningún daño para el consumidor.

**Tabla 17.** Resumen de reglamentos a cumplir para la exportación de nuevos alimentos “*Novel Food*” a la Unión Europea.

Medida	Propósito	Normativa
<b>Incorporación de nuevos alimentos “Novel Food”</b>	<p>Los Nuevos alimentos o nuevos ingredientes alimentarios, son alimentos que no tienen antecedentes de consumo "significativo" en la Unión Europea antes del 15 de mayo de 1997. Para clasificar la entrada del nuevo alimento existen 3 puntos:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li data-bbox="505 1058 971 1150">1. <b>Nuevo Alimento:</b> todo alimento que no se haya utilizado para el consumo humano (antes de 1997).</li> <li data-bbox="505 1184 971 1457">2. <b>Historial de uso alimentario seguro en un tercer país:</b> significa que se ha confirmado la seguridad del alimento, a través de los datos de composición y a partir de la experiencia de uso continuado durante al menos 25 años en la dieta habitual de un número significativo de personas en al menos un tercer país.</li> </ol>	<p>Reglamento N° 258/1997, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 27 de enero de 1997, sobre <b>nuevos alimentos y nuevos ingredientes alimentarios.</b></p> <p>A partir del 01 de enero de 2018 se aplica el Reglamento N° 2283/2015 “<b>nuevos alimentos</b>”.</p> <p>Artículo 3, párrafo 2 reglamento(UE) N° 2015/2283</p>

	<p>3. <b>Alimento tradicional de un tercer país:</b> se refiere a todo nuevo alimento, tradicional de un tercer país cuando se deriva de la producción primaria, con independencia de que se trate de alimentos transformados o sin transformar.</p> <p>Evaluación relativa a los aspectos científicos y a la presentación de la información nutricional, toxicológica y microbiológica (presentación de informes para solicitudes). Además de efectos del proceso de producción, historial del organismo utilizado como fuente de alimento ingesta/novel de usos previstos etc.</p>	<p>Artículo 3, punto 17, del Reglamento (CE) N° 178/2002</p> <p><b>Recomendación (CE) N° 618/1997</b>, contempla una guía relativa a los aspectos científicos y a la presentación de la información necesaria para secundar las solicitudes de puesta en el mercado de nuevos alimentos.</p>
<p><b>Contaminantes (residuos y plaguicidas)</b></p>	<p>Las importaciones de productos vegetales, están autorizadas únicamente cuando se cumplan con las garantías establecidas diseñadas para controlar la presencias de sustancias y residuos de los alimentos.</p>	<p>El Reglamento (CE) N° 1107/2009, establece normas y Procedimientos para la comercialización de sustancias activas en la UE y para la autorización de Estados miembros de los productos fitosanitarios que las contengan.</p>
<p><b>Contaminantes</b></p>	<p>Se establecen contenidos máximos de arsénico, cadmio, mercurio, plomo y yodo para varios productos alimenticios.</p> <p>Recomendación específica sobre el control de los metales y el yodo en algas marinas y productos en base a algas marinas.</p> <p>Para el control de los contaminantes en los alimentos, se deben seguir los procedimientos de muestreo establecidos para garantizar la representatividad de la muestra</p> <p>Los análisis deben realizarse de conformidad con el Anexo III del parlamento europeo y del Consejo. Se señalan las recomendaciones a los países miembros de la UE para monitorear los niveles de metales pesados, donde se señalan los límites permitidos para cada metal:</p> <p><b>Mercurio:</b> límite máximo de residuos (LMR) de 0,01 mg/kg. Aunque no establece si corresponde a peso húmedo o seco del alga.</p>	<p>Reglamento (UE) N° 1881/2006 Reglamento (UE) N° 2018/464</p> <p>Reglamento (CE) N° 333/2007 Reglamento (CE) N° 152/2009</p> <p>Reglamento (CE) N°8827/2004 Anexo III</p> <p>Reglamento (CE) N° 396/2005</p>

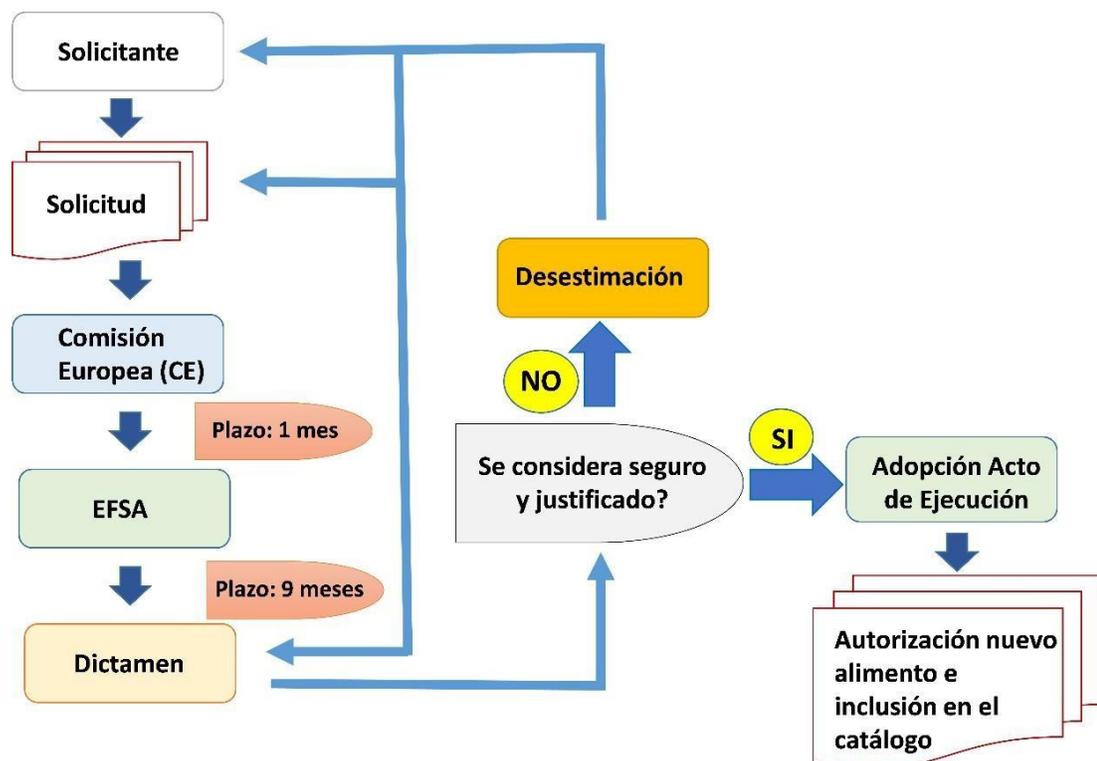
	<p>Existe un reglamento relacionado con el tipo de análisis de mercurio que debe realizarse a los alimentos.</p> <p><b>Yodo:</b> se considera peligroso cuando los productos contienen más de 20 mg de yodo por kilo de materia seca. Límite máximo de ingesta: 600 ug/día para adultos y 200 ug/día para niños de 1-3 años.</p> <p><b>Cadmio:</b> contenido máximo presente en algas se fija en 0,5 mg/kg, para el caso de complementos alimenticios en base a algas marinas, el límite máximo corresponde a 3,0 mg/kg.</p> <p><b>Arsénico:</b> No está determinado el contenido específico para algas. Sin embargo, para Francia se establece un total de 3 mg/kg de arsénico inorgánico.</p> <p><b>Plomo:</b> límite máximo aceptado 3,0 mg/kg 5 mg/kg (Francia) 3 mg/kg (España)</p> <p>Además, deben comunicarse las especies, si se han analizado productos frescos, desecados o transformados. Origen de los productos (silvestre o cultivo), fecha y lugar de recolección, la parte del alga que ha sido analizada y la posible información que figure en la etiqueta del producto final.</p>	<p>Reglamento (CE) N°882/2004.</p> <p>Comité Científico de la Alimentación Humana, 2006.</p> <p>Reglamento CE N° 1881/2006 Reglamento CE N° 882/2004</p> <p>Reglamento N°1881/2006.</p>
<p><b>Etiquetado</b></p>	<p>Los nuevos alimentos están sujetos a los requisitos generales de etiquetado. Donde se debe señalar: i) descripción del alimento, ii) procedencia y, iii) composición, con el fin de garantizar que los consumidores estén suficientemente informados de la naturaleza y la seguridad del nuevo alimento.</p> <p>El etiquetado de los nuevos alimentos específicos para el sector de la pesca y Acuicultura.</p>	<p>Reglamento (UE) N°1169/2011.</p> <p>Reglamento (UE) N°379/2013.</p>
<p><b>Envasado</b></p>	<p>Los materiales de embalaje y contenedores que están en contacto con los productos Alimenticios deben cumplir con las disposiciones establecidas.</p>	<p>Reglamento (CE) N°1935/2004.</p>

<p><b>Propiedades saludables y nutricionales</b></p>	<p>Establece normas comunitarias sobre el uso de las declaraciones nutricionales y de propiedades saludables en los alimentos. Donde la EFSA (European Food Safety Authority), quien evalúa la evidencia científica que respaldan las afirmaciones del alimento, por ejemplo: alto contenido de fibra (el producto debe contener un nivel mínimo de 6 g fibra por 100 g).</p>	<p>Reglamento N° 1924/2006</p>
<p><b>Información nutricional</b></p>	<p>Define la dosis diaria de vitaminas y minerales.</p>	<p>Reglamento N° 1169/2011 (Anexo XIII). Dicha información se recogerá en la etiqueta con el siguiente contenido: Valor energético y las cantidades de grasas, ácidos grasos saturados, hidratos de carbono, azúcares, proteínas y sal.</p>
<p><b>Seguridad de los alimentos</b></p>	<p>El objetivos es asegurar al consumidor que el alimento o ingrediente que se está importando es inocuo y no presenta riesgo para su salud.</p>	<p>Reglamento N° 178/2002, los operadores de empresas de alimentos deben cumplir con estas obligaciones que abarcan con todas las etapas de producción de alimentos y posterior distribución.</p>
<p><b>Control sanitario</b></p>	<p>Las importaciones de productos alimenticios de origen no animal en la Unión Europea (UE) deben cumplir con las condiciones generales y las disposiciones específicas destinadas a prevenir los riesgos para la salud pública y proteger los intereses de los consumidores.</p>	<p>Reglamento (CE) N° 852/2004 relativo a la higiene de los productos alimenticios, contaminantes de los alimentos preparación de productos alimenticios y control oficial de productos.</p>
<p><b>Catálogo de nuevos alimentos</b></p>	<p>Comprende el listado de todos los productos novedosos que se encuentren autorizados. Esta legislación se aplica a las macroalgas a ser utilizadas como alimento. Hasta el año 2020 existe un total de 22 especies de algas que han sido autorizadas y hasta la fecha (2021), solo dos productos de macroalgas “extracto de fucoídano” de <i>Fucus vesiculosus</i> y <i>Undaria pinnatifida</i> han sido aceptados como nuevos alimentos.</p>	<p>Reglamento (UE) 2017/2470</p>

### 6.1.4 Procedimiento de autorización de un nuevo alimento a la UE.

Existen dos procedimientos abiertos, (1) procedimiento estándar y (2) procedimiento de notificación para alimentos tradicionales de terceros países.

En el primero, el solicitante debe remitir a la comisión un *dossier* o expediente con evidencia científica detallada, en relación a la composición del alimento, patrones de consumo esperado, seguridad toxicológica (por ejemplo, límites aceptables contaminantes biológicos o químicos en el producto en cuestión), nutricional y alérgenos, según lo detallado en la guía desarrollada por la EFSA y el resumen de los reglamentos a cumplir detallados en la tabla 17. Las etapas del procedimiento se detallan en la **Figura 16**.

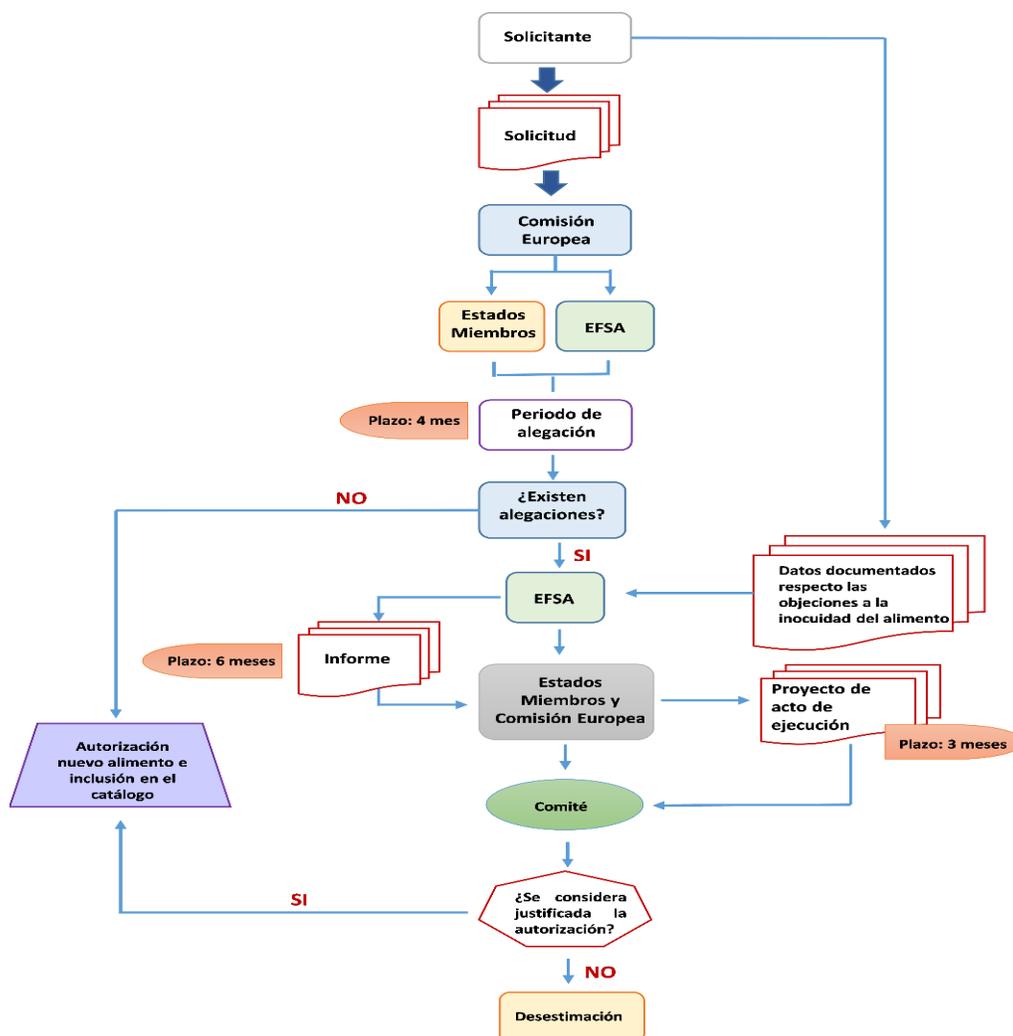


**Figura 16.** Procedimiento de autorización de nuevos alimentos, según reglamento (UE)2283/2015 (Parlamento Europeo y Consejo de la Unión Europea, 2015).

### 6.1.5 Solicitud de autorización de alimentos tradicionales de terceros países.

Un alimento tradicional de terceros países, se entiende como todo alimento que deriva de la producción primaria y cuando, además, existe un historial de uso seguro con al menos 25 años en un número significativo de personas. Para introducir estos alimentos en el catálogo de la Unión Europea se ha establecido un sistema de notificación más rápido y estructurado, el cual

incluye un procedimiento de evaluación simplificada, siempre y cuando la seguridad del alimento tradicional en cuestión puede establecerse sobre la base de la evidencia de un historial de consumo en el tercer país, y no existen preocupaciones con respecto a la seguridad planteadas por los países de la UE o la EFSA. Los trámites se inician a través de cada uno de los estados miembros, donde el solicitante deberá someter los datos pertinentes para que el estado correspondiente decida si se ajusta, o no, a las condiciones de alimento tradicional en un tercer país. En la **Figura 17**, se resume las etapas y los tiempos estipulados para el procedimiento.



**Figura 17.** Procedimiento de autorización para alimentos tradicionales en terceros países. Reglamento de Ejecución (UE) 2017/2468. (Elaboración propia).

## 6.2 Caracterización química y microbiológica de productos secos y frescos de cochayuyo (*Durvillaea antarctica*) y chicorea de mar (*Chondracanthus chamissoi*) entre las regiones de Coquimbo y Los Lagos

### 6.2.1 Zona de muestreo espacial y obtención de muestras.

En las **Tablas 18** y **19** se presentan los lugares de recolección de las especies *Durvillaea antarctica* (Cochayuyo) y *Chondracanthus chamissoi* (Chicorea de mar), según zona geográfica.

**Tabla 18.** Localidades de recolección de algas de estudio: Cochayuyo

<i>Macroalgas pardas</i>				
Especie	Lugar de recolección	Región		Zona Geográfica
<b>Cochayuyo</b> ( <i>Durvillaea antarctica</i> )	Caleta El Sauce	Coquimbo	IV	Zona norte-centro
	Navidad (LaBoca)	L.B.O.	VI	Zona norte-centro
	Pelluhue	Maule	VII	Zona norte-centro
	Arauco	Bío-Bío	VII I	Zona sur
	Corral	Ríos	XI V	Zona sur
	Estaquilla	Los Lagos	X	Zona sur

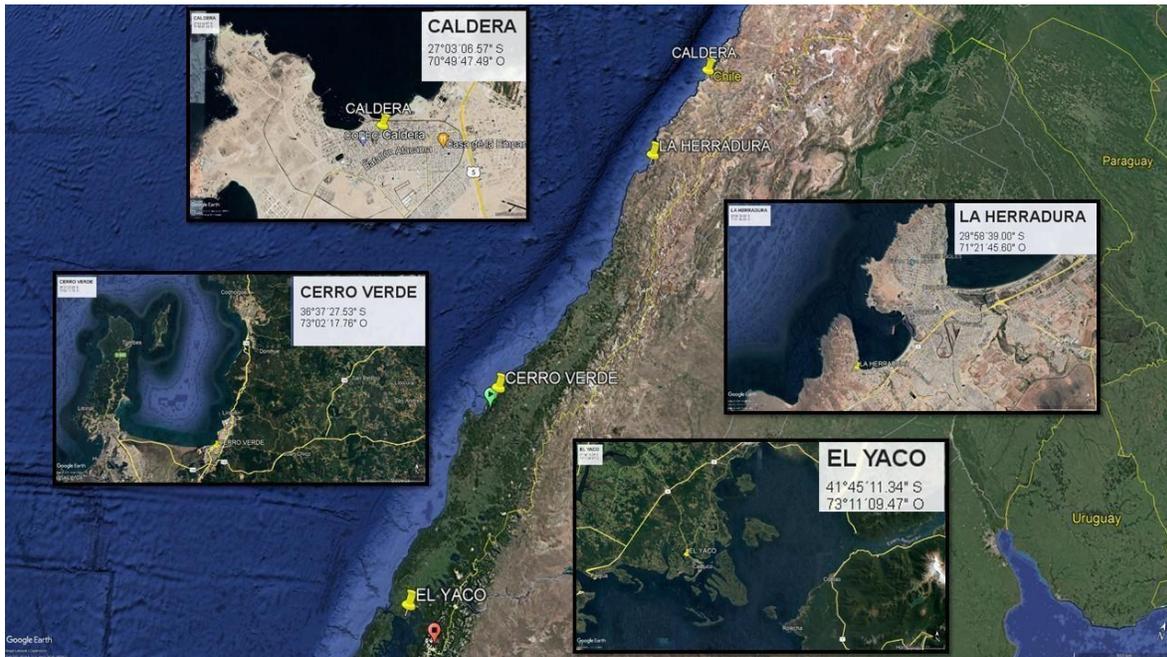
**Tabla 19:** Localidades de recolección de algas de estudio: Chicorea de mar

<i>Macroalgas rojas</i>				
Especie	Lugar de recolección	Región		Zona Geográfica
<b>Chicorea de mar</b> ( <i>Chondracanthus chamissoi</i> )	Caldera	Atacama	III	Zona norte
	LaHerradura	Coquimbo	IV	Zona norte-centro
	Cerro Verde	Bío-Bío	VIII	Zona sur
	Calbuco	Los Lagos	X	Zona sur

En **Figuras 18 y 19**, se presenta las coordenadas geográficas de las seis localidades seleccionadas para *Durvillaea antarctica* y las cuatro localidades seleccionadas para *Chondracanthus chamissoi*.



**Figura 18.** Distribución geográfica del muestreo de *Durvillaea antarctica* (Cochayuyo).



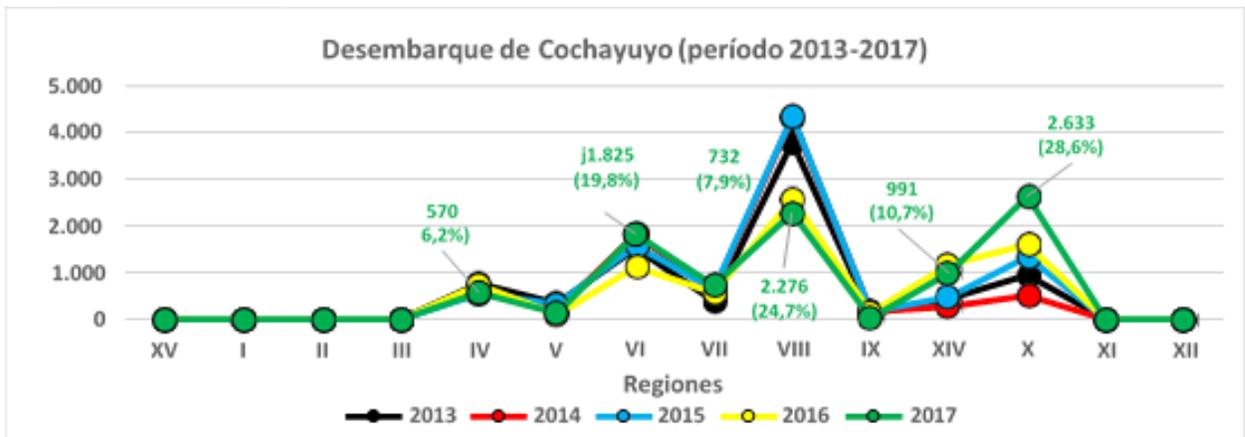
**Figura 19.** Distribución geográfica del muestreo de *Chondracanthus chamissoi* (Chicoreo de mar).

En primera instancia la selección de los sectores de muestreo fue en base al mayor desembarque nacional, para el recurso *Durvillaea antarctica* (Cochayuyo), independiente de la temporada analizada, las regiones de mayor importancia corresponden a la región del Bío Bío (VIII), región de los Lagos (X) y región del Libertador Bernardo O'Higgins (VI), (**Figura 20**) solo cambia la posición de importancia entre un año y otro, lo que se debe en gran medida a factores climáticos. (Registro de SERNAPESCA 2013 – 2017)

En el siguiente análisis se incorporaron otras regiones para cubrir un mayor rango geográfico a nivel nacional, esto por petición expresa del requirente (SUBPESCA), dado que se busca analizar qué sectores o zonas dentro de las regiones estudiadas poseen menores índices de metales pesados presentes (algas).

Si bien se pide una exigencia de mayor cobertura geográfica para saber si los índices de metales presentes en las algas son menores dependiendo del lugar, es muy difícil obtener algo diferente a lo que se obtuvo en el *Novel Food* Etapa I, el cual ya determinó – particularmente para cadmio- que estos valores son muy altos para los estándares que exige la Comunidad Europea. Por otra parte, existen variados estudios que señalan que la concentración de metales pesados varía según la estación del año y lugar donde se recolecta, pero que además son muy altos, porque las algas en si son grandes bio-acumuladores de estos metales pesados.

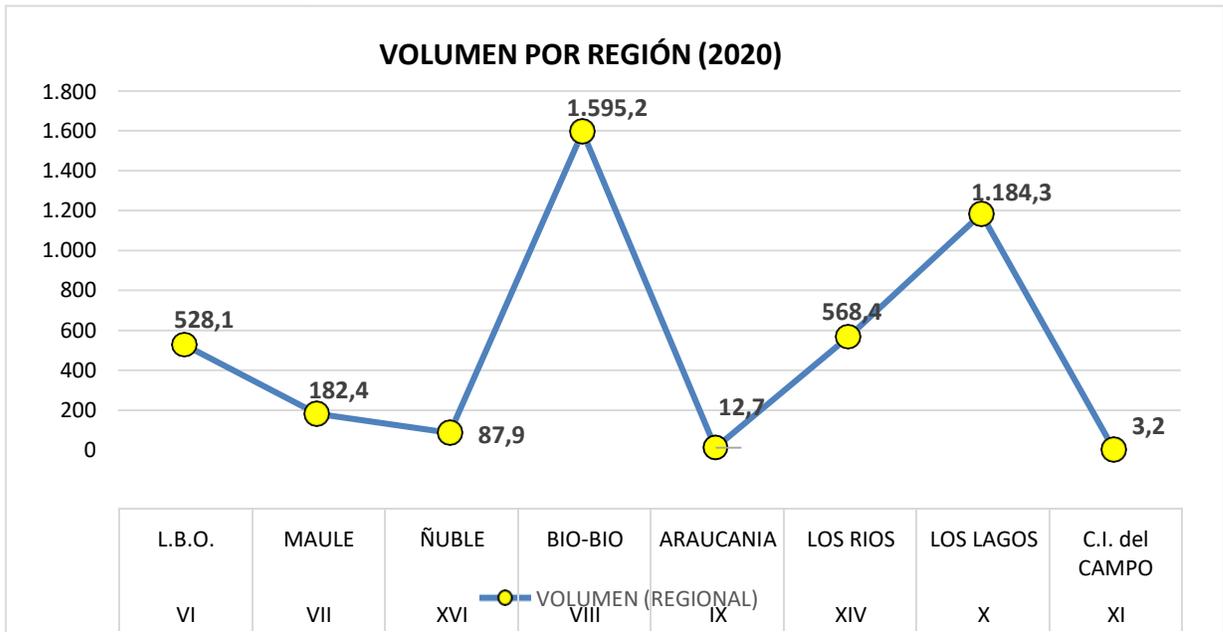
**Nota:** Cabe señalar además que el muestreo ejecutado reflejará una fotografía muy específica de un sector en particular referido a una región y estación determinada del año, para lo cual sus resultados no se podrán extrapolar a otras zonas o lugares de las regiones estudiadas. Por lo tanto, se sugiere realizar muestreos por al menos dos temporadas para poder observar alguna tendencia con respecto a estas variables.



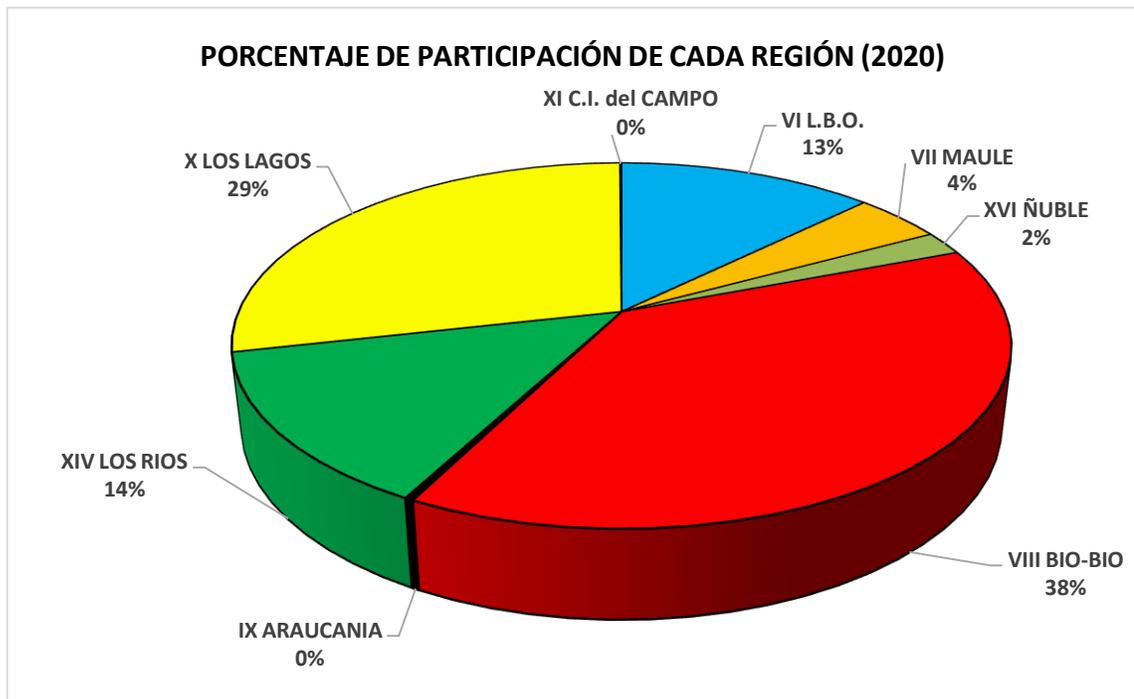
**Figura 20.** Desembarque de *D. antarctica* periodo 2013 a 2017.

Tal como señalamos anteriormente, los mayores desembarques de cochayuyo están desarrollados en la región del Bío-Bío (VIII región), seguido de la región de los Lagos (X Región) y por último la región del Libertador Bernardo O’Higgins (VI Región). Es importante señalar, que solo durante el año 2017, la X región obtuvo los mayores desembarques en comparación a las otras regiones señaladas. (**Figura 20**).

Al realizar el estudio de desembarque de *Durvillaea antarctica*, se observa que durante el año 2020 (**Figura 21 y 22**), el total de desembarque fue de 4.162 toneladas de las cuales un 38% corresponde a la VIII región, seguido por la X región con un 29% de participación, y en tercer y cuarto lugar las regiones XIV y VI con un 14 y 13% respectivamente. De este tercer lugar, podemos destacar que la región de los Ríos después de varios años empieza a tener una participación relevante dentro del desembarque total alcanzando a la región del Libertador Bernardo O’Higgins (VI), la que por años se mostró en el tercer lugar de los mayores desembarques a nivel nacional (**Figura 22**) (Anuario estadístico SERNAPESCA, 2020)



**Figura 21.** Volumen de desembarque por región (Fuente: SERNAPESCA, 2020)



**Figura 22.** Porcentaje de participación de las regiones desembarque 2020 de Cochayuyo (Fuente: SERNAPESCA 2020).

Después de analizar la información de desembarques obtenida del Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura durante el período 2013 – 2017 y en particular del año 2020 (datos en análisis aún por SERNAPESCA), podemos indicar que las regiones a muestrear en este estudio - basándose en los mayores desembarques- corresponden a las mismas regiones analizadas en el proyecto *Novel food* Etapa I y además considerando que los niveles de cadmio en las algas chilenas son altos por naturaleza, decidimos evaluar una segunda variable para seleccionar las localidades a ser muestreadas, dado que los resultados obtenidos en *Novel food* Etapa I, arrojaron resultados con altas concentraciones de cadmio ( $>0,5$  mg/kg), valores superiores a los exigidos por la Unión Europea, es por esta razón que durante las entrevistas realizadas a las diferentes plantas de proceso, y particularmente con la empresa Terranatur S.A. nos indicaron que durante los últimos años las empresas asiáticas que compran su alga (cochayuyo seco) han estado cambiando sus necesidades de producto, lo que sin duda ha provocado una reestructuración de la empresa, particularmente en el proceso de compra del alga - en playa - solicitando mayoritariamente algas más jóvenes (frondas delgadas y nuevas), y no tan gruesas y grandes como las algas que generalmente se obtienen desde las varazones, debido a que las algas más jóvenes presentarían mejores cualidades y aceptabilidad por parte de los consumidores asiáticos.

Por otra parte, y particularmente relacionado a la absorción de metales pesados que presentan ciertos compuestos presentes en algas marinas, son varios los autores que señalan como variable la edad de la planta, refiriéndose a que tejidos más jóvenes presentes en algas marinas acumularían una menor cantidad de metales pesados en comparación a tejidos de mayor edad, lo cual hemos documentado en los resultados obtenidos en este proyecto.

Por lo tanto, las variables a considerar en la selección de las localidades de muestreo para el presente estudio se basaron en aquellas regiones que presentaron mayores desembarques, - sin repetir aquellas localidades ya muestreadas en el *Novel Food* Etapa I - y praderas naturales compuestas por algas jóvenes. A continuación, se presentan las localidades con mayores desembarques presentes en las regiones donde mayormente se extrae cochayuyo.

**Tabla 20.** Principales localidades de desembarque de cochayuyo de la VI Región.

VI Región	Volumen (ton)	%
PICHILEMU	283,0	53,6
BUCALEMU	135,5	25,7
TOPOCALMA	98,5	18,6
CAHUIL	7,2	1,4
MATANZAS	2,1	0,4
BOCA DE RAPEL	1,6	0,3
<b>Totales</b>	<b>527,9</b>	<b>100</b>

El criterio de selección para la región del Libertador Bernardo O’Higgins (VI región) (**Tabla 20**) fue trabajar con el Sindicato de la localidad de Navidad quienes extraen principalmente desde el sector La Boca y Matanza (5° lugar a nivel regional, 0,4% de participación), sectores que no presentan los mayores desembarques de la región. Sin embargo, este sindicato, se caracteriza por sus altos estándares de producción, certificaciones y utilizar como materia prima algas relativamente jóvenes, y muy frescas.

**Tabla 21.** Principales localidades de desembarque de cochayuyo de la VII Región.

VII Región	Volumen (ton)	%
CARDONAL	45,1	24,7
LLICO	38,4	21,1
BOYERUCA	31,8	17,4
LOANCO	16,1	8,8
DUAO	15,8	8,7
LOS PELLINES	10,7	5,9
PELLUHUE	7,3	4,0
MAGUALLANES	7,0	3,8
CURANIPE	6,4	3,5
CONSTITUCIÓN	1,9	1,1
PUTU	1,8	1,0
ILOCA	0,1	0,0
RIO MAULE	0,0	0,0
<b>Totales</b>	<b>182,4</b>	<b>100</b>

En la región del Maule (VII región) se seleccionó la localidad de Pelluhue (**Tabla 21**), principalmente porque corresponde a una pradera que presenta un aumento relativo en sus desembarques durante los últimos años (7° lugar a nivel regional 5,8% de participación). Sumado a que el proveedor de la empresa TERRA NATUR S.A. (por petición de la empresa) solo entrega algas jóvenes y que no provengan de varazones.

**Tabla 22** Principales localidades de desembarque de cochayuyo de la XVI Región.

<b>XVI Región</b>	<b>Volumen (ton)</b>	<b>%</b>
TAUCU	54,3	61,8
BUCHUPUREO	15,6	17,8
COBQUECURA	11,4	12,9
PERALES	6,6	7,5
<b>Totales</b>	<b>87,9</b>	<b>100</b>

Con respecto a la XVI región que lleva muy pocos años constituida, y que era parte de la región del Bío-Bío no fue seleccionada como zona de muestreo por tener poco volumen de incidencia a nivel nacional. (**Tabla 22**).

**Tabla 23** Principales localidades de desembarque de cochayuyo de la VIII Región.

<b>VIII Región</b>	<b>Volumen (ton)</b>	<b>%</b>
RUMENA	375,9	23,6
LEBU	314,0	19,7
YANA	199,2	12,5
MILLONGUE	140,7	8,8
LOS PIURES	130,3	8,2
ARAUCO	88,7	5,6
TIRUA	80,8	5,1
LENGA	30,9	1,9
QUIAPO	27,8	1,7
VILLARRICA	22,0	1,4
TUMBES	18,9	1,2
VILLARRICA - LEBU(RANQUIL)	18,6	1,2
PERONE	15,6	1,0

MAULE	13,1	0,8
PUNTA LAVAPIE	12,4	0,8
TRANICURA A - TIRÚA SUR 3	11,8	0,7
CASA DE PIEDRA - TIRÚA SUR 7	10,4	0,7
QUIDICO	10,0	0,6
CHOME	8,9	0,6
LO ROJAS	8,8	0,5
LOS CHILCOS - TIRÚA SUR 5	7,0	0,4
COCHOLGUE CALETA GRANDE	6,2	0,4
CANTERA	6,1	0,4
MORGUILLA	5,9	0,4
BURCA	5,3	0,3
TALCAHUANO	4,5	0,3
PLAYA SUR	4,3	0,3
LLICO (VIII Región)	4,1	0,3
COLIUMO	2,6	0,2
EL SOLDADO	2,1	0,1
PUERTO NUEVO	1,5	0,1
TUBUL	1,2	0,1
LOS BAGRES	1,1	0,1
PUEBLO HUNDIDO	1,1	0,1
COLCURA	0,9	0,1
PUERTO SUR (I. STA. MARIA)	0,6	0,0
PUERTO INGLES	0,5	0,0
SAN VICENTE	0,4	0,0
MONTECRISTO	0,3	0,0
PUERTO NORTE (I. STA. MARIA)	0,1	0,0
PUNTA ASTORGA	0,1	0,0
LA CONCHILLA	0,1	0,0
LAS PEÑAS	0,1	0,0
TOME	0,1	0,0
CERRO VERDE	0,1	0,0
LOS CAZONES - I.MOCHA	0,0	0,0
EL BLANCO.	0,0	0,0
ISLOTE DEL TRABAJO I.MOCHA	0,0	0,0
LA CALERA - I.MOCHA	0,0	0,0
ISLA MOCHA	0,0	0,0
LARAQUETE	0,0	0,0
CHIVILINGO	0,0	0,0
COCHOLGUE CALETA CHICA	0,0	0,0
<b>Totales</b>	<b>1.595,2</b>	<b>100</b>

En el caso particular de la región del Bío-Bío (VIII Región) (**Tabla 23**), que es la que presenta el mayor desembarque a nivel nacional, no se tomaron en cuenta las principales localidades (muestreo del *Novel Food I*) ya que, por una parte las praderas están compuestas por algas muy viejas y por otra parte, en su mayoría provienen de varazones, por lo tanto, se optó por muestrear la localidad de Arauco (6° lugar a nivel regional, 5,6% de participación), la cual en general está constituida por algas más jóvenes.

**Tabla 24.** Principales localidades de desembarque de cochayuyo de la IX Región.

IX Región	Volumen	%
NEHUENTUE	11,6	91,3
QUEULE	0,6	4,7
PUERTO SAAVEDRA(EL HUILQUE)	0,2	1,6
LA BARRA (TOLTEN)	0,2	1,4
BOCA BUDI	0,1	0,8
PUERTO DOMINGUEZ	0,0	0,2
<b>Totales</b>	<b>12,7</b>	<b>100</b>

La IX Región (**Tabla 24**) no fue considerada en este estudio, debido a su baja incidencia en términos de desembarques a nivel nacional.

**Tabla 25.** Principales localidades de desembarque de cochayuyo de la XIV Región.

XIV Región	Volumen (ton)	%
HUAPE	419,3	73,8
SAN IGNACIO	30,0	5,3
LOS MOLINOS	22,2	3,9
CHAIHUIN	15,7	2,8
CORRAL	15,4	2,7
NIEBLA	12,9	2,3
BONIFACIO	12,6	2,2
AMARGOS	10,1	1,8
LA MISION	8,5	1,5
MEHUIN	8,4	1,5
HUIRO	6,9	1,2
SAN CARLOS	1,6	0,3
CORRAL BAJO	1,5	0,3
EL PIOJO	1,5	0,3

MISSISIPI	0,9	0,2
MANCERA	0,6	0,1
LA AGUADA	0,3	0,0
LA MEHUAPI	0,0	0,0
<b>Totales</b>	<b>568,4</b>	<b>100</b>

La XIV Región (de los Ríos) si bien ha registrado desembarque durante todos los años, es importante destacar que durante el año 2020 presentó el 3° lugar a nivel nacional, equiparándose con la VI Región (14% de participación). En esta región, el muestreo se realizó en la localidad de Huape (Corral), la cual presenta el mayor desembarque a nivel regional (1° lugar a nivel regional y 73% de participación), y las praderas de algas presentan un gran porcentaje de algas jóvenes (**Tabla 25**).

**Tabla 26.** Principales localidades de desembarque de cochayuyo de la X Región.

<b>X Región</b>	<b>Volumen (ton)</b>	<b>%</b>
BAHIA MANSA	733,1	61,9
ESTAQUILLA	298,8	25,2
ANCUD	71,1	6,0
SAN PEDRO	35,7	3,0
QUETALMAHUE	12,5	1,1
CURANUE	8,6	0,7
QUELLON	3,9	0,3
PUCATRIHUE	3,9	0,3
MANZANO (San Juan)	2,9	0,2
CARELMAPU	2,1	0,2
MAR BRAVA	1,9	0,2
FARO CORONA	1,1	0,1
MUICOLPUE	1,0	0,1
PIÑIHUIL	0,9	0,1
MILAGRO	0,8	0,1
QUENUIR	0,7	0,1
PUMILLAHUE	0,5	0,0
DUATAO	0,5	0,0
PUNTA CHOCOIC	0,5	0,0
AMORTAJADO	0,4	0,0
TRIL	0,4	0,0
QUEILEN	0,3	0,0

CALBUCO - LA VEGA	0,3	0,0
TENAUM	0,3	0,0
CUCAO	0,2	0,0
MANQUEMAPU	0,2	0,0
CHAIGUACO	0,2	0,0
MAULLIN	0,2	0,0
BAHIA POLOCUE SEC. A	0,1	0,0
CHANHUE	0,1	0,0
PUDETO	0,1	0,0
AUCHAC	0,1	0,0
LLEGUIMAN	0,1	0,0
PICHICOLO	0,1	0,0
AMORTAJADO SECTOR A	0,1	0,0
RELDEHUE	0,1	0,0
PUNTA CHILEN	0,0	0,0
BAHIA POLOCUE SEC. B	0,0	0,0
YERBAS BUENAS	0,0	0,0
ALQUI	0,0	0,0
ROLECHA	0,0	0,0
MECHUQUE	0,0	0,0
AÑIHUE	0,0	0,0
ISLA QUEULLIN	0,0	0,0
ISLA TABON	0,0	0,0
CHAICAS	0,0	0,0
CHEPU	0,0	0,0
SAN AGUSTIN	0,0	0,0
LINAO	0,0	0,0
CALETA GUTIERREZ	0,0	0,0
EL ROSARIO	0,0	0,0
PUNTA CAPITANA	0,0	0,0
TENTELHUE	0,0	0,0
AYACARA	0,0	0,0
YALDAD	0,0	0,0
DALCAHUE	0,0	0,0
CASTRO	0,0	0,0
LENCA	0,0	0,0
ASTILLERO	0,0	0,0
CALLE	0,0	0,0
CHONCHI	0,0	0,0
QUEMCHI	0,0	0,0
GUABÚN	0,0	0,0
LA PASADA	0,0	0,0

LOS TOROS	0,0	0,0
SAN ANTONIO DE CHADMO	0,0	0,0
HUEIHUE	0,0	0,0
<b>Totales</b>	<b>1.184,3</b>	<b>100</b>

Para la región de los Lagos (X) el criterio de selección fue parecido al utilizado en la región de los Ríos, para lo cual se determinó de muestrear la localidad de Estaquilla (2° lugar a nivel regional 25,2% participación) (**Tabla 26**), siendo una pradera importante, donde están presentes algas viejas, nuevas y de varazón, aquí la diferencia la hace los pescadores que la extraen, dado que entienden el concepto que les impone el comprador (Terranatur S.A.) que es solo extraer algas de poca permanencia en el mar.

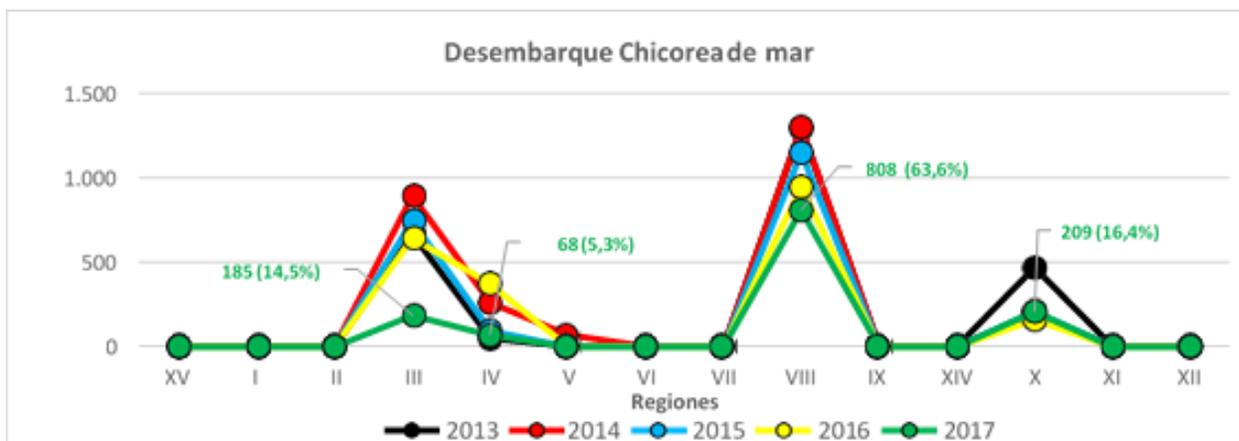
**Tabla 27.** Principales localidades de desembarque de cochayuyo de la XI Región.

XI Región	Volumen (ton)	%
PUERTO AGUIRRE	1,4	43,4
PUERTO MELINKA	0,6	19,8
GRUPO GALA	0,5	16,7
REPLLAL	0,4	11,7
CALETA ANDRADE	0,2	6,2
PTO.RAÚL MARÍN BALMACEDA	0,0	1,4
PUERTO AYSÉN	0,0	0,8
<b>Totales</b>	<b>3,1</b>	<b>100</b>

La XI Región no fue considerada para ser muestreada por tener poco volumen de incidencia a nivel nacional. (**Tabla 27**).

Por último, cabe señalar que en cada región muestreada los proveedores de Terra Natur S.A. (intermediarios, sindicatos, buzos y particulares) tienen la expresa orden de solo extraer algas jóvenes, que no provengan de varazones, esto a petición de sus compradores finales (mercado chino), otras empresas no presentan esta modalidad por el tipo de producto final que hacen (mercado final sin mayores restricciones).

Para el caso de *Chondracanthus chamissoi*, la región del Bío-Bío (VIII) y la región de los Lagos (X) son las más importantes en términos de desembarques (**Figura 23**).



**Figura 23:** Registros de desembarques para *Chondracanthus chamissoi*, periodo 2013 a 2017 (Fuente: Anuario Estadístico SERNAPESCA).

### 6.3. Recolección de muestras de *D. antarctica* y *Ch. chamissoi*

Para la caracterización química y microbiológica de las algas, cochayuyo y chicorea de mar, se utilizaron muestras secas facilitadas por las plantas de proceso y muestras frescas provenientes desde praderas naturales. Es importante señalar que, ambas muestras fueron obtenidas desde las mismas localidades de estudio.

#### 6.3.1 Obtención de muestras secas de plantas de proceso.

Se identificaron los actuales productores de cochayuyo y chicorea de mar en formato seco para consumo humano en las distintas zonas de recolección detalladas en la **Tabla 18** y **19**. La toma de muestra se efectuó en base al Reglamento (CE) N° 333/2007 de la Comisión de fecha de 28 de marzo de 2007, que establece los métodos de muestreo y análisis para el control oficial de los niveles de metales pesados en alimentos de consumo humano, para lo cual se tomaron 20 muestras de 1 kg desde un lote ( $\geq 50$  y  $\leq 500$ ), obteniendo un total de 20 kilos de alga seca de *D. antarctica* y *Ch. chamissoi* proveniente de cada localidad (**Tabla 28**). Cada muestra fue codificada para mantener la trazabilidad y fueron enviadas al Laboratorio de Moléculas Bioactivas de la Universidad Católica del Norte-Coquimbo, para su procesamiento.

Posteriormente las muestras fueron picadas a 4 mm, utilizando un procesador de acero inoxidable, envasadas en bolsas de polipropileno y etiquetadas según análisis a realizar.

**Tabla 28.** Composición de muestras SECA-PLANTA para envío a laboratorio acreditado para análisis microbiológico y químicos, para *D. antarctica* y *Ch. chamissoi*

<i>Durvillaea antarctica</i>		MUESTRAS ALGAS SECA-PLANTA			MUESTRAS PARA ANALISIS LABORATORIO ACREDITADO			
REGION	LOCALIDAD	De	Se obtuvo	Logrando	Microbiológico	Químicos	Perfiles	Proximales
IV	El Salado	20 lotes	1 kg/lote	20 kg	3 M de 600g	3 M de 500g	3 M de 300 g	3 M de 500 g
VI	Navidad	20 lotes	1 kg/lote	20 kg	3 M de 600g	3 M de 500g	3 M de 300 g	3 M de 500 g
VII	Pelluhue	20 lotes	1 kg/lote	20 kg	3 M de 600g	3 M de 500g	3 M de 300 g	3 M de 500 g
VIII	Arauco	20 lotes	1 kg/lote	20 kg	3 M de 600g	3 M de 500g	3 M de 300 g	3 M de 500 g
XIV	Corral	20 lotes	1 kg/lote	20 kg	3 M de 600g	3 M de 500g	3 M de 300 g	3 M de 500 g
X	Estaquilla	20 lotes	1 kg/lote	20 kg	3 M de 600g	3 M de 500g	3 M de 300 g	3 M de 500 g

<i>Chondracanthus chamissoi</i>		MUESTRAS ALGAS SECA-PLANTA			MUESTRAS PARA ANALISIS LABORATORIO ACREDITADO			
REGION	LOCALIDAD	De	Se obtuvo	Logrando	Microbiológico	Químicos	Perfiles	Proximales
III	Caldera	20 lotes	200g/lote	4 kg	3 M de 600g	3 M de 500g	3 M de 300 g	3 M de 500 g
IV	La Herradura	20 lotes	200g/lote	4 kg	3 M de 600g	3 M de 500g	3 M de 300 g	3 M de 500 g
VIII	Cerro Verde	20 lotes	200g/lote	4 kg	3 M de 600g	3 M de 500g	3 M de 300 g	3 M de 500 g
X	Calbuco	20 lotes	200g/lote	4 kg	3 M de 600g	3 M de 500g	3 M de 300 g	3 M de 500 g

### 6.3.2 Obtención de muestras frescas: pradera natural

Los individuos de cochayuyo y chicorea de mar frescos, fueron recolectados en la estación de verano (18 al 28 de enero 2021). En el caso de las muestras húmedas se ocuparon solo 3 días seguidos para recolectarlas-esto con la idea que tuvieran las mismas condiciones biológicas- (mismo grado de humedad y desecación en el transporte, mes y estación de año, tipo de transporte), para cochayuyo el área de estudio fue de 400 metros cuadrados (20 x 20 metros). Se recolectaron 20 individuos jóvenes (longitud menor 5m de largo, hojas filoides no muy anchas, generalmente es un alga limpia con muy pocos briozoos u otras epifitas, color verdoso petróleo brillante) al azar por cada zona geográfica y localidad seleccionada. De cada individuo se tomaron muestras de fronda y estipe (1 kg aproximadamente), obteniendo un total de 20 kilos (peso húmedo), lo que constituyó una muestra compuesta (**Figura 24-Tabla 29**).

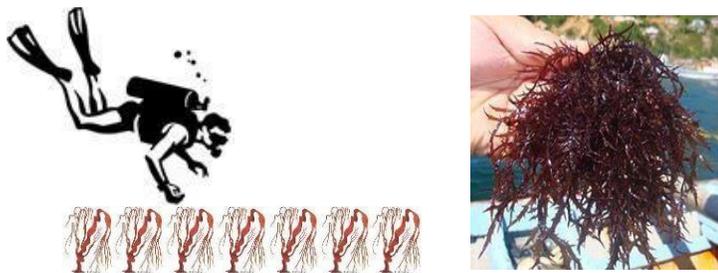


**Figura 24.** Algas jóvenes de *Durvillaea antarctica*.

**Tabla 29.** Composición de muestras fresca, para envío a laboratorio acreditado análisis microbiológico y químico de *D. antarctica*.

<i>Durvillaea antarctica</i>		MUESTRAS ALGAS FRESCA-TRATADA			MUESTRAS PARA ANALISIS LABORATORIO ACREDITADO			
REGION	LOCALIDAD	De	Se obtuvo	Logrando	Microbiológico	Químicos	Perfiles	Proximales
IV	El Salado	20 plantas	1 kg/planta	20 kg	3 M de 600g	3 M de 500g	3 M de 300 g	3 M de 500 g
VI	Navidad	20 plantas	1 kg/planta	20 kg	3 M de 600g	3 M de 500g	3 M de 300 g	3 M de 500 g
VII	Pelluhue	20 plantas	1 kg/planta	20 kg	3 M de 600g	3 M de 500g	3 M de 300 g	3 M de 500 g
VIII	Arauco	20 plantas	1 kg/planta	20 kg	3 M de 600g	3 M de 500g	3 M de 300 g	3 M de 500 g
XIV	Corral	20 plantas	1 kg/planta	20 kg	3 M de 600g	3 M de 500g	3 M de 300 g	3 M de 500 g
X	Estaquilla	20 plantas	1 kg/planta	20 kg	3 M de 600g	3 M de 500g	3 M de 300 g	3 M de 500 g

Las algas rojas, chicorea de mar, fueron recolectadas desde praderas naturales por pescadores artesanales mediante buceo entre 2-5m de profundidad, se cosecharon plantas sanas de tamaño entre 10-15 cm. (algas jóvenes generalmente muy limpias con muy pocos briozoos u otras epifitas, color rojizo intenso y brillante) para constituir una muestra compuesta de 30 kilos por localidad de estudio (**Figura 25-Tabla 30**).



**Figura 25.** Recolección de algas jóvenes de *Chondracanthus chamissoi* (Chicorea de mar).

**Tabla 30.** Composición de muestras frescas para envío a laboratorio acreditado análisis microbiológico y químico de *Ch. chamissoi*.

<i>Chondracanthus chamissoi</i>		MUESTRA	MUESTRAS PARA ANALISIS LABORATORIO ACREDITADO (SECA)			
REGION	LOCALIDAD	FRESCA	Microbiológico	Químicos	Perfiles	Proximales
III	Caldera	30 kg	3 M de 600g	3 M de 500g	3 M de 300 g	3 M de 500 g
IV	La Herradura	30 kg	3 M de 600g	3 M de 500g	3 M de 300 g	3 M de 500 g
VIII	Cerro Verde	30 kg	3 M de 600g	3 M de 500g	3 M de 300 g	3 M de 500 g
X	Calbuco	30 kg	3 M de 600g	3 M de 500g	3 M de 300 g	3 M de 500 g

Posteriormente, tanto las muestras de *Durvillaea antarctica* (Cochayuyo) como de *Chondracanthus chamissoi* (Chicorea de mar) fueron cubiertas con sal y trasladadas, en cajas plásticas selladas y etiquetadas según localidad de estudio, al Laboratorio de Moléculas Bioactivas de la Universidad Católica del Norte, ubicada en la región de Coquimbo para su procesamiento (**Figura 26**).

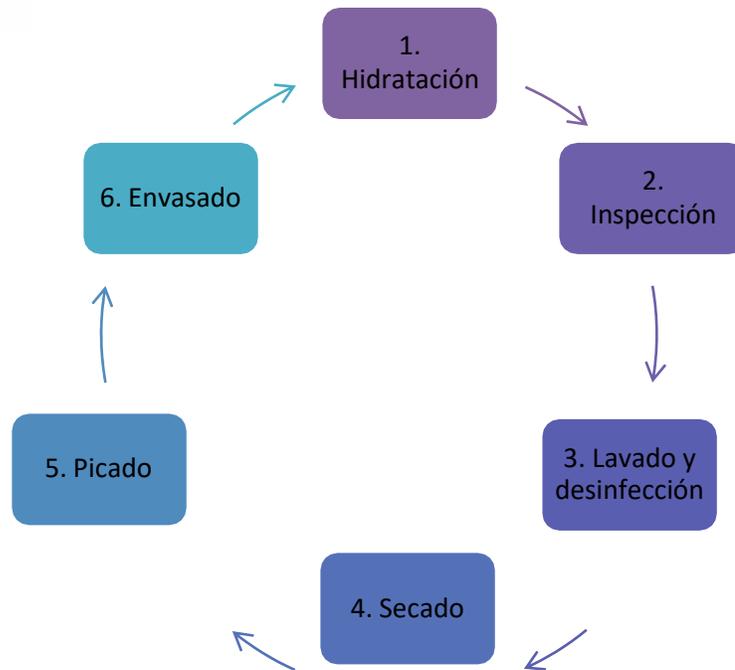


**Figura 26.** Laboratorio de Moléculas Bioactivas de la Universidad Católica del Norte, ubicada en la región de Coquimbo.

### 6.3.3. Tratamiento post cosecha de algas frescas.

En el Laboratorio de Moléculas Bioactivas, se aplicó un tratamiento post-cosecha, con el propósito de establecer los puntos críticos de control que permitan disminuir, evitar o controlar factores biológicos, físicos o químicos que alteren el producto final, y permitan además disminuir la concentración de metales pesados presentes en el alga.

Se realizaron una serie de etapas secuenciales, tanto en las especies de algas pardas como rojas, las cuales se resumen en la **Figura 27**.



**Figura 27.** Esquema de tratamiento post-cosecha aplicado en muestras de algas frescas de estudio, recolectadas en diferentes localidades durante la estación de verano 2021.

**Hidratación:** En el laboratorio de Botánica Marina de la Universidad Católica del Norte, las algas pardas y rojas recolectadas desde praderas naturales fueron mantenidas en estanques con agua de mar y aireación para eliminar la sal y re-hidratar (**Figura 28 y 29**).

**Inspección:** Se realizó una inspección visual de las algas pardas y rojas recolectadas, con el fin de eliminar impurezas y epifitas presentes de forma manual. En el caso particular del cochayuyo, se utilizó una esponja para limpiar la superficie del alga (**Figura 28 y 29**).

**Lavado y desinfección:** Las algas se lavaron en un estanque con agua potable declorada, utilizando una solución de tiosulfato al 10% por 20 minutos. Posteriormente, se sumergieron en alcohol isopropílico al 70% para desinfectar (**Figura 28 y 29**).

**Secado:** El secado de las algas incluyó una primera etapa de secado al sol sobre tendales contruidos en base de madera con malla rashel por 48 h, para posteriormente continuaren estufa a 50°C por 24 horas (**Figura 28 y 29**).

**Picado:** Las algas secas se picaron en trozos de 4 mm de diámetro mediante un procesador de acero inoxidable de cuchillas intercambiables, las cuales fueron desinfectadas luego de cada muestra para evitar posible contaminación (**Figura 28 y 29**).

**Envasado:** Las algas picadas fueron envasadas, en bolsas de polipropileno transparente con sello hermético (para evitar la pérdida de humedad) y etiquetadas según localidad de estudio, tipo y análisis a realizar (**Figura 30**).



**Figura 28.** Etapas de tratamiento post-cosecha de cochayuyo



**Figura 29.** Etapas de tratamiento post-cosecha en chicoria de mar



**Figura 30.** Formato de envío de muestras de algas secas y frescas tratadas en laboratorio (según las especificaciones recibidas por laboratorio de análisis).

#### **6.3.4 Propuesta de tratamiento previo a ejecución análisis químico, para permitir obtener muestras de algas con menor concentración de metales pesados.**

Dentro de los métodos descritos para la reducción de metales pesados tales como: arsénico (As), cadmio (Cd) y mercurio (Hg) presentes en algas marinas. Noriega- Fernández et al., (2021), señalan que además de los tratamientos post cosecha habituales como: lavados, cocción y secados, la aplicación de agentes quelantes de calidad alimenticia como el ácido etilendiamino tetraacético (EDTA) combinado con ultrasonido (US), tienen la capacidad de disolver los iones metálicos, particularmente el Cd, presentes en macroalgas.

En función de lo anterior, las algas secas de cochayuyo provenientes desde las **plantas de proceso** fueron sometidas a dos tratamientos utilizando EDTA, según la metodología modificada propuesta por Noriega-Fernández et al., (2021), las que se detallan a continuación:

A) Tratamiento EDTA+US



**B) Tratamiento solo con EDTA**



**6.4 Envío de muestras a laboratorios certificados para la ejecución de análisis químicos y microbiológicos.**

Del total de muestras recolectadas, tanto frescas como secas (tratadas), se enviaron a laboratorios certificados para sus análisis, según localidad de origen, tipo de alga y tipo de tratamiento. Es importante señalar que el tratamiento con EDTA solo se realizó en las algas secas de cochayuyo provenientes de las diferentes localidades, las que fueron facilitadas por la empresa Terra Natur S.A. A continuación, se presentan los tipos de muestras según localidad de origen, estado (fresca/seca) y tratamiento post cosecha.

## COCHAYUYO

- **SECA-PLANTA:** definidas como muestras de algas secas provenientes de las plantas de proceso, de las distintas localidades a las que no se les realizó ningún tipo de tratamiento. (**Muestra N°1**).
- **TRATADA:** definidas como algas frescas -jóvenes- recolectadas desde praderas naturales de las distintas localidades a las que se les aplico tratamiento de post-cosecha. (**Muestra N°2**).
- **SECA-EDTA+US:** definidas como muestras de algas secas provenientes de las plantas de proceso, de las distintas localidades a las que se les aplico el tratamiento de post cosecha y posteriormente el tratamiento con EDTA (**Muestra N°3**).

## CHICOREA DE MAR

- **SECA-PLANTA:** definidas como muestras de algas secas provenientes de las plantas de proceso, de las distintas localidades a las que no se les realizó ningún tipo de tratamiento. (**Muestra N°1**).
- **TRATADA:** definidas como muestras húmedas recolectadas desde praderas naturales de las distintas localidades a las que se les aplicó tratamiento de post-cosecha. (**Muestra N°2**).

El total de muestras de cochayuyo y chicorea de mar fueron enviadas a dos laboratorios reconocidos y certificados por Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura (**Figura 31**), estos son: **CESMEC** (perteneciente al Grupo BUREAU VERITAS CHLE S.A.) donde se realizaron los análisis químicos y microbiológicos, a excepción del análisis de arsénico total y arsénico inorgánico, el cual fue desarrollado por el laboratorio Gestión de Calidad y Laboratorio S.A. (**EUROFIN**), que posee acreditación ISO 17025. Se adjuntan en **ANEXO LABORATORIO** la certificación de cada laboratorio.

Importante, fue seleccionado los laboratorios donde fueron procesadas las muestras del proyecto *Novel food* Etapa I, para evitar errores de métodos de análisis e instrumentación.



**Figura 31.** Cajas envío muestras de algas según tratamiento y localidad de cochayuyo ychicorea de mar a laboratorio de análisis acreditados.

Los análisis desarrollados se encuentran estipulados en las bases del proyecto y se detallan a continuación:

<i>TIPO ANÁLISIS</i>	<i>DETALLE ANÁLISIS</i>
<b>A. Análisis proximales</b>	Humedad (%)
	Cenizas (%)
	Proteínas (%)
	Lípidos (%) Grasa Soxhlet (%)
	Minerales (%)
	Hidratos de Carbono (%)
	Fibra (%)
	Fibra Cruda (%)
<b>B. Análisis Microbiológico</b>	Impurezas (%)
	Recuento Total (ufc/g)
	Recuento Aerobios mesofilos (ufc/g)
	Recuento Hongos y levaduras (ufc/g)
	<i>Salmonella</i> (P/A en 25g)
	<i>Vibrio parahaemolyticus</i> (NMP/gr)
	Coliformes fecales (ufc/g)
	Anaerobios (ufc/g) - Anaerobios Sulfito Reductores (ufc/g)
	<i>Clostridium perfringens</i> (ufc/g)
	<i>Listeria monocytogenes</i> (P/A en 25 g)
	Coliformes totales (P/A en 1 gr)

<b>C. Análisis Químicos</b>	<b>C.1. Arsénico</b>	Arsénico total (mg/kg)
		Arsénico inorgánico (mg/kg)
	<b>C.2. Metales</b>	Plomo (mg/kg)
		Cadmio (mg/kg)
		Estaño (mg/kg)
		Mercurio (mg/kg)
		Yodo (mg/kg)
	<b>C.3. Otros metales</b>	Sodio sal (mg/g)
		Calcio (mg/g)
		Fierro (mg/kg)
		Potasio (mg/g)
		Magnesio (mg/g)
		Fósforo (mg/kg)
		Cobalto (mg/g)
		Cromo (mg/g)
		Cobre (mg/kg)
		Manganeso (mg/kg)
	Níquel (mg/g)	
	Selenio (mg/kg)	
	Zinc (mg/g)	
<b>C.4. Perfiles</b>	Perfil aminoácidos	
	Perfil de Ácidos grasos	
<b>C.5. Vitaminas</b>	Vitamina A	
	Vitamina C	
	Vitamina E	

## 6.5 Análisis estadísticos para resultados de cochayuyo y chicoria de mar.

### 6.5.1 COCHAYUYO

La caracterización química del cochayuyo por tratamiento (i.e., sin tratamiento “Seca-Planta”, Tratada, “Seca EDTA + US”) en cada localidad (i.e., El Salado, Navidad, Pelluhue, Arauco, Corral, Estaquilla) fue realizada usando distintos componentes descriptivos (i.e., análisis microbiológicos, vitaminas, metales y minerales, análisis proximal, perfil de ácidos grasos, perfil de aminoácidos), que fueron analizados de manera independiente. Los datos de los análisis microbiológicos, vitaminas, metales y minerales, análisis proximal, perfil de ácidos grasos y perfil de aminoácidos por tratamiento y localidad son presentados en el apartado 6.6.

Los componentes descriptivos de la caracterización química fueron comparados con Análisis de Varianza de una vía (ANDEVA en Excel). La ANDEVA comparó las muestras sin tratamiento (i.e., planta) con las muestras tratadas (i.e., tratada, “EDTA +US”) obtenidas de cada localidad (i.e., El Salado, Navidad, Pelluhue, Arauco, Corral, Estaquilla) (Quinn y Keough, 2002).

Para detectar cambios en la caracterización química de las muestras tratadas (i.e., tratada, “EDTA + US”) y no tratadas de cada localidad de muestreo se realizaron análisis multivariados. Se calculó una matriz de similitud entre pares de muestra usando el índice de Bray-Curtis, previa transformación de los datos usando la raíz cuarta del dato (Clarke et al., 2006). La caracterización química de las muestras de cohayuyo sin tratamiento y de las muestras tratadas se representó gráficamente para cada uno de los componentes usando escalamiento no métrico multidimensional (i.e., nMDS) y se comparó estadísticamente con el Análisis de Similitud (ANOSIM). Los valores “P” se calcularon usando una correlación de Spearman con un máximo de 9.999 permutaciones sin restricción (Clarke y Gorley, 2006). Para identificar los atributos de cada componente que más contribuyen a las diferencias en la composición química entre localidades se efectuó un Análisis de Similitud Porcentual (SIMPER) utilizando el software PRIMER v6 (Clarke y Gorley, 2006).

Para detectar cambios en la caracterización química de las muestras tratadas (i.e., tratada, “EDTA + US”) y no tratadas de la fase II, y de las muestras obtenidas en la fase I por Región (i.e., VI Región, VII Región, VIII Región) se realizaron análisis multivariados equivalente a los realizados por localidad.

### **6.5.2 CHICOREA DE MAR**

La caracterización química del Chicoria de mar por tratamiento (i.e., sin tratamiento, tratada) en cuatro localidades (i.e., Caldera La Herradura, Cerro Verde y Calbuco) fue realizada usando distintos componentes descriptivos (i.e., análisis microbiológicos, vitaminas, metales y minerales, análisis proximal, perfil de ácidos grasos, perfil de aminoácidos), que fueron analizados de manera independiente.

Los componentes descriptivos de la caracterización química fueron comparados con una Prueba t para medias de dos muestras emparejadas (Prueba de t en Excel). La prueba de t comparó las muestras sin tratamiento (i.e., planta) con las muestras tratadas (i.e., tratada) obtenidas de cada una de las localidades (i.e., Caldera La Herradura, Cerro Verde y Calbuco) (Quinn y Keough, 2002).

Para detectar cambios en la caracterización química de las muestras tratadas y no tratadas de cada localidad de muestreo se realizaron análisis multivariados. Se calculó una matriz de similitud entre pares de muestra usando el índice de Bray-Curtis, previa transformación de los datos usando la raíz cuarta del dato (Clarke et al., 2006). La caracterización química de las muestras de chicoria de mar sin tratamiento y de las muestras tratadas se representó gráficamente para cada uno de los componentes usando escalamiento no métrico multidimensional (i.e., nMDS) y se comparó estadísticamente con el Análisis de Similitud (ANOSIM). Los valores “P” se calcularon usando una correlación de Spearman con un máximo de 9.999 permutaciones sin restricción (Clarke y Gorley, 2006). Para identificar los atributos de cada componente que más contribuyen a las diferencias en la composición química entre localidades se efectuó un Análisis de Similitud Porcentual (SIMPER) utilizando el software PRIMER v6 (Clarke y Gorley, 2006).

## **6.6 Resultados caracterización química y microbiológica de productos secos, frescos tratados y secos tratados con EDTA de cochayuyo (*Durvillaea antarctica*).**

### **6.6.1 Análisis de resultados caracterización química y microbiológica obtenidas de laboratorio acreditado**

En la **Tabla 31**, se presentan los resultados microbiológicos obtenidos en el total de muestras de cochayuyo analizadas. En términos generales, no se observó la presencia de microorganismos en las muestras de algas recolectadas desde las diferentes localidades, tanto de planta como tratadas. A diferencia, de los organismos aerobios mesófilos que fueron encontrados en todas las muestras analizadas los que fluctuaron entre los  $2,5 \times 10^2$  a  $6,4 \times 10^3$  (ufc/g). Por otra parte, los organismos anaeróbicos mesófilos fluctuaron entre  $2,5 \times 10^2$  (El Salado, IV región y Corral, XIV región) y  $7,9 \times 10^3$  (ufc/g) registrado en las algas secas provenientes de Estaquilla, X región. En ninguna de las muestras colectadas y tratadas de cochayuyo se detectó la presencia de: *Salmonella*, Coliformes totales ni *Listeria monocytogenes*. Esta característica es un requisito fundamental para la exportación de algas a la Unión Europea, por lo cual constituye un buen indicador como producto exportable.

**Tabla 31:** Análisis microbiológicos en algas colectadas de *D. antarctica* (cochayuyo) según tratamiento y localidad de origen.

Análisis microbiológico	IV Región-El Salado		VI Región-Navidad		VII Región-Pelluhue		VIII Región-Arauco		XIV Región-Corral		X Región-Estaquilla	
	Seca Planta	Tratada	Seca Planta	Tratada	Seca Planta	Tratada	Seca Planta	Tratada	Seca Planta	Tratada	Seca Planta	Tratada
<i>Clostridium perfringens</i> (ufc/g)	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia
Coliformes Fecales (NMP/g)	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia
Coliformes Totales (NMP/g)	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	23	ausencia
<i>Listeria monocytogenes</i> (ufc/g)	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia
Recuento Aerobios Mesófilos (ufc/g)	<2,5x10 <sup>2</sup> (*)	<2,5x10 <sup>2</sup> (*)	<10 (*)	<2,5x10 <sup>2</sup> (*)	<3,3x10 <sup>2</sup>	<2,5x10 <sup>2</sup> (*)	6,4x10 <sup>5</sup>	<2,5x10 <sup>2</sup> (*)				
Recuento de Hongos (ufc/g)	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	35	ausencia
Recuento de Levaduras (ufc/g)	ausencia	60	ausencia	ausencia	30	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia
Recuento Mesofilos Anaerobios (ufc/g)	<2,5x10 <sup>2</sup>	<2,5x10 <sup>2</sup>	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	<2,5x10 <sup>2</sup>	<2,5x10 <sup>2</sup>	7,9x10 <sup>5</sup>	ausencia
<i>Salmonella</i> ( P/A en 25g)	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia
<i>Vibrio parahaemolyticus</i> (NMP/g)	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia
(*) Recuento estimado en placa												

El contenido de vitaminas presentes en las muestras de cochayuyo estudiadas se muestra en la **Tabla 32**. Donde destacan los contenidos en vitaminas E y C, las cuales tienen propiedades antioxidantes.

La Vitamina A se expresa y mide en equivalente de retinol (ER), debido a que el retinol es la forma principal de vitamina A en las dietas humanas, su contenido fue menor a 11 ug ER/100g en todas las muestras de cochayuyo analizadas, en tanto el contenido de Vitamina C, presente en las algas provenientes desde las plantas de proceso (seca- planta), fluctuó entre 601 mg/kg (Navidad, VI región) y 8,34 mg/kg (VII región) y entre 102 mg/kg (IV región) a 7,48 mg/kg (VIII región) en las algas tratadas. Con respecto a las algas que fueron tratadas con la solución de EDTA la concentración de vitamina C estuvo por debajo de los 0,60 mg/kg. En relación a la vitamina E, el contenido promedio de las algas provenientes desde las plantas de proceso fue de 12,64 mg/kg, en comparación a las algas tratadas 3,71 mg/kg y las tratadas con EDTA 5,41 mg/kg. Varias investigaciones afirman que las algas marinas son una fuente rica de vitaminas, especialmente de vitamina C. (Munda et al., 1987; Michalak et al., 2018; Rajapakse et al., 2011; Arasaki, 1983). Indicando que los contenidos más altos se encuentran en las algas pardas y verdes (Škrovánková, 2011; Chan et al., 1997), con concentraciones de 0,5 a 3,0 mg g<sup>-1</sup> de peso seco, lo cual se encuentra dentro de los resultados obtenidos. Por otra parte, Munda (1987) afirmó que algunas especies tienen cantidades suficientes para cubrir la ingesta diaria recomendada para adultos. Sin embargo, Nielsen et al., (2021), señalan que las algas en general no son una fuente rica en vitamina C, comparadas con otros alimentos, y que el contenido puede variar debido a factores biológicos, estacionales, ubicación geográfica y tratamiento postcosecha. Uno de los estudios realizados en función de la comparación del contenido de vitamina C en diferentes especies de macroalgas, determinó que las algas pardas del orden fucales, como *D. antarctica* tenían bajas cantidades de vitamina C. Por otra parte, determinaron que el secado prolongado y el tiempo de almacenamiento disminuyen la concentración de vitamina C y E en el alga, debido a que se oxida fácilmente.

**Tabla 32.** Contenido de vitaminas A (ug ER/100g), C y E (mg/kg) presentes *D. antarctica* (cochayuyo), según tratamiento y localidad de origen.

Análisis Vitaminas		VITAMINA A (ug ER/100g)			VITAMINA C (mg/kg)			VITAMINA E (mg/kg)		
REGION	SECTOR	Seca-Planta	Tratada	Seca EDTA+US	Seca-Planta	Tratada	Seca EDTA+US	Seca-Planta	Tratada	Seca EDTA+US
IV	El Salado	<11	<11	<11	<0,60	102,00	<0,60	2,23	5,22	7,65
VI	Navidad	<11	<11	<11	601,00	<0,6	<0,60	10,17	2,02	5,08
VII	Pelluhue	<11	<11	<11	36,40	<0,6	<0,60	14,70	5,07	8,76
VIII	Arauco	<11	<11	<11	8,34	7,48	<0,60	16,40	4,14	1,41
XIV	Corral	<11	<11	<11	130,00	<0,6	<0,60	18,20	2,70	9,07
X	Estaquilla	<11	<11	<11	<0,60	9,14	<0,60	14,76	2,79	0,54

En relación al contenido de metales pesados, los niveles de Cadmio fluctuaron entre un valor promedio máximo de 5,17 mg/kg (El Salado, IV región) y valores bajo el límite de detección del análisis (<0,04 mg/kg) en las muestras de cochayuyo tratadas con EDTA provenientes de la localidad de Pelluhue, Arauco y Estaquilla (**Tabla 33**). Valores similares fueron reportados por Almeda et al., (2006), quienes informaron valores de alrededor de 2,46 mg/kg de peso seco en algas pardas.

Con respecto al contenido (mg/kg) de Mercurio, Estaño y Plomo los valores promedios estuvieron por debajo del límite de detección del análisis para todas las muestras evaluadas. (**Tabla 33**), y por lo tanto están dentro de los límites permitidos en los productos alimenticios en la Unión Europea según el Reglamento (CE) N° 1881/2006, y sus modificaciones.

El contenido promedio de Yodo (mg/kg) fluctuó entre un valor máximo de 88,31 mg/kg (Navidad, VI región) y 60,38 mg/kg (Estaquilla, X región). (**Tabla 33**). Al respecto, en el año 2006, el comité científico de alimentación humana (UE) estableció para la ingesta de Yodo un límite máximo de 600 ug/día para adultos y 200 ug/día para niños de 1 a 3 años, indicando que el consumo de algas ricas en yodo podría ser peligroso cuando contienen más de 2000 mg/kg de Yodo por kilo de peso seco. (ANSES, 2017- 2018).

**Tabla 33:** Contenido de metales pesados y yodo (mg/Kg peso seco) en *D. antarctica* (cochayuyo) según tratamiento y localidad de origen.

Metales Pesados		Plomo (mg/kg)		Cadmio (mg/kg)		Estaño (mg/kg)		Mercurio (mg/kg)		Yodo (mg/kg)	
REGIÓN	SECTOR	Seca-Planta	Seca EDTA+US	Seca-Planta	Seca EDTA+US	Seca-Planta	Seca EDTA+US	Seca-Planta	Seca EDTA+US	Seca-Planta	Seca EDTA+US
IV	El Salado	<0,09	<0,09	5,17	1,79	<0,90	<0,90	<0,01	<0,01	74,50	78,41
VI	Navidad	<0,09	<0,09	2,63	0,82	<0,90	<0,90	<0,01	<0,01	79,00	88,31
VII	Pelluhue	<0,09	<0,09	3,68	<0,04	<0,90	<0,90	<0,01	<0,01	71,00	68,79
VIII	Arauco	<0,09	<0,09	4,12	<0,04	<0,90	<0,90	<0,01	<0,01	63,50	85,46
XIV	Corral	<0,09	<0,09	2,56	0,43	<0,90	<0,90	<0,01	<0,01	66,60	80,35
X	Estaquilla	<0,09	<0,09	2,50	<0,04	<0,90	<0,90	<0,01	<0,01	60,38	82,28

El contenido promedio de arsénico total fluctuó entre 9,8 mg/kg (Estaquilla, X región), y 7,8 mg/kg (Navidad, VI región) para las algas provenientes desde las plantas de proceso. En tanto, las algas tratadas fluctuaron entre 8,6 mg/kg (El Salado, IV región) y 4,0 mg/kg (Estaquilla, X región). En la mayoría de las localidades, a excepción de Estaquilla, se observó una disminución promedio del 58% del metal, en las algas que recibieron el tratamiento de postcosecha. En tanto, el arsénico inorgánico fluctuó entre 0,82 mg/kg (El Salado, IV región) y 0,51 mg/kg (Navidad, VI región) para las algas provenientes desde las plantas de proceso y entre un 0,36 y 0,29 mg/kg para las algas tratadas de las localidades de Corral, XIV región y Pelluhue, VII región, respectivamente (**Tabla 34**). Al igual que el arsénico total, se observó una disminución del arsénico inorgánico en las algas que recibieron el tratamiento de postcosecha. En términos generales, las algas presentaron una mayor concentración de arsénico total que la fracción inorgánica, lo cual concuerda con lo descrito por Díaz et al., (2012), quienes señalan que la mayoría de las algas tienden a acumular el arsénico de forma orgánica (por sobre el 90%), mientras que la fracción inorgánica está en un menor porcentaje, aunque, es reconocida como la de mayor toxicidad.

En cuanto al arsénico inorgánico, el Reglamento (CE) N° 1881/2006 no establece contenidos máximos de arsénico en los productos alimenticios (Farré et al., 2009). Sin embargo, sí existe en Francia un máximo permisible de 3 mg/kg peso seco del alimento (Mabeau et al., 1993), por lo tanto, todas las muestras analizadas cumplirían con esta exigencia.

**Tabla 34:** Contenido de Arsénico total e inorgánico (mg/kg peso seco) en *D. antarctica* (cochayuyo) según tratamiento y localidad de origen. Los valores de Arsénico inorgánico se expresan como promedio  $\pm$  desviación estándar.

Análisis Arsénico total e Inorgánico		ARSÉNICO TOTAL (mg/kg)		ARSÉNICO INORGÁNICO (mg/kg)	
REGIÓN	LOCALIDAD	SECA-PLANTA	TRATADA	SECA-PLANTA	TRATADA
IV	El Salado	8,0	8,6	0,82+0,20	0,36 +0,091
VI	Navidad	7,8	4,9	0,51+0,13	0,2 + 0,05
VII	Pelluhue	9,2	5,3	0,60 + 0,15	0,29 + 0,073
VIII	Arauco	9,2	4,1	0,56+0,14	0,27 +0,069
XIV	Corral	8,5	4,3	0,61 + 0,15	0,17 + 0,044
X	Estaquilla	9,8	4,0	0,65 + 0,16	0,27 + 0,068



Las macroalgas son una fuente mineral importante. Los principales contenidos minerales en las macroalgas, relacionados con la salud humana, son Na, Ca, K, Mg y P, considerando también micronutrientes como I, Fe, Zn, Cu, Mn y Se (Matanjun et al., 2009; Reilly, 2002; Welch, 2002). En cuanto a las concentraciones, Brito et al., (2017) han medido K, Ca y Mg para varias variedades de macroalgas, entre ellas, las algas pardas presentaron concentraciones que oscilan entre 780 y 56.390 mg/kg para Ca, 2830 y 115.790 mg/kg para K, 1030 y 33.000 mg/kg para Mg. De acuerdo con estos resultados, y en comparación con los resultados mostrados en la **Tabla 35**, los valores se encuentran dentro de los rangos estudiados por este autor.

**Tabla 35.** Contenido de minerales (mg/kg) presentes en muestras de cochayuyo según tratamiento y localidad de origen.

Análisis Minerales (mg/kg)	IV Región-El Salado		VI Región-Navidad		VII Región-Pelluhue		VIII Región-Arauco		XIV Región-Corral		X Región-Estaquilla	
	Seca Planta	Seca EDTA+US	Seca Planta	Seca EDTA+US	Seca Planta	Seca EDTA+US	Seca Planta	Seca EDTA+US	Seca Planta	Seca EDTA+US	Seca Planta	Seca EDTA+US
<b>ALUMINIO</b>	21,9	10,1	14,8	10,6	47,1	5,3	17,4	8,2	16,7	7,5	31,8	13,2
<b>CALCIO</b>	11.472,0	12.478,5	9.310,0	11.601,8	10.215,0	11.431,9	11.433,0	10.688,7	10.066,0	10.386,8	10.774,0	10.610,97
<b>COBALTO</b>	<0,55	<0,55	<0,55	<0,55	2,4	<0,55	2,2	<0,55	2,5	<0,55	<0,55	<0,55
<b>COBRE</b>	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	0,8	<0,15
<b>CROMO</b>	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15
<b>FÓSFORO</b>	1.306,3	213,2	1.665,1	658,6	1.233,7	577,5	1.372,6	363,7	1.589,7	693,8	1.367,4	451,3
<b>HIERRO</b>	30,8	13,8	27,9	12,2	22,0	15,4	23,6	17,0	29,3	17,4	27,6	16,2
<b>MAGNESIO</b>	10.573,0	7.851,3	7.409,0	6.147,2	8.219,0	6.273,3	8.360,0	5.955,7	7.749,0	5.430,0	10.468,7	6.446,1
<b>MANGANESO</b>	2,5	<0,22	3,6	3,0	3,1	<0,22	6,6	<0,22	3,7	<0,22	2,2	<0,22
<b>POTASIO</b>	19.305,0	10.574,8	21.755,0	5.576,1	20.507,0	6.056,4	21.972,0	5.765,4	20.405,0	7.560,0	17.531,9	7.820,5
<b>SELENIO</b>	0,2	<0,011	<0,011	<0,011	0,2	<0,011	0,2	<0,011	<0,011	<0,011	<0,011	<0,011
<b>SODIO (mg/100g)</b>	4.714,0	2.725,3	3.153,0	2.811,8	3.141,0	2.875,4	3.298,0	2.915,6	2.848,0	3.122,7	3.373,1	2.842,1
<b>ZINC</b>	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	2,2	<0,15	2,9	6,9	<0,15	<0,15

La composición proximal determinada para las algas recolectadas desde diferentes localidades se muestra en la **Tabla 36**. Los valores expresados como gramos por 100 gramos de alga seca (g/100g), también pueden ser expresados como porcentaje de peso seco (%). El contenido de proteínas fluctuó entre un 6,05% y 10,81% no se observaron mayores diferencias entre las algas de planta y las tratadas con EDTA. Según literatura, el contenido de proteínas en algas pardas varía entre un 5,6% y 15,5% (Rodríguez y Hernández, 1991, Fleurence 1999), lo cual se encuentra en los rangos obtenidos en el presente estudio. Con respecto al contenido de lípidos totales, las algas marinas en general tienen valores bajos, menores al 4% del peso seco, lo cual concuerda con los resultados de este estudio (**Tabla 36**). Sin embargo, las algas marinas presentan lípidos que se destacan por su alta calidad nutricional ya que éstos incluyen ácidos grasos poliinsaturados como omega-3 y omega-6, los cuales son esenciales para el ser humano (MacArtain et al. 2007; Holdt y Kraan, 2011).

En relación al contenido de cenizas presentes en *D. antarctica* estos fluctuaron en un rango de 14,4% a 24,5%, valores cercanos a los mencionados por otros autores (Carrillo et al., 1992; Etcheverry y López, 1982). El contenido de cenizas refleja la presencia de elementos inorgánicos (macroelementos y elementos traza), los cuales son acumulados por las algas desde el medio ambiente circundante. En general, las algas se caracterizan por presentar altos contenidos de cenizas, los cuales pueden fluctuar entre un 7% y 55% del peso seco (Holdt y Kraan, 2011).

La fibra cruda se describe como aquellas sustancias orgánicas no nitrogenadas que no se disuelven tras hidrólisis sucesivas, siendo su principal componente la celulosa (90%) o fibra insoluble. En términos generales, los contenidos de fibra cruda en diferentes algas marinas pueden variar entre un 0,7% y 22,7% del peso seco, observándose los valores mayores en algas pardas (Vega y Toledo, 2018), lo cual está dentro de los rangos observados en el presente estudio. Al considerar la presencia de fibra desde una perspectiva nutricional, en el caso de algas marinas también se debe considerar la fracción soluble, la cual puede alcanzar hasta un 70% del peso seco. La fibra soluble en algas marinas comprende polisacáridos solubles como: alginato en algas pardas y carragenano y agar presente en algas rojas, los cuales pueden tener diversas propiedades funcionales que ayudan en la prevención de enfermedades asociadas al síndrome metabólico (Cherry et al. 2019).

**Tabla 36.** Composición proximal (g/100g) de *D. antarctica* (cochayuyo) según tratamiento y localidad de origen.

Análisis Proximal		Humedad(%)		Proteínas (g/100g)		Lípidos (g/100g)		Cenizas (g/100g)		Hidratos de Carbono (g/100g)		Fibra Cruda (g/100g)		Impurezas (%)	
REGION	SECTOR	Seca-Planta	Seca EDTA+US	Seca-Planta	Seca EDTA+US	Seca-Planta	Seca EDTA+US	Seca-Planta	Seca EDTA+US	Seca-Planta	Seca EDTA+US	Seca-Planta	Seca EDTA+US	Seca-Planta	Seca EDTA+US
IV	El Salado	8,4	14,1	7,41	7,08	<0,5	0,57	24,5	14,4	53,53	58,20	6,16	5,65	1,35	<1,0
VI	Navidad	13,0	11,9	9,20	10,81	<0,5	0,54	18,15	14,11	53,74	57,48	5,92	5,16	1,75	<1,0
VII	Pelluhue	15,5	10,1	6,95	8,73	<0,5	<0,5	16,91	14,38	54,48	64,87	6,16	1,45	1,90	<1,0
VIII	Arauco	16,1	9,2	8,06	9,33	<0,5	<0,5	16,82	14,77	52,22	62,93	6,80	3,27	2,21	<1,0
XIV	Corral	14,4	10,5	8,55	9,85	<0,5	0,60	16,83	14,85	56,04	61,18	4,18	3,02	2,90	<1,0
X	Estaquilla	11,9	13,5	6,05	7,21	0,70	0,82	18,09	14,78	60,67	60,80	2,59	2,89	0,04	<1,0

El contenido de lípidos en las algas es bajo (1 a 5% b.s.), siendo los lípidos neutros y glicolípidos los más abundantes (**Tabla 37**). La proporción de ácidos grasos esenciales en algas es mayor que en plantas terrestres, además sintetizan gran cantidad de ácidos grasos poliinsaturados de cadena larga, en los que destaca el ácido eicosapentaenoico (EPA) y docosahexaenoico (DHA) que pertenecen a la familia de ácidos grasos  $\omega$ -3. El consumo de estos ácidos grasos se relaciona con disminución del riesgo de padecer enfermedades cardiovasculares, particularmente enfermedad coronaria. El efecto biológico de EPA y DHA es muy extenso y variado, involucra lipoproteínas, presión sanguínea, función cardíaca, función endotelial, reactividad vascular y fisiología cardíaca, así como un efecto antiinflamatorio y anti plaquetario (López-Huertas, 2010; Urbano, 2002).

**Tabla 37.** Contenido de ácidos grasos presentes en *D. antarctica* según tratamiento y localidad de estudio.

Perfil ACIDOS GRASOS (% de éter metílico)	IV Región, El Salado		VI Región, Navidad		VII Región, Pellahue		VIII Región, Arauco		XIV Región, Corral		X Región, Estaquilla	
	Seca-Planta	Seca-EDTA+US	Seca-Planta	Seca-EDTA+US	Seca-Planta	Seca-EDTA+US	Seca-Planta	Seca-EDTA+US	Seca-Planta	Seca-EDTA+US	Seca-Planta	Seca-EDTA+US
Ácido grasos saturados	41,02	46,43	49,02	51,4	44,78	47,39	49,23	63,3	47,07	50,21	42,62	72,58
Ácidos grasos Monoinsaturados	38,93	23,22	20,09	22,72	21,75	21,37	19,21	22,03	19,59	22,58	28,95	20,57
Ácidos Grasos Polinsaturados	20,04	30,35	30,09	25,88	33,47	31,24	31,56	14,67	33,34	27,22	28,43	6,85
TRANS (Ac. Linolelaídico+Ac. Elaidico+ Ácido Palmítico-7 trans),	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Omega 3 (18:3n3)(20:5n3)(22:6n3)(20:3n3)(22:3n3)	5,04	22,68	7,89	17,07	7,22	24,13	8,21	9,89	7,8	20,11	5,16	4,06
Omega 6 (18:2n6t)(18:2n6c)(18:3n6)(20:2n6)(20:3n6)(20:4n6)(22:2n6)(22:5n6),	15,01	7,67	23	8,81	26,25	7,11	23,35	4,78	25,54	7,1	23,27	2,79
Ácidos Grasos EPA	0	5,07	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ácidos Grasos DHA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Las algas pardas presentan todos los aminoácidos esenciales. *D. antarctica*, es particularmente rica en Histidina, Metionina, Isoleucina, Leucina, Fenilalanina y Lisina; corroborando estudios anteriores (Wahbeh, 1997). Tanto las algas de planta y tratadas de las diferentes localidades presentaron concentraciones de aminoácidos similares (**Tabla 38**).

**Tabla 38.** Contenido de aminoácidos (g/100g de alga) en *D. antarctica* (cochayuyo) según tratamiento y localidad de origen.

Perfil de AMINOÁCIDOS (g/100g)	IV Región, El Salado		VI Región, Navidad		VII Región, Pelluhue		VIII Región, Arauco		XIV Región, Corral		X Región, Estaquilla	
	Seca-Planta	Seca EDTA+US	Seca-Planta	Seca EDTA+US	Seca-Planta	Seca EDTA+US	Seca-Planta	Seca EDTA+US	Seca-Planta	Seca EDTA+US	Seca-Planta	Seca EDTA+US
Ácido Aspártico	0,51	0,356	0,697	0,595	0,542	0,362	0,593	0,4	0,676	0,459	0,453	0,317
Ácido Glutámico	0,618	0,534	0,897	0,857	0,656	0,548	0,767	0,625	0,868	0,702	0,631	0,458
Hidroxiprolina	0,146	0,000005	0,076	0,000005	0,092	0,000005	0,09	0,000005	0,097	0,000005	0,011	0,000005
Serina	0,262	0,223	0,2286	0,327	0,262	0,218	0,279	0,249	0,301	0,269	0,188	0,182
Glicina	0,421	0,281	0,571	0,444	0,441	0,28	0,476	0,292	0,553	0,326	0,326	0,256
Histidina	0,333	0,094	0,301	0,123	0,348	0,091	0,343	0,063	0,363	0,09	0,23	0,06
Arginina	0,248	0,148	0,301	0,267	0,251	0,149	0,288	0,14	0,31	0,146	0,122	0,116
Taurina	0,191	0,164	0,157	0,226	0,2	0,156	0,185	0,197	0,203	0,199	<0,01	0,195
Treonina	0,355	0,261	0,356	0,319	0,349	0,234	0,357	0,253	0,374	0,26	0,244	0,209
Alanina	0,522	0,356	0,756	0,56	0,57	0,391	0,661	0,437	0,771	0,488	0,527	0,315
Prolina	0,253	0,172	0,309	0,28	0,244	0,187	0,27	0,225	0,305	0,23	0,186	0,145
Tirosina	0,239	0,114	0,237	0,179	0,246	0,112	0,247	0,108	0,269	0,118	0,079	0,076
Valina	0,479	0,349	0,528	0,505	0,456	0,367	0,485	0,387	0,519	0,378	0,438	0,297
Metionina	0,244	0,156	0,249	0,199	0,249	0,167	0,255	0,154	0,278	0,164	0,167	0,127
Isoleucina	0,222	0,259	0,295	0,359	0,082	0,28	0,25	0,283	0,213	0,264	0,223	0,217
Leucina	0,432	0,543	0,463	0,861	0,414	0,584	0,439	0,669	0,477	0,651	0,345	0,477
Fenilalanina	0,357	0,279	0,352	0,421	0,302	0,284	0,338	0,316	0,333	0,308	0,248	0,234
Lisina	0,207	0,15	0,33	0,316	0,246	0,174	0,278	0,193	0,306	0,224	0,127	0,118

Al comparar los resultados analíticos de cochayuyo entre las regiones, se puede señalar que para todos los análisis realizados las muestras presentan características nutricionales similares. En tanto, el contenido de metales pesados disminuyó en las muestras de algas tratadas con EDTA+US, obteniendo concentraciones del metal dentro de los límites permitidos para la Unión Europea según el Reglamento (CE) N° 1881/2006 y sus modificaciones, específicamente de las algas provenientes de Pelluhue, Arauco y Estaquilla.

## 6.6.2 Análisis estadístico caracterización química y microbiológica para cohayuyo.

### 6.6.2.1 Análisis Microbiológicos

El análisis microbiológico indica, en general, la ausencia de coliformes fecales, *Clostridium perfringens*, *Listeria monocytogenes*, *Salmonella* y *Vibrio parahaemolyticus* en las muestras de cohayuyo sin tratamiento y tratadas (**Tabla 39**). Lo mismo ocurre con coliformes totales y hongos, excepto en una muestra de cohayuyo sin tratar proveniente de Estaquilla; en cambio, en las levaduras la excepción estuvo en la muestra sin tratar de Pelluhue y la muestra tratada de El Salado. Los mesófilos aerobios y anaerobios estuvieron ausentes o tuvieron valores por debajo del límite de certificación del análisis, excepto en muestras de cohayuyo sin tratar de Pelluhue y Estaquilla.

**Tabla 39.** Comparación del análisis microbiológico de cohayuyo entre plantas sin tratamiento y con tratamiento.

Microbiológico	Unidad de Medida	Planta		Tratada		Prueba de t	P	nivel de significancia
		Media	DS	Media	DS			
<i>Clostridium perfringens</i>	ufc/g	Ausencia	-	Ausencia	-	-	-	-
Coliformes Fecales	NMP/g	Ausencia	-	Ausencia	-	-	-	-
Coliformes Totales	NMP/g	23	-	Ausencia	-	-	-	-
<i>Listeria monocytogenes</i>	ufc/g	Ausencia	-	Ausencia	-	-	-	-
Aerobios Mesófilos	ufc/g	6,4 x 10 <sup>5</sup>	-	<2,5 x 10 <sup>2</sup>	-	-	-	-
Hongos	ufc/g	35	-	Ausencia	-	-	-	-
Levaduras	ufc/g	30	-	60	-	-	-	-
Mesofilos Anaerobios	ufc/g	7,9 x 10 <sup>5</sup>	-	<2,5 x 10 <sup>2</sup>	-	-	-	-
<i>Salmonella</i>	P/A en 25 g	Ausencia	-	Ausencia	-	-	-	-
<i>Vibrio parahaemolyticus</i>	NMP/g	Ausencia	-	Ausencia	-	-	-	-

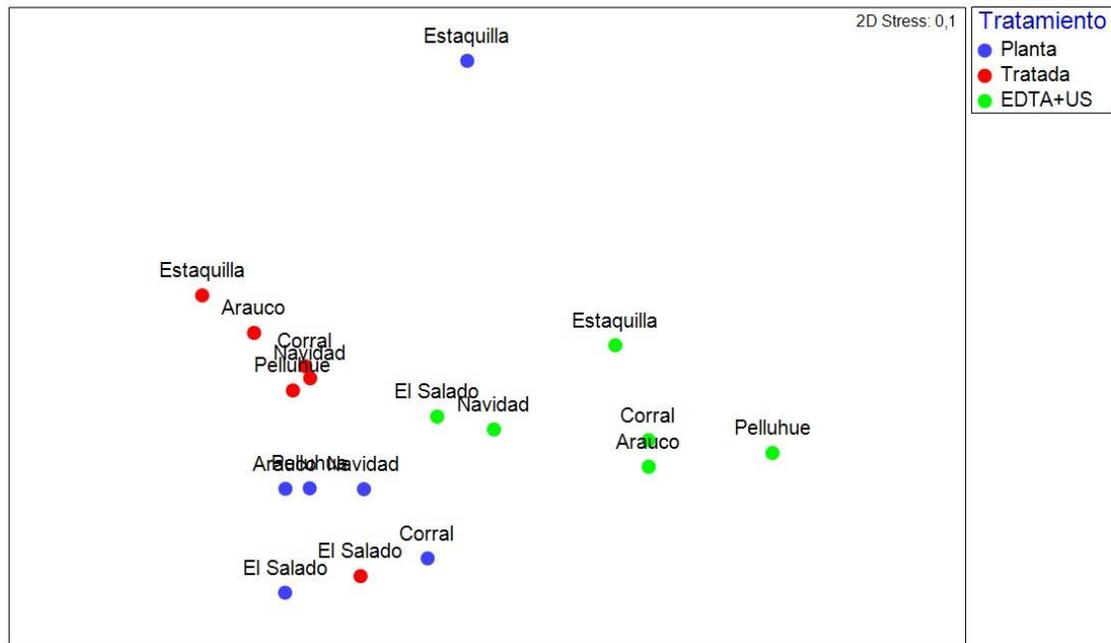
### 6.6.2.2 Análisis proximal

De acuerdo al análisis proximal, el principal componente del cohayuyo son los hidratos de carbono. Le siguen en orden de importancia las cenizas, las proteínas y la fibra cruda; mientras que las grasas tuvieron una mínima representación proximal. Las grasas y las proteínas fueron los componentes del análisis proximal sin diferencias significativas al comparar entre las muestras de cohayuyo sin tratamiento y las muestras tratadas (**Tabla 40**). Tampoco hubo diferencias significativas al comparar el porcentaje de impurezas.

Los hidratos de carbono del cochayuyo muestran un incremento significativo en las muestras tratadas con “EDTA + US”, en cambio para cenizas y fibra cruda tuvieron una disminución significativa en este mismo tratamiento (**Tabla 40**). También hubo diferencias significativas en la energía (mínima en “tratamiento”) y humedad (mínima en el tratamiento “EDTA + US”) (**Tabla 40**).

De acuerdo al análisis multivariado, la composición proximal del cochayuyo varió significativamente entre las muestras de cochayuyo sin tratamiento y las tratadas (ANOSIM; R global = 0,523; P = 0,1%). En este contexto, el análisis multidimensional (nMDS), mostró una composición proximal más homogénea en las muestras tratadas en comparación con las muestras sin tratamiento, donde la ordenación de las localidades fue más dispersa (**Figura 32**). Sin embargo, el análisis de similitud (ANOSIM), sugiere una sobre posición en la composición proximal de las muestras sin tratamiento y las tratadas ( $0,25 < R < 0,5$ ).

El análisis de similitud porcentual (i.e., SIMPER) mostró que la composición proximal de las muestras de cochayuyo sin tratamiento (similitud de 96,52%), tratadas (similitud de 97,69%), y tratadas con EDTA + US (similitud de 97,95%), estuvo determinada por una combinación que varía entre los hidratos de carbono, las cenizas y la humedad. En cambio, las impurezas y la fibra cruda fueron los parámetros que más contribuyeron a las diferencias detectadas entre las muestras de cochayuyo sin tratamiento y las muestras tratadas (ca. 3% de disimilitud).



**Figura 32.** Comparación del análisis proximal de cochayuyo entre plantas sin tratamiento (Planta) y con tratamiento (Tratada, EDTA+US) por localidad.

**Tabla 40.** Comparación del análisis proximal de Cochayuyo entre plantas sin tratamiento (Planta) y con tratamiento (Tratada). (n.s.: no significativo, \*: significativo, \*\*: muy significativo)

Minerales	Unidad de Medida	Planta		Tratada		EDTA + US		ANDEVA	p	nivel de significancia	Prueba de Tukey
		Media	DS	Media	DS	Media	DS				
Cenizas	g/100g	18,55	2,98	15,82	1,50	14,55	0,30	6,716	0,008	**	(EDTA = Tr) < (Tr = PI)
Fibra Cruda	g/100g	5,30	1,59	6,63	0,86	3,57	1,56	7,415	0,006	*	(EDTA = PI) < (PI = Tr)
Grasas	g/100g	0,70		< 0,50		0,59	0,12	1,699	0,216	n.s.	Tr = PI = EDTA
Hidratos de Carbono Totales	g/100g	55,11	3,00	53,83	3,04	60,91	2,79	9,847	0,002	**	(Tr = PI) < EDTA
Proteínas	g/100g	7,70	1,14	7,64	1,35	8,84	1,48	1,543	0,246	n.s.	Tr = PI = EDTA
Energía	kcal/100g	252,32	11,96	245,92	8,59	272,10	8,34	4,901	0,030	**	(Tr = PI) < (PI = EDTA)
Humedad	%	13,22	2,83	16,08	1,22	11,55	1,96	7,112	0,007	**	(EDTA = PI) < (PI = Tr)
Impurezas	%	1,69	0,96	0,75	0,83	< 1,00		2,657	0,103	n.s.	Tr = EDTA = PI

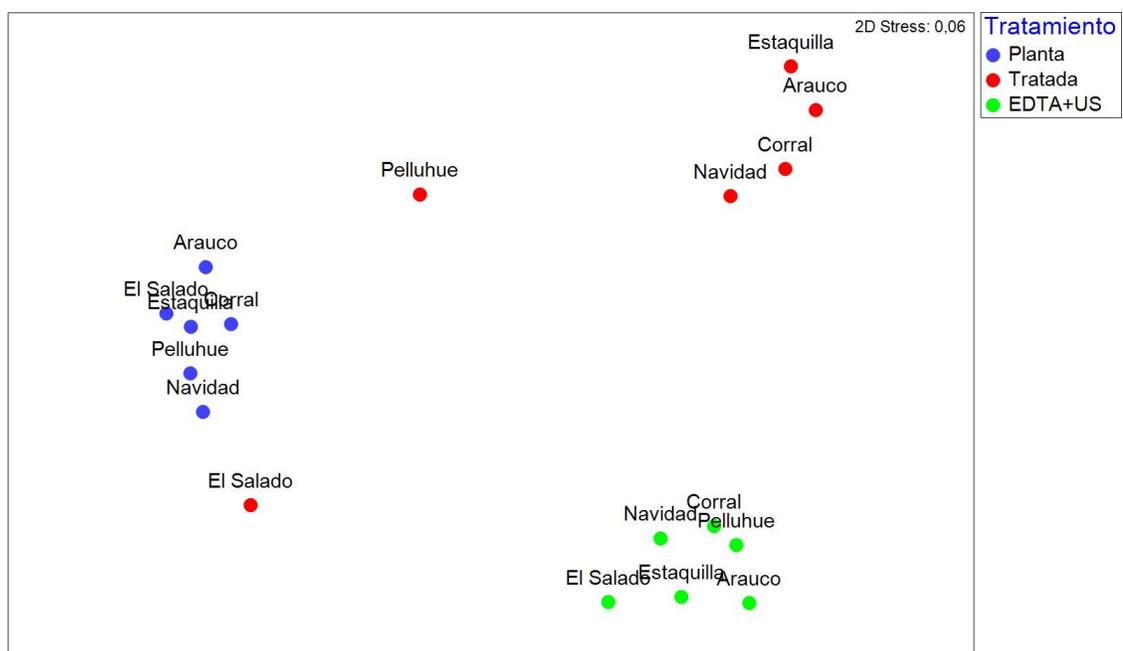
### 6.6.2.3 Análisis de metales y minerales

El análisis de los metales y minerales en las muestras de cochayuyo sin tratamiento, tratadas y tratadas con EDFA+US revela que cromo, estaño y mercurio tuvieron valores por debajo del límite de certificación del método (**Tabla 41**). Otros analitos, como cobre y plomo, también tuvieron valores por debajo del límite de certificación; excepto, para cobre en la muestra sin tratar proveniente de Estaquilla y en la muestra tratada para corral; y, para níquel en las muestras de El Salado y la muestra sin tratar de Estaquilla (**Tabla 41**). Además, se detecta que el potasio, calcio, magnesio, sodio y fósforo fueron los principales constituyentes minerales en los distintos tipos de tratamiento de las muestras de cochayuyo. Le siguen en importancia el yodo, hierro y aluminio. En cambio, el manganeso, cadmio, cobalto, zinc, arsénico y selenio registraron valores trazas respecto a los constituyentes mayores de las muestras.

En las muestras de cochayuyo tratadas con EDTA+US y sin tratar, un grupo de minerales (i.e., calcio, magnesio, selenio, zinc) tuvieron valores significativamente menores respecto a las muestras tratadas (**Tabla 41**); mientras que en las muestras de cochayuyo tratadas y tratadas con EDTA+US, otro grupo de minerales (i.e., aluminio, cadmio, fósforo, hierro, manganeso, sodio, potasio) tuvieron valores significativamente menores respecto a las muestras sin tratar (**Tabla 41**). Casos particulares fueron el yodo donde el tratamiento con EDTA+US fue significativamente mayor que las muestras sin tratar y tratadas; y el arsénico, donde el tratamiento con EDTA+US fue significativamente menor que las muestras sin tratar y tratadas. El nivel de cobalto no tuvo cambios significativos entre tratamientos.

De acuerdo al análisis multivariado, los metales y minerales en el cochayuyo varían significativamente entre muestras sin y con tratamiento, y tratadas con EDTA+US (ANOSIM;  $R_{\text{global}} = 0,798$ ;  $P = 0,1\%$ ). En este contexto, el análisis de ordenamiento multidimensional (nMDS), mostró una composición proximal más homogénea en las muestras de cochayuyo sin tratamiento y en las muestras tratadas con “EDTA + US” en comparación con las muestras tratadas, donde la ordenación de las localidades fue más dispersa (**Figura 33**). El análisis de similitud (ANOSIM), sugiere segregación entre los distintos tipos de tratamiento; aunque con una mayor dispersión en las muestras tratadas ( $0,75 < R < 1,0$ ).

El análisis SIMPER mostró que una alta similitud porcentual en los niveles de minerales de las muestras de cochayuyo sin tratamiento (similitud de 97,25%), tratadas (similitud de 94,32%) y tratadas con EDTA + US (similitud de 97,04%). Estos valores de similitud estuvieron determinados principalmente por los niveles de potasio, calcio, magnesio, sodio y fósforo. En cambio, varios minerales (E.G., potasio, fósforo, zinc, calcio, sodio, magnesio, cadmio, manganeso, aluminio, arsénico) fueron los que, en distintas combinaciones, más contribuyeron a las diferencias detectadas entre las muestras de cochayuyo sin tratamiento, tratadas y tratadas con “EDTA + US” (ca. 7%).



**Figura 33.** Comparación del perfil de aminoácidos entre plantas de cochayuyo sin tratamiento (Planta) y con tratamiento (Tratada, EDTA+US) por localidad.

**Tabla 41.** Comparación del análisis de metales y mineral de cochayuyo entre plantas sin tratamiento (Planta “PI”) y con tratamiento (Tratada “Tr”, EDTA+US). (n.s.: no significativo, \*: significativo, \*\*: muy significativo)

Minerales	Unidad de Medida	Planta		Tratada		EDFA + US		ANDEVA	p	nivel de significancia	Prueba de Tukey
		Media	DS	Media	DS	Media	DS				
Aluminio	(mg/kg)	24,93	12,44	14,74	9,47	9,15	2,76	4,574	0,028	*	(EDTA = Tr) < (Tr = PI)
Arsénico	(mg/kg)	0,39	0,09	0,44	0,07	0,03	0,02	65,698	0,000	**	EDTA < (PI = Tr)
Cadmio	(mg/kg)	3,44	1,08	2,07	1,97	0,53	0,69	6,936	0,007	**	(EDTA = Tr) < (Tr = PI)
Calcio	(mg/kg)	10.545	844	12.960	2.075	11.108	896	4,934	0,023	*	(PI = EDTA) < (EDTA = Tr)
Cobalto	(mg/kg)	1,46	1,00	0,98	0,75	< 0,55		2,391	0,126	n.s.	EDTA = Tr = PI
Cobre	(mg/kg)	0,77		< 0,15		< 0,15					
Cromo	(mg/kg)	< 0,15		< 0,15		< 0,15					
Estaño	(mg/kg)	< 0,90		< 0,90		< 0,90					
Fósforo	(mg/kg)	1.422	168	708	282	493	185	29,99	0,000	**	(EDTA = Tr) < PI
Hierro	(mg/kg)	26,86	3,38	24,62	8,54	15,35	2,01	7,586	0,005	**	(EDTA = Tr) < PI
Magnesio	(mg/kg)	8.796	1.378	9.758	1.434	6.351	814	12,027	0,001	**	(EDTA = PI) < Tr
Manganeso	(mg/kg)	3,62	1,57	1,06	1,33	0,78	1,26	7,217	0,007	**	(EDTA = Tr) < PI
Mercurio	(mg/kg)	< 0,01		< 0,01		< 0,01					
Níquel	(mg/kg)	1,23	1,17	0,79	0,58	< 0,55					
Plomo	(mg/kg)	< 0,09		4,10		< 0,09					
Potasio	(mg/kg)	20.246	1.649	6.110	4.698	7.226	1.892	39,183	0,000	**	(Tr = EDTA) < PI
Selenio	(mg/kg)	0,10	0,10	0,13	0,09	< 0,011		3,811	0,046	*	(EDTA = PI) < Tr
Sodio	(mg/100g)	3.421	658	2.521	441	2.882	134	5,719	0,014	*	(Tr = EDTA) < (EDTA = PI)
Yodo	(mg/kg)	69,16	6,99	67,00	7,33	80,60	6,79	6,468	0,009	**	(Tr = PI) < EDTA
Zinc	(mg/kg)	0,94	1,25	6,90	6,23	1,27	2,74	4,226	0,035	*	(PI = EDTA) < Tr

## Arsénico

La concentración de arsénico total e inorgánico fue significativamente mayor en las muestras de cohayuyo sin tratar en comparación con las muestras tratadas (**Tabla 42**).

**Tabla 42.** Comparación de la concentración de arsénico entre plantas de cohayuyo sin tratamiento y con tratamiento. (n.s.: no significativo, \*: significativo, \*\*: muy significativo)

Arsénico	Unidad de Medida	Planta		Tratada		Prueba de t	p	nivel de significancia
		Media	DS	Media	DS			
Total	(ug ER/100g)	8,75	0,78	5,21	1,75	3,799	0,013	*
Inorgánico	(ug ER/100g)	0,625	0,107	0,260	0,068	12,269	< 0,001	**

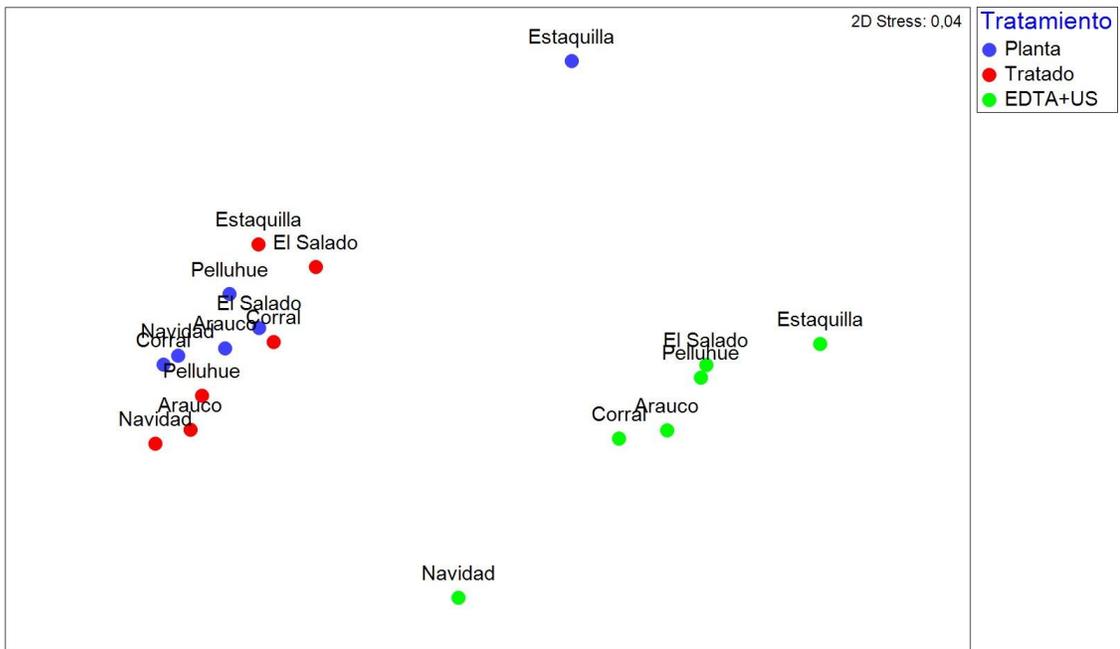
## Perfil de aminoácidos

En las muestras de cohayuyo tratadas con EDTA+US, un grupo de aminoácidos (i.e., hidroxiprolina, histidina, metionina, tirosina, treonina, prolina, arginina, valina) tuvieron valores significativamente menores respecto a las muestras tratadas y sin tratar (**Tabla 43**). En cambio, alanina y ácido aspártico en las muestras de cohayuyo tratadas (i.e., tratadas, tratadas con EDTA+US), tuvieron valores significativamente menores respecto a las muestras sin tratar (**Tabla 43**). Casos particulares fueron el ácido aspártico, donde el tratamiento con EDTA+US fue significativamente menor que las muestras sin tratar y tratadas; y la leucina, donde el nivel de este aminoácido en el tratamiento con EDTA+US fue significativamente mayor que el registrado en las muestras sin tratar y tratadas (**Tabla 43**).

El análisis multivariado muestra que los aminoácidos no varían significativamente entre las muestras sin tratamiento y las muestras tratadas (ANOSIM; R global = 0,588; P = 0,1%). El análisis de ordenamiento multidimensional (nMDS), mostró que el perfil de aminoácidos fue más homogéneo en las muestras de cohayuyo tratadas con EDTA+ US que en las muestras sin tratamiento y tratadas, donde la ordenación de las localidades fue más dispersa (**Figura 34**); aunque, el análisis de similitud (ANOSIM) sugiere que las localidades con muestras sin tratamiento, junto con las muestras tratadas, forman un sólo grupo homogéneo (R < 0,1).

El análisis SIMPER mostró que la similitud en el perfil de aminoácidos de las muestras de cochayuyo sin tratamiento (similitud de 96,48%), estuvo determinada principalmente por ácido glutámico, alanina, ácido aspártico, valina, glicina, leucina, treonina y fenilalanina; en las muestras tratadas (similitud de 97,45%), la similitud en el perfil estuvo determinada por ácido glutámico, valina, ácido aspártico, leucina, alanina, glicina, treonina, fenilalanina e histidina; mientras que en las muestras tratadas con EDTA + US (similitud de 97,45%), la similitud en el perfil estuvo determinada por leucina, ácido glutámico, alanina, ácido Aspártico, valina, glicina, fenilalanina e isoleucina.

Los aminoácidos que más contribuyeron a las diferencias detectadas entre las muestras sin tratamiento y las muestras tratadas de cochayuyo fueron: taurina, alanina, fenilalanina, hidroxiprolina, arginina y lisina (3,16%). En cambio, los aminoácidos que más contribuyeron a las diferencias detectadas entre las muestras sin tratamiento y las muestras tratadas con EDTA + US fueron: hidroxiprolina, histidina, tirosina, arginina y alanina (6,94%). Mientras que, los aminoácidos que más contribuyeron a las diferencias detectadas entre las muestras tratadas y las muestras tratadas con EDTA + US fueron: hidroxiprolina, histidina, tirosina y arginina (6,95%). Cabe destacar que los perfiles de aminoácidos de las muestras sin tratamiento de Estaquilla y Navidad fueron particulares por la excedencia de serina y el nivel mínimo de taurina, respectivamente.



**Figura 34.** Comparación del perfil de aminoácidos entre plantas de cochayuyo sin tratamiento (Planta) y con tratamiento (Tratada, EDTA+US) por localidad.

**Tabla 43.** Comparación del perfil de aminoácidos entre plantas de cohayuyo sin tratamiento (Planta “PI”) y con tratamiento (Tratada “Tr”, EDTA+US). (n.s.: no significativo, \*: significativo, \*\*: muy significativo)

Aminoácidos	Unidad de Medida	Planta (PI)		Tratada (Tr)		EDTA + US		ANDEVA	P	nivel de significancia	Prueba de Tukey
		Media	DS	Media	DS	Media	DS				
Ácido Aspártico	(g/100g)	0,58	0,10	0,48	0,06	0,41	0,10	5,431	0,017	*	(EDTA = Tr) < (Tr = PI)
Ácido Glutámico	(g/100g)	0,74	0,12	0,65	0,11	0,62	0,14	1,419	0,273	n.s.	EDTA = Tr = PI
Alanina	(g/100g)	0,63	0,11	0,47	0,08	0,42	0,09	8,238	0,004	**	(EDTA = Tr) < PI
Arginina	(g/100g)	0,25	0,07	0,31	0,06	0,16	0,05	8,615	0,003	**	(EDTA = PI) < (PI = Tr)
Fenilalanina	(g/100g)	0,32	0,04	0,44	0,19	0,31	0,06	2,411	0,124	n.s.	EDTA = PI = Tr
Glicina	(g/100g)	0,46	0,09	0,42	0,06	0,31	0,07	6,616	0,009	**	EDTA < (Tr = PI)
Hidroxiprolina	(g/100g)	0,09	0,04	0,09	0,00	0,00	0,00	23,242	0,000	**	EDTA < (PI = Tr)
Histidina	(g/100g)	0,32	0,05	0,33	0,01	0,09	0,02	110,370	0,000	**	EDTA < (PI = Tr)
Isoleucina	(g/100g)	0,21	0,07	0,25	0,07	0,28	0,05	1,522	0,250	n.s.	EDTA = Tr = PI
Leucina	(g/100g)	0,43	0,05	0,48	0,08	0,63	0,13	7,571	0,005	**	(PI = Tr) < EDTA
Lisina	(g/100g)	0,25	0,07	0,28	0,06	0,20	0,07	2,368	0,128	n.s.	EDTA = PI = Tr
Metionina	(g/100g)	0,24	0,04	0,25	0,02	0,16	0,02	17,463	0,000	**	EDTA < (PI = Tr)
Prolina	(g/100g)	0,26	0,05	0,32	0,07	0,21	0,05	5,730	0,014	*	(EDTA = PI) < (PI = Tr)
Serina	(g/100g)	0,60	0,83	0,29	0,05	0,24	0,05	1,469	0,261	n.s.	EDTA = Tr = PI
Taurina	(g/100g)	0,16	0,07	0,19	0,01	0,19	0,03	1,042	0,377	n.s.	PI = EDTA = Tr
Tirosina	(g/100g)	0,22	0,07	0,26	0,03	0,12	0,03	13,193	0,000	**	EDTA < (PI = Tr)
Treonina	(g/100g)	0,34	0,05	0,39	0,06	0,26	0,04	11,501	0,001	**	EDTA < (PI = Tr)
Valina	(g/100g)	0,48	0,03	0,53	0,09	0,38	0,07	7,628	0,005	**	(EDTA = PI) < (PI = Tr)

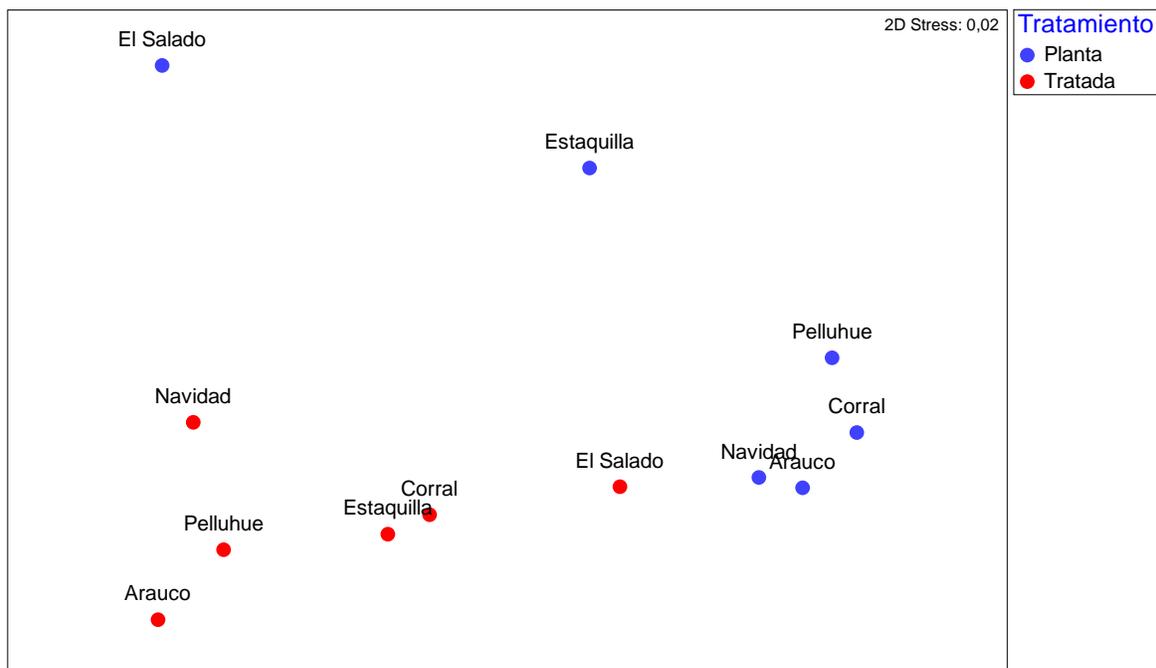
### **Perfil de ácidos grasos**

Al comparar el perfil de ácidos grasos en las muestras de cohayuyo se detectó una mayor concentración de ácidos grasos saturados en las muestras tratadas en comparación con las muestras sin tratamiento (**Tabla 44**). En cambio, el resto de los compuestos que componen el perfil de ácidos grasos no varió significativamente entre muestras sin tratamiento y muestras tratadas (**Tabla 44**).

El análisis de similitud detectó cambios significativos entre muestras sin tratamiento y muestras tratadas (ANOSIM; R global = 0,543; P = 0,6%), sugiriendo agregaciones en la ordenación de las localidades de acuerdo a cada tratamiento (**Figura 35**). El análisis de similitud (ANOSIM) confirma que las localidades con muestras sin tratamiento forman un grupo distinto al que forman las muestras tratadas ( $0,5 < R < 0,75$ ). Complementariamente, el análisis SIMPER sugiere que la similitud en el perfil de ácidos grasos de las muestras de cohayuyo sin tratamiento (similitud de 97,39%), así como de las muestras tratadas (similitud de 98,26%), estuvo determinada por ácidos grasos saturados, ácidos grasos polinsaturados y ácidos grasos monoinsaturados. En cambio, los compuestos del perfil que más contribuyeron a las diferencias detectadas entre las muestras de cohayuyo sin tratamiento y las muestras tratadas fueron los ácidos grasos polinsaturados, así como los denominados omega 3 y omega 6.

**Tabla 44.** Comparación del perfil de ácidos grasos entre plantas de cohayuyo sin tratamiento y con tratamiento. (n.s.: no significativo, \*: significativo, \*\*: muy significativo)

Ácidos grasos	Unidad de Medida	Planta		Tratada		Prueba de t	P	nivel de significancia
		Media	DS	Media	DS			
Acido grasos saturados	g/100g	45,62	3,39	55,44	3,65	-6,796	0,001	**
Ácidos grados Monoinsaturados	g/100g	24,75	7,83	22,01	2,26	0,820	0,450	n.s.
Ácidos Grasos Polinsaturados	g/100g	29,49	5,01	22,56	3,10	2,253	0,074	n.s.
Omega 3	g/100g	6,89	1,42	4,75	1,19	2,198	0,079	n.s.
Omega 6	g/100g	22,74	4,02	17,81	2,22	2,218	0,077	n.s.



**Figura 35.** Comparación del perfil de ácidos grasos entre plantas de cochayuyo sintratamiento (planta) y con tratamiento (tratada) por localidad.

### Vitaminas

La concentración de vitamina E en las muestras de cochayuyo sin tratar “PI” fue significativamente mayor que en las muestras tratadas “Tr” y tratadas con “EDTA + US” (**Tabla 45**). En cambio, para la vitamina C no hubo cambios significativos entre tratamientos; mientras que para la vitamina A, todos los tratamientos tuvieron valores por debajo del valor de certificación del método analítico.

**Tabla 45.** Comparación de la concentración de vitaminas entre plantas de cochayuyo sin tratamiento (Planta “PI”) y con tratamiento (Tratada “Tr”, EDTA+US). (n.s.: no significativo, \*: significativo, \*\*: muy significativo)

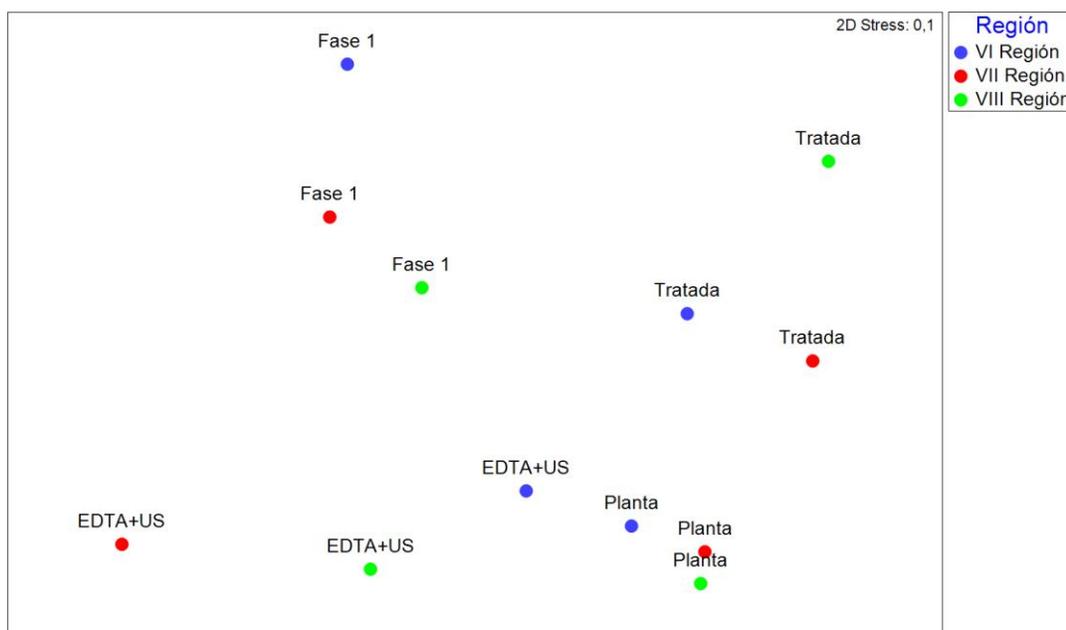
Vitaminas	Unidad de Medida	Planta		Tratada		EDTA + US		ANDEVA	P	nivel de significancia	Prueba de Tukey
		Media	DS	Media	DS	Media	DS				
Vitamina A	(ug ER/100g)	< 11		< 11		< 11					
Vitamina C	(ug ER/100g)	129	236	20	40	<0,6		1,514	0,252	n.s.	EDTA = Tr = PI
Vitamina E	(ug ER/100g)	13	6	4	1	5	4	8,472	0,003	**	(Tr = EDTA) < PI

### 6.6.3 Comparación estadística resultados caracterización química-microbiológica obtenidos FASE I y FASE II.

#### Análisis Proximal

El análisis proximal en las muestras de cochayuyo no varió significativamente entre regiones (ANOSIM;  $R_{\text{global}} = -0,285$ ;  $P = 100\%$ ). En este contexto, el análisis multidimensional (nMDS), mostró que el análisis proximal por región fue similar, o sea, sin diferencias al comparar las muestras obtenidas en la fase I, con las muestras sin tratar, tratadas y tratadas con EDTA+US de la fase II (**Figura 36**). El análisis de similitud (ANOSIM), sugiere que los proximales de las muestras tomadas durante la fase I y los tratamientos (i.e., sin tratar, tratada, EDTA+US) de la fase II por región son similares ( $0,1 < R$ ).

El análisis de similitud porcentual (i.e., SIMPER) mostró que la similitud de los proximales en las muestras de cochayuyo en la VI Región (similitud de 96,64%), VII Región (similitud de 95,90%), y VIII Región (similitud de 96,39), están determinadas por los porcentajes de hidratos de carbono, cenizas y humedad. La fibra cruda, impurezas y humedad fueron los proximales que más contribuyeron a las diferencias detectadas entre las muestras de cochayuyo por región (ca. 3% de disimilitud).

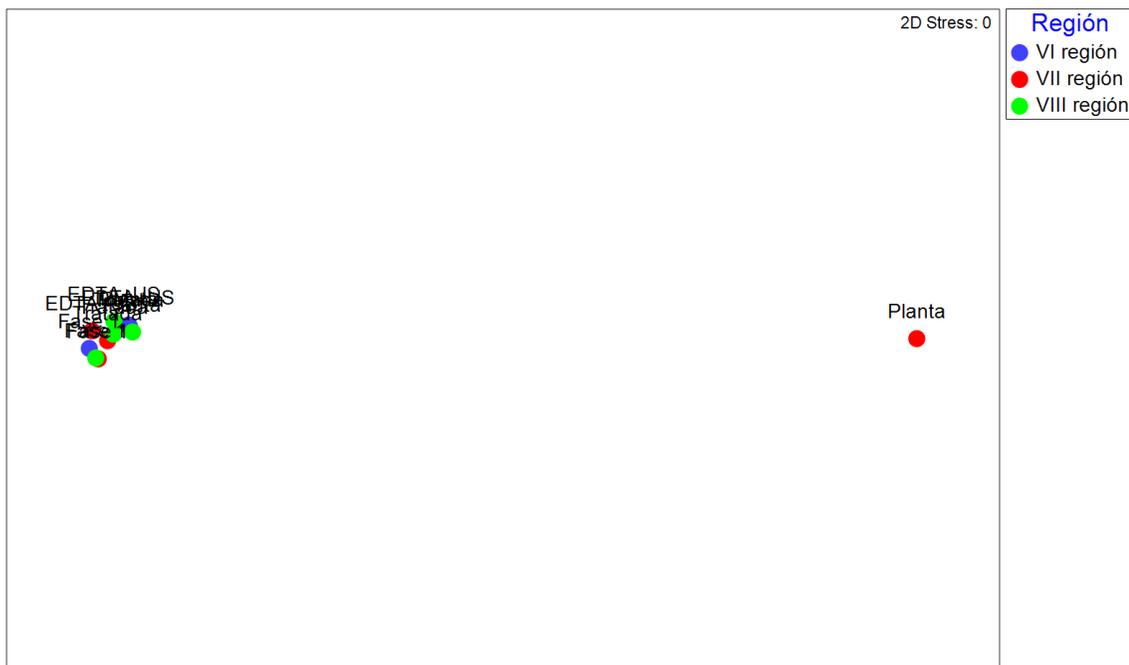


**Figura 36.** Comparación de los proximales en muestras de cochayuyo analizadas durante la fase I y las muestras sin tratamiento (Planta) y con tratamiento (Tratada, EDTA+US) de la fase II por región.

**Vitaminas**

De acuerdo al análisis multivariado, el nivel de vitaminas en las muestras de cochayuyo no varió significativamente entre regiones (ANOSIM; R global = 0,016; P = 36,4%). En este contexto, el análisis multidimensional (nMDS), mostró un nivel de vitaminas homogéneo al contrastar las muestras de la fase I con las muestras de la fase II (i.e., sin tratar, tratadas, tratadas con EDTA); excepto, en la muestra sin tratar de la VII Región (**Figura 37**). El análisis de similitud (ANOSIM), sugiere una sobre posición en el nivel de vitaminas por región de las muestras tomadas durante la fase I y los tratamientos (i.e., sin tratar, tratada, EDTA+US) de la fase II (R < 0,1).

El análisis de similitud porcentual (i.e., SIMPER) mostró que los niveles de vitaminas tuvieron una alta similitud entre regiones. Aunque la vitamina A contribuyó en la diferencia detectada en la muestra de cochayuyo sin tratamiento en la VII Región respecto al resto de las muestras de la fase I y fase II (ca. 3% de disimilitud).

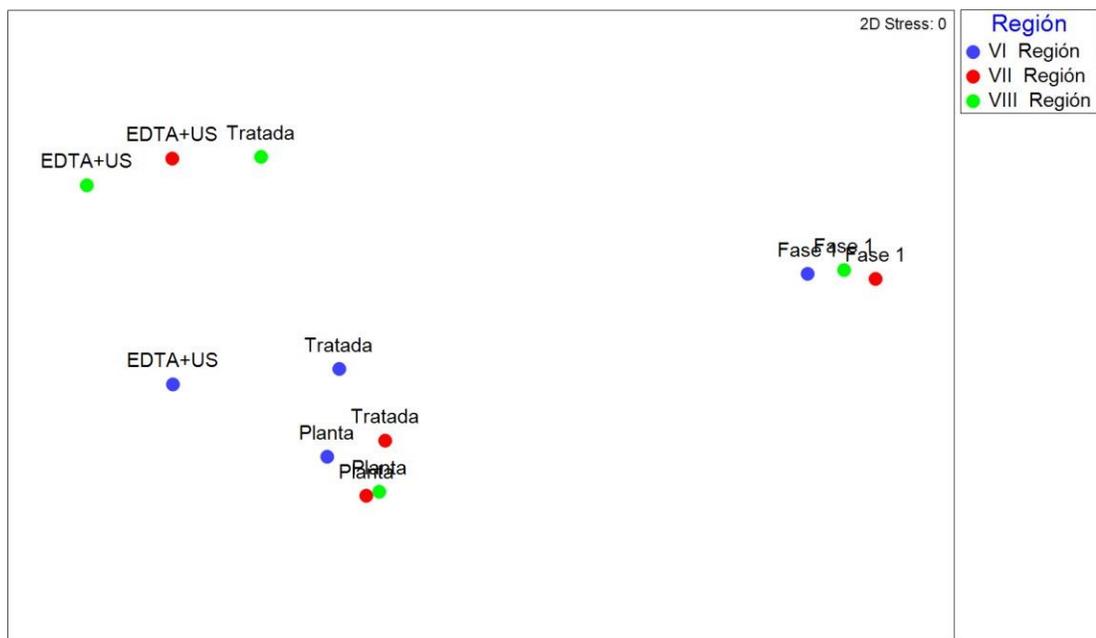


**Figura 37.** Comparación del nivel de vitaminas en muestras de cochayuyo analizadas durante la fase I y las muestras sin tratamiento (Planta) y con tratamiento (Tratada, EDTA+US) de la fase II por región.

**Metales Pesados**

La concentración de metales pesados en las muestras de cochayuyo no varió significativamente entre regiones (ANOSIM; R global = 0,181; P = 90,1%). En este contexto, el análisis multidimensional (nMDS), mostró que la concentración de metales pesados por región fue similar, pero con algunas diferencias, principalmente al comparar las muestras obtenidas en la fase I, con las muestras sin tratar, tratadas y tratadas con EDTA+US de la fase II (**Figura 38**). El análisis de similitud (ANOSIM), sugiere una alta sobre posición en los niveles de metales pesados de las muestras tomadas durante la fase I y los tratamientos (i.e., sin tratar, tratada, EDTA+US) de la fase II por región ( $0,1 < R < 0,25$ ).

El análisis de similitud porcentual (i.e., SIMPER) mostró que la concentración de metales en las muestras de cochayuyo en la VI Región (similitud de 85,53%), VII Región (similitud de 83,53%), y VIII Región (similitud de 80,92), están relacionadas con yodo, cadmio y estaño. El arsénico y el yodo fueron los metales que más contribuyeron a las diferencias detectadas entre las muestras de cochayuyo por región (ca. 13% de disimilitud).



**Figura 38.** Comparación de la concentración de metales pesados en muestras de cochayuyo analizadas durante la fase I y las muestras sin tratamiento (Planta) y con tratamiento (Tratada, EDTA+US) de la fase II por región.

## 6.7 Resultados caracterización química y microbiológica de productos secos y frescos de chicorea de mar (*Ch. chamissoi*).

### 6.7.1 Análisis resultados caracterización química y microbiológica obtenidos en laboratorio

En la **Tabla 46** se muestran los contenidos de microorganismos. Las unidades formadoras de colonias de organismos mesófilos aeróbicos fluctuaron entre  $5,3 \times 10^3$  y  $<2,5 \times 10^2$ ; y entre  $8,9 \times 10^2$  y  $<2,5 \times 10^2$  de microorganismos mesófilos anaeróbicos. Al respecto, es posible señalar que el recuento de microorganismos mesófilos, en condiciones establecidas, estima la microflora total sin especificar tipos de microorganismos. En términos generales no se detectó la presencia de: *Salmonella*, Coliformes totales ni *Listeria monocytogenes*. Esta característica es un requisito fundamental para la exportación de algas a la Unión Europea, por lo cual constituye un buen indicador como producto exportable.

**Tabla 46:** Análisis microbiológicos en algas colectadas de *Ch. chamissoi* (chicorea de mar) según tratamiento y localidad de origen.

Análisis microbiológico	III Región-Caldera		IV Región-La Herradura		VIII Región-Cerro Verde		X Región-Calbuco	
	Seca Planta	Tratada	Seca Planta	Tratada	Seca Planta	Tratada	Seca Planta	Tratada
<i>Clostridium perfringens</i> (ufc/g)	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	Ausencia	ausencia
Coliformes Fecales (NMP/g)	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	Ausencia	ausencia
Coliformes Totales (NMP/g)	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	Ausencia	ausencia
<i>Listeria monocytogenes</i> (ufc/g)	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	Ausencia	ausencia
Recuento Aerobios Mesófilos (ufc/g)	<2,5x10 <sup>2</sup> (*)	5,3x10 <sup>3</sup>	<2,5x10 <sup>2</sup> (*)	1,3x10 <sup>3</sup>	<3,3x10 <sup>2</sup>	<2,5x10 <sup>2</sup> (*)	<2,5x10 <sup>2</sup> (*)	<2,5x10 <sup>2</sup> (*)
Recuento de Hongos (ufc/g)	ausencia	ausencia	10	ausencia	ausencia	ausencia	Ausencia	ausencia
Recuento de Levaduras (ufc/g)	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	Ausencia	10
Recuento Mesofilos Anaerobios (ufc/g)	<2,5x10 <sup>2</sup>	7,4x10 <sup>3</sup>	<2,5x10 <sup>2</sup>	8,9x10 <sup>2</sup>	<2,5x10 <sup>2</sup>	<2,5x10 <sup>2</sup>	<2,5x10 <sup>2</sup>	ausencia
<i>Salmonella</i> ( P/A en 25g)	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	Ausencia	ausencia
<i>Vibrio parahaemolyticus</i> (NMP/g)	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	Ausencia	ausencia
(*) Recuento estimado en placa								

En relación al contenido de vitamina, los resultados para *Ch. chamissoi* recolectadas desde diferentes localidades se observa en la **Tabla 47**. Tanto para las algas de planta como tratadas el contenido de vitamina A (ug ER/100g) estuvo por debajo del límite de detección del análisis (<11 ug/ER/100g), en tanto la vitamina C, solo se observó en las algas provenientes de planta de la localidad de Calbuco (X región) con 10,6 mg/Kg. Con respecto a la vitamina E, el contenido fluctuó entre 0,28 mg/kg (Caldera, III región) y 2,72 mg/kg (Calbuco, X región) en algas provenientes de las plantas de proceso. Por otra parte, las algas tratadas presentaron entre 0,31 mg/kg (Caldera, III Región) y 2,85 mg/kg (Calbuco, X región). No se observó una disminución de las vitaminas entre las algas provenientes de planta y las tratadas. En el total de algas analizadas, destacan los contenidos en vitaminas E y C, las cuales tienen propiedades antioxidantes.

**Tabla 47:** Contenido de vitaminas A (ug ER/100g), C y E (mg/Kg) presentes *Ch. chamissoi* (Chicorea de mar), según tratamiento y localidad de origen.

Análisis Vitaminas		VITAMINA A (ug ER/100g)		VITAMINA C (mg/kg)		VITAMINA E (mg/kg)	
REGION	SECTOR	Planta	Tratada	Planta	Tratada	Planta	Tratada
III	Caldera	<11	<11	<0,6	<0,6	0,28	0,31
IV	La Herradura	<11	<11	<0,6	<0,6	0,52	0,75
VIII	Cerro Verde	<11	<11	<0,6	<0,6	2,06	2,72
X	Calbuco	<11	<11	10,6	<0,6	2,72	2,85

Los contenidos de metales pesados se observan en las **Tablas 48 y 49**. Tanto el contenido de Plomo, Estaño y Mercurio (mg/kg), estuvieron por debajo del límite de detección del análisis. En tanto, el mayor contenido de Cadmio se observó en las algas provenientes de las plantas de proceso de Caldera y Cerro verde. No se observó la presencia de este metal en las algas tratadas de la IV, VIII y X regiones. Con respecto al Yodo, los contenidos fluctuaron entre 56 mg/kg (alga planta, III región) y 77,50 mg/kg (alga tratada, X región).

El contenido de arsénico total fluctuó entre un 15,30 mg/kg y 0,74 mg/kg, siendo considerablemente menor en las algas tratadas que las provenientes de planta. Resultados similares se observaron en el contenido de arsénico inorgánico donde las algas tratadas presentaron una menor concentración del metal.

Al realizar un análisis general de los contenidos de metales en algas rojas de la costa de Chile, se observó que los rangos están dentro de los reportados para otras algas rojas de la costa del Atlántico norte (Almela et al., 2006; Besada et al., 2009; Roleda et al., 2019) y Asia (Chen et al., 2018).

**Tabla 48:** Contenido de metales pesados y yodo (mg/Kg de peso seco) en *Ch. chamissoi* (Chicorea de mar) según tratamiento y localidad de origen.

Metales Pesados		Plomo (mg/kg)		Cadmio (mg/kg)		Estaño (mg/kg)		Mercurio (mg/kg)		Yodo (mg/kg)	
REGION	SECTOR	Seca-Planta	Tratada	Seca-Planta	Tratada	Seca-Planta	Tratada	Seca-Planta	Tratada	Seca-Planta	Tratada
III	Caldera	<0,09	<0,09	0,21	1,40	<0,90	<0,90	<0,01	<0,01	56,00	61,26
IV	La Herradura	<0,09	<0,09	<0,04	<0,04	<0,90	<0,90	<0,01	<0,01	60,16	61,06
VIII	Cerro Verde	<0,09	<0,09	0,23	<0,04	<0,90	<0,90	<0,01	<0,01	75,00	59,00
X	Calbuco	<0,09	<0,09	<0,04	<0,04	<0,90	<0,90	<0,01	<0,01	66,00	77,50

**Tabla 49:** Contenido de Arsénico total e inorgánico (mg/Kg peso seco) en *Ch. chamissoi* (chicorea de mar) según tratamiento y localidad de origen. Los valores de Arsénico inorgánico se expresan como promedio  $\pm$  desviación estándar.

Análisis Arsénico total e Inorgánico		ARSÉNICO TOTAL (mg/kg)		ARSÉNICO INORGÁNICO (mg/kg)	
REGION	LOCALIDAD	Seca-Planta	Tratada	Seca-Planta	Tratada
III	Caldera	5,7	2,3	0,15 ( $\pm 0,05$ )	0,12 ( $\pm 0,032$ )
IV	La Herradura	15,30	9,06	0,18 ( $\pm 0,046$ )	0,17 ( $\pm 0,044$ )
VIII	Cerro Verde	6,33	0,74	0,17 ( $\pm 0,044$ )	0,047 ( $\pm 0,015$ )
X	Calbuco	9,30	1,70	0,24 ( $\pm 0,06$ )	0,048 ( $\pm 0,016$ )

La especie *Ch. chamissoi*, es rica en minerales (**Tabla 50**) como se ha reportado por Carillo et al., (2012), está compuesta básicamente por Fierro, Calcio, Magnesio, Fósforo, Molibdeno y Manganeso. Dicha composición en minerales, permite destacar a este grupo no sólo como un recurso capaz de suministrar sales de importancia para el desarrollo industrial de alimentos enriquecidos en Yodo, Calcio y otros, lo que implica un significativo aporte dentro de los marcos nutricionales.

**Tabla 50:** Contenido de minerales (mg/kg) presentes en muestras de *Ch. chamissoi* (chicorea de mar), según tratamiento y localidad de origen.

Análisis Minerales (mg/kg)	III Región-Caldera		IV Región-La Herradura		VIII Región-Cerro Verde		X Región-Calbuco	
	Seca Planta	Tratada	Seca Planta	Tratada	Seca Planta	Tratada	Seca Planta	Tratada
<b>ALUMINIO</b>	21,30	<5,55	22,51	<5,55	342,45	40,29	4,54	56,38
<b>CALCIO</b>	7.678,00	12.438,00	7.868,00	11.087,00	2.942,61	14.751,00	4.956,00	14.065,00
<b>COBALTO</b>	<0,55	<0,55	<0,55	<0,55	<0,55	<0,55	<0,55	<0,55
<b>COBRE</b>	4,32	2,36	10,79	11,40	0,79	3,53	6,56	5,16
<b>CROMO</b>	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	2,57	<0,15	<0,15	<0,15
<b>FÓSFORO</b>	2.023,90	2.563,80	2.262,39	3.139,60	2.600,00	1.161,19	1.468,66	1.342,69
<b>HIERRO</b>	543,90	291,12	499,80	252,88	1.116,29	627,00	605,00	363,00
<b>MAGNESIO</b>	8.907,00	9.492,79	9.636,66	8.552,31	11.246,50	11.317,00	8.765,00	8.993,00
<b>MANGANESO</b>	27,80	4,97	24,42	18,01	14,19	2,82	51,12	4,72
<b>POTASIO</b>	48.789,00	57.993,65	71.370,68	71.032,16	50.954,00	6.777,00	64.459,00	3.203,00
<b>SELENIO</b>	<0,011	<0,011	<0,011	<0,011	<0,011	0,19	0,19	<0,011
<b>SODIO (mg/100g)</b>	4.567,00	1.373,55	4.902,91	1.772,93	5.680,73	2.044,00	4.740,00	1.441,00
<b>ZINC</b>	9,89	7,34	11,32	10,71	8,49	16,39	21,50	14,33

La composición proximal de *Ch. chamissoi* tanto de algas provenientes de las plantas de proceso como las algas tratadas, recolectadas desde diferentes localidades se presentan en la **Tabla 51**. El rango de proteínas fluctuó entre 13,05% y 19,24%, lo cual está dentro del rango descrito para especies de algas rojas (Fleurence, 1990) y son comparables a los contenidos proteicos presentes en otros vegetales terrestres, así como también legumbres y semillas (Schmidt et al., 1992; Norziah y Ching, 2000). Estas algas son ricas en minerales alcanzando un máximo de 38,13 g/100g (La Herradura, IV región) y un mínimo de 14,09 g/100g (Calbuco, X región).

El aporte energético de *Ch. chamissoi*, está dado principalmente por los carbohidratos y proteínas; ya que las calorías provenientes de las grasas son mínimas, pues el contenido de lípidos estuvo por debajo del límite de detección del análisis (<0,5 mg/100g de eso seco). En general, se ha descrito que los lípidos presentes en algas rojas no se supera el 1,3%, similar al porcentaje que poseen algunos cereales y leguminosas, que bordean el 2% (Chávez et al., 1996). Esta característica fortalece los otros factores nutricionales, convirtiendo a estas algas en alimentos ideales para dietas de control de peso.

Otra fracción química destacable por su elevado contenido, lo constituyen los hidratos de carbono cuyos valores varían entre 33,56 y 58,13 g/100g de peso seco, lo que comprende principalmente carbohidratos solubles, azúcares y pectina, incluyendo también una considerable cantidad de carragenano (Englyst et al., 1995).

En las algas se pueden encontrar fracciones de fibra soluble e insoluble en distintos porcentajes. En relación al contenido de fibra cruda se cuantificó un máximo de 3,41% (alga tratada, X región) y un 1,3% (alga de planta, X región). La celulosa es el principal componente de la fibra insoluble de las algas rojas. Los polisacáridos contribuyentes a la fracción soluble son característicos en función de la especie taxonómica: en algas rojas predominan carragenano, agar, xilanos y mananos (Gómez Ordoñez, 2013; Pal et al., 2014).

**Tabla 51** Composición proximal (g/100g) de *Ch. chamissoi* (chicorea de mar) según tratamiento y localidad de origen.

ANÁLISIS PROXIMALES		Humedad (%)		Proteínas (g/100g)		Lípidos (g/100g)		Cenizas (g/100g)		Hidratos de Carbono (g/100g)		Fibra Cruda (g/100g)		Impurezas (%)	
		Seca-Planta	Tratada	Seca-Planta	Tratada	Seca-Planta	Tratada	Seca-Planta	Tratada	Seca-Planta	Tratada	Seca-Planta	Tratada	Seca-Planta	Tratada
III	Caldera	12,3	14,1	18,9	16,08	<0,5	<0,5	35,67	18,00	33,56	51,82	<0,5	<0,5	0,45	0,06
IV	La Herradura	11,6	5,2	13,87	19,24	<0,5	<0,5	38,13	21,86	34,46	51,52	1,94	2,18	0,58	0,16
VIII	Cerro Verde	8,8	9,1	17,08	13,05	<0,5	<0,5	37,34	18,14	35,48	57,36	1,3	2,35	1,05	0,24
X	Calbuco	5,8	10,0	15,74	14,37	<0,5	<0,5	29,01	14,09	46,62	58,13	2,83	3,41	1,88	0,22

En general, y tal como se señaló anteriormente, las algas rojas no son una fuente significativa de lípidos. Sin embargo, poseen una alta concentración de ácidos grasos insaturados, a diferencia del común de los vegetales terrestres (Darcy-Vrillon, 1993). Como se observa en la **Tabla 52**, el contenido de ácidos grasos saturados fluctuó entre un 69,76% (Alga tratada, III región) y un 89,92% (alga de planta, VIII región). En tanto el contenido de ácidos grasos monoinsaturados fluctuó entre un 9,25% (alga de planta VIII región) y 26,23% (alga de planta, IV región). En términos generales, las materias grasas obtenidas de productos marinos se caracterizan por presentar un cierto equilibrio entre los ácidos grasos saturados, monoinsaturados y poliinsaturados (Masson y Mella, 1985), tal como se observa en los resultados obtenidos.

**Tabla 52:** Contenido de ácidos grasos presentes en *Ch. chamissoi* según tratamiento y localidad de estudio.

Perfil ÁCIDOS GRASOS (% de éter metílico)	III Región, Caldera		IV Región, La Herradura		VIII Región, Cerro Verde		X Región, Calbuco	
	Seca-Planta	Tratado	Seca-Planta	Tratado	Seca-Planta	Tratado	Seca-Planta	Tratado
Acido grasos <b>saturados</b>	72,34	69,76	71,35	73,37	89,92	78,83	75,93	77,15
Ácidos grados <b>Monoinsaturados</b>	18,76	21,28	26,23	25,39	9,25	18,8	17,32	21,54
Ácidos Grasos <b>Polinsaturados</b>	9,23	8,96	2,42	1,24	0,83	2,37	6,75	1,3
<b>TRANS</b> (Ac. Linolelaídico+Ac. Elaidico+ ácido Palmitoleico-7 trans)	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Omega 3</b> (18:3n3)(20:5n3)(22:6n3) (20:3n3)(22:3n3)	0,76	0,85	1,06	0,32	0,07	0,14	0,58	0,1
<b>Omega 6</b> (18:2n6t)(18:2n6c)(18:3n6) (20:2n6)(20:3n6)(20:4n6) (22:2n6)(22:5n6)	12,45	8,11	1,36	0,92	0,76	2,23	6,17	1,2
<b>Ácidos grados EPA</b>	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Ácidos Grasos DHA</b>	0	0	0	0	0	0	0	0

En la **Tabla 53**, se observa el contenido de aminoácidos presentes. En general, las algas contienen, en su mayoría, todos los aminoácidos esenciales y son una muy buena fuente de los ácidos aspártico y glutámico, estos altos niveles contribuyen al sabor de las algas y productos marinos. Otros aminoácidos, tales como alanina, leucina, lisina, glicina, serina y arginina, también se presentan en altas concentraciones. La relativamente alta concentración de lisina es de particular interés, porque este aminoácido esencial es el aminoácido limitante en los cereales. En contraste, metionina e histidina fueron los aminoácidos con las concentraciones más bajas en las proteínas de las algas (Astorga-España et al., 2016), lo cual concuerda con los resultados obtenidos en esta investigación.

Es importante señalar que, las algas rojas, presentan una mayor concentración de Taurina que las algas pardas. Se ha descrito que la Taurina participa en muchos procesos fisiológicos como osmoregulación, inmunomodulación, estabilización de membrana, además de tener un rol muy importante en el desarrollo ocular y del sistema nervioso (Aruoma et al., 1988; Larsen et al., 2011).

**Tabla 53:** Contenido de aminoácidos (g/100g de alga) en *Ch. chamissoi*, según tratamiento y localidad de origen.

Perfil de AMINOÁCIDOS (g/100g)	III Región, Caldera		IV Región, La Herradura		VIII Región, Cerro Verde		X Región, Calbuco	
	Seca-Planta	Tratado	Seca-Planta	Tratado	Seca-Planta	Tratado	Seca-Planta	Tratado
Ácido Aspártico	0,554	1,112	0,786	1,332	0,981	1,094	0,755	1,074
Ácido Glutámico	1,145	1,323	1,236	1,787	1,112	1,112	1,119	1,222
Hidroxiprolina	0,034	0,047	0,012	0,026	0,107	0,085	0,08	0,14
Serina	0,236	0,426	0,412	0,436	0,51	0,338	0,425	0,509
Glicina	0,234	0,652	0,621	0,801	0,554	0,664	0,659	0,768
Histidina	0,119	0,293	0,309	0,363	0,331	0,319	0,326	0,305
Arginina	0,362	0,369	0,727	0,957	0,766	0,735	0,768	0,764
Taurina	0,234	0,466	0,499	0,594	0,205	0,2	0,25	0,179
Treonina	0,456	0,501	0,5	0,622	0,55	0,481	0,53	0,552
Alanina	0,234	0,746	0,745	1,002	0,687	0,723	0,739	0,899
Prolina	0,657	0,862	0,822	1,009	0,66	0,606	1,049	0,701
Tirosina	0,567	0,181	0,249	0,208	0,151	0,208	0,208	0,216
Valina	0,678	0,884	0,904	1,114	0,855	0,827	0,838	0,898
Metionina	0,113	0,202	0,196	0,188	0,306	0,289	0,254	0,306
Isoleucina	0,345	0,567	0,544	0,703	0,683	0,64	0,467	0,692
Leucina	0,765	0,889	0,95	1,2	0,959	0,753	0,77	0,831
Fenilalanina	0,565	0,667	0,597	0,811	0,624	0,515	0,521	0,567
Lisina	0,348	0,331	0,101	0,445	0,647	0,586	0,608	0,648

Los análisis químicos realizados a *Ch. chamissoi*, en términos toxicológicos indican que las algas tratadas provenientes de la IV, X y VIII región cumplirían con la normativa impuesta por la Unión Europea, específicamente relacionada a la concentración de metales pesados y microorganismos patógenos. (Reglamento (CE) N° 1881/2006 y sus modificaciones). Por otra parte, es posible indicar que en términos nutricionales el alga chicorea de mar presenta un contenido de lípidos bajo, pero rico en ácidos grasos insaturados; por lo que pueden ser de importancia en el tratamiento de enfermedades cardiovasculares. Junto con lo anterior, estudios paralelos señalan la presencia de concentraciones relativamente considerables de fibra, que contribuyen a reducir el colesterol sanguíneo además de facilitar el tránsito intestinal.

## 6.7.2 Análisis estadístico caracterización química y microbiológica para Chicoria de mar

### 6.7.2.1 Análisis Microbiológicos

El análisis microbiológico indica, en general, la ausencia de coliformes fecales, coliformes totales, *Clostridium perfringens*, *Listeria monocytogenes*, *Salmonella* y *Vibrio parahaemolyticus* en las muestras de chicoria de mar sin tratamiento y tratadas (**Tabla 54**). Lo mismo ocurre con hongos, excepto en una muestra sin tratamiento proveniente de La Herradura; y, levaduras donde la excepción estuvo en la muestra tratada de Cerro Verde. Los mesófilos aerobios y anaerobios estuvieron ausentes o tuvieron valores por debajo del límite de certificación del análisis, excepto en las muestras tratadas de La Herradura.

**Tabla 54.** Comparación del análisis microbiológico de Chicoria de mar entre plantas sin tratamiento y con tratamiento.

Microbiológico	Unidad de Medida	Planta		Tratada		Prueba de t	P	nivel de significancia
		Media	DS	Media	DS			
<i>Clostridium perfringens</i>	(ufc/g)	Ausencia	-	Ausencia	-	-	-	-
Coliformes Fecales	(NMP/g)	Ausencia	-	Ausencia	-	-	-	-
Coliformes Totales	(NMP/g)	Ausencia	-	Ausencia	-	-	-	-
<i>Listeria monocytogenes</i>	(ufc/g)	Ausencia	-	Ausencia	-	-	-	-
Mesófilos Aerobios	(ufc/g)	<2,5 x 10 <sup>2</sup>	-	1,3 x 10 <sup>3</sup>	-	-	-	-
Hongos	(ufc/g)	10	-	Ausencia	-	-	-	-
Levaduras	(ufc/g)	Ausencia	-	30	-	-	-	-
Mesófilos Anaerobios	(ufc/g)	<2,5 x 10 <sup>2</sup>	-	8,9 x 10 <sup>2</sup>	-	-	-	-
<i>Salmonella</i>	(P/A en 25 g)	Ausencia	-	Ausencia	-	-	-	-
<i>Vibrio parahaemolyticus</i>	(NMP/g)	Ausencia	-	Ausencia	-	-	-	-

### 6.7.2.2 Análisis proximal

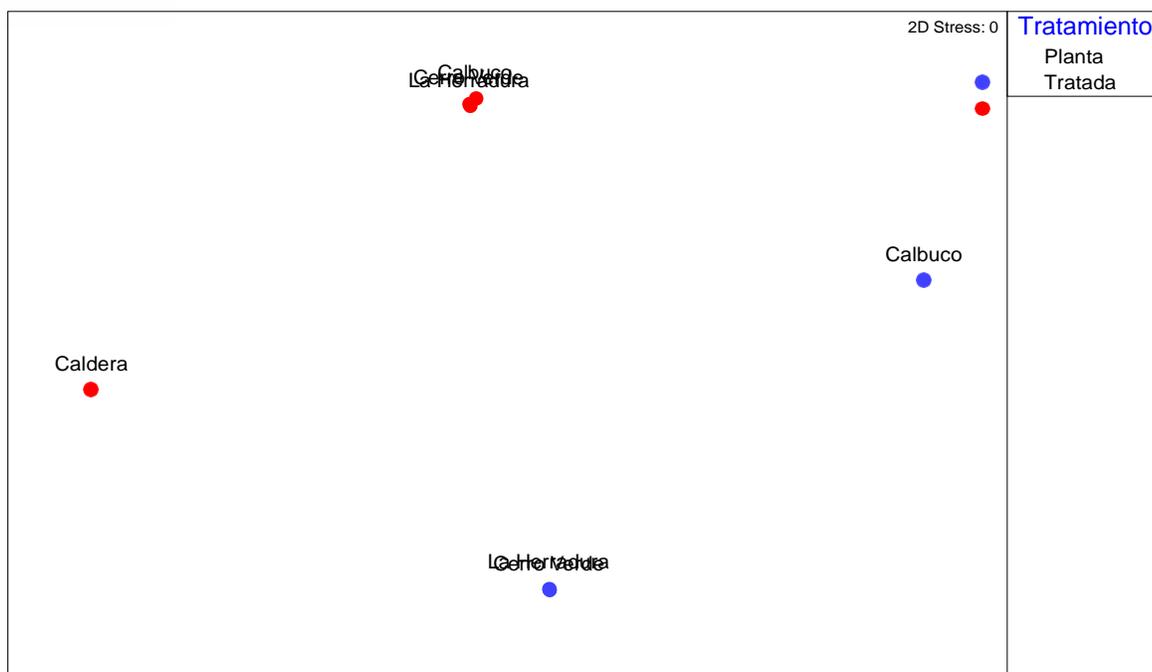
De acuerdo al análisis proximal, el principal componente de la chicoria de mar son los hidratos de carbono. Le siguen en orden de importancia las cenizas, las proteínas y la fibra cruda; mientras que las grasas tuvieron una mínima representación proximal. La concentración de hidratos de carbono y la energía en las muestras tratadas disminuyó significativamente en comparación con las muestras sin tratamiento; mientras que las cenizas aumentaron significativamente en las muestras tratadas (**Tabla 55**).

En cambio, la fibra cruda y las proteínas, así como el porcentaje de humedad y de impurezas no variaron significativamente entre ambos tratamientos (**Tabla 55**).

De acuerdo al análisis multivariado, la composición proximal de la chicoria de mar varió significativamente entre las muestras sin tratamiento y las tratadas (ANOSIM; R global = 0,944; P = 2,9%). En este contexto, el análisis multidimensional (nMDS), muestra una composición proximal diferente de las muestras tratadas en comparación con las muestras sin tratamiento (**Figura 39**), validada por el análisis de similitud (ANOSIM), que sugiere una segregación en la composición proximal de las muestras sin tratamiento y las tratadas ( $0,25 < R < 0,5$ ). El análisis de similitud porcentual (i.e., SIMPER) no pudo ser realizado por un dato perdido en la fibra cruda de la muestra tratada de la Herradura.

**Tabla 55.** Comparación del análisis proximal de chicoria de mar entre plantas sin tratamiento (Planta) y con tratamiento (Tratada). (n.s.: no significativo, \*: significativo, \*\*: muy significativo)

Análisis proximal	Unidad de Medida	Planta		Tratada		Prueba de t	P	nivel de significancia
		Media	DS	Media	DS			
Cenizas	g/100g	34,83	5,05	18,03	3,89	13,296	0,006	**
Fibra Cruda	g/100g	2,07	1,08	2,88	0,75	-3,468	0,179	n.s.
Grasas	g/100g	< 0,5	-	< 0,5	-	-	-	-
Hidratos de Carbono Totales	g/100g	38,85	6,75	55,67	3,61	-5,613	0,030	*
Proteínas	g/100g	15,56	1,61	15,55	3,26	0,004	0,997	n.s.
Energía	kcal/100g	217,67	28,77	284,90	4,46	-4,693	0,043	*
Humedad	%	8,73	2,90	8,10	2,55	0,205	0,857	n.s.
Impurezas	%	1,17	0,66	0,21	0,04	2,632	0,119	n.s.



**Figura 39.** Comparación del análisis proximal de chicoria de mar entre plantas sin tratamiento (Planta) y con tratamiento (Tratada) por localidad.

### 6.7.2.3 Análisis de metales y minerales

El análisis de metales y minerales en las muestras de chicoria de mar sin tratamiento y tratadas indica que cobalto, estaño y mercurio tuvieron valores por debajo del límite de certificación del método (**Tabla 56**). Otros analitos, como cadmio, cromo, plomo y selenio, también tuvieron valores por debajo del límite de certificación; excepto, para cadmio y cromo en la muestra sin tratar proveniente de Cerro Verde, para plomo en la muestra tratada de Calbuco, y en la muestra sin tratar de Cerro Verde y tratada de Calbuco (**Tabla 56**). El potasio, magnesio, calcio, sodio y fósforo fueron los principales constituyentes minerales en ambos tipos de muestras de chicoria de mar. Le siguen en orden de importancia el hierro, aluminio y yodo; mientras que manganeso, zinc, níquel, cobre y arsénico contribuyeron muy poco a los minerales que contienen las muestras. Del total de los componentes minerales solo sodio registraron diferencias significativas, con una mayor concentración en las muestras sin tratamiento en comparación con las muestras tratadas (**Tabla 56**).

De acuerdo al análisis multivariado, los metales y minerales en la chicoria de mar varían significativamente entre muestras sin y con tratamiento (ANOSIM; R global = 0,333; P = 17,1%). En este contexto, el análisis de ordenamiento multidimensional (nMDS), mostró una composición proximal más homogénea en las muestras de chicoria de mar sin tratamiento en comparación con las muestras tratadas, donde la ordenación de las localidades fue más dispersa (**Figura 40**). El análisis de similitud (ANOSIM), sugiere que hubo diferencia entre ambos tipos de tratamiento, pero con algún grado de superposición, debido a que las muestras tratadas tuvieron una mayor dispersión, respecto a las muestras sin tratamiento ( $0,25 < R < 0,5$ ). El análisis de similitud porcentual (i.e., SIMPER) no pudo ser realizado por el dato perdido de selenio en la muestra tratada de la Herradura.

**Tabla 56.** Comparación del análisis proximal de chicoria de mar entre plantas sin tratamiento y tratadas. (n.s.: no significativo, \*: significativo, \*\*: muy significativo).

Minerales	Unidad de Medida	Planta		Tratada		Prueba de t	p	nivel de significancia
		Media	DS	Media	DS			
Aluminio	(mg/kg)	123,17	190,12	34,07	25,98	0,822	0,497	n.s.
Arsénico	(mg/kg)	0,47	0,15	0,40	0,09	0,521	0,654	n.s.
Cadmio	(mg/kg)	0,23	-	<0,04	-	-	-	-
Calcio	(mg/kg)	5256	2476	13301	1948	-3,173	0,087	n.s.
Cobalto	(mg/kg)	<0,55	-	<0,55	-	-	-	-
Cobre	(mg/kg)	6,05	5,02	6,70	4,15	-0,544	0,641	n.s.
Cromo	(mg/kg)	2,57	-	<0,15	-	-	-	-
Estaño	(mg/kg)	<0,90	-	<0,90	-	-	-	-
Fósforo	(mg/kg)	2110	581	1881	1094	0,342	0,765	n.s.
Hierro	(mg/kg)	740	330	414	192	3,995	0,057	n.s.
Magnesio	(mg/kg)	9883	1259	9621	1485	0,633	0,591	n.s.
Manganeso	(mg/kg)	29,91	19,07	8,52	8,28	1,700	0,231	n.s.
Mercurio	(mg/kg)	<0,01	-	<0,01	-	-	-	-
Níquel	(mg/kg)	6,17	6,62	5,99	-	-	-	-
Plomo	(mg/kg)	<0,09	-	4,45	-	-	-	-
Potasio	(mg/kg)	62261	10384	27004	38171	1,943	0,191	n.s.
Selenio	(mg/kg)	0,19	-	0,19	-			
Sodio	(mg/100g)	5107,88	502,75	1752,64	302,01	22,524	0,002	**
Yodo	(mg/kg)	67,05	7,48	65,85	10,14	0,150	0,895	n.s.
Zinc	(mg/kg)	13,77	6,84	13,81	2,88	-0,009	0,994	n.s.



**Figura 40.** Comparación del análisis de metales y minerales entre plantas de chicoria de mar sin tratamiento (planta) y con tratamiento (tratada) por localidad.

### Arsénico

La concentración de arsénico total fue significativamente mayor en las muestras de chicorea de mar sin tratar en comparación con las muestras tratadas; mientras que, la concentración de arsénico inorgánico no varió significativamente entre tratamientos (**Tabla 57**).

**Tabla 57.** Comparación de la concentración de arsénico entre plantas de chicoria de mar sin tratamiento y tratadas. (n.s.: no significativo, \*: significativo, \*\*: muy significativo)

Arsénico	Unidad de Medida	Planta		Tratada		Prueba de t	p	nivel de significancia
		Media	DS	Media	DS			
Total	(ug ER/100g)	10,31	4,57	3,83	4,55	10,937	0,008	**
Inorgánico	(ug ER/100g)	0,20	0,04	0,09	0,07	2,042	0,178	n.s.

### Perfil de aminoácidos

El análisis del perfil de aminoácidos en chicoria de mar indica la ausencia de diferencias significativas entre las muestras sin tratamiento y las muestras tratadas (**Tabla 58**).

El análisis multivariado muestra que los aminoácidos no varían significativamente entre las muestras sin tratamiento y las muestras tratadas (ANOSIM; R global = -0,148; P= 71,4%).

El análisis de ordenamiento multidimensional (nMDS), mostró que el perfil de aminoácidos fue homogéneo en las muestras tratadas y las muestras sin tratamiento. El análisis de similitud (ANOSIM) sugiere que las localidades de ambos tipos de muestras (i.e., sin tratamiento, tratadas), forman un grupo homogéneo ( $R < 0,1$ ).

**Tabla 58.** Comparación del perfil de aminoácidos entre plantas de chicorea de mar sin tratamiento y tratada. (n.s.: no significativo, \*: significativo, \*\*: muy significativo).

Aminoácidos	Unidad de Medida	Planta		Tratada		Prueba de t	P	nivel de significancia
		Media	DS	Media	DS			
Ácido Aspártico	(g/100g)	0,841	0,123	1,167	0,144	-2,607	0,121	n.s.
Ácido Glutámico	(g/100g)	1,156	0,070	1,374	0,362	-1,289	0,326	n.s.
Alanina	(g/100g)	0,724	0,032	0,875	0,141	-2,361	0,142	n.s.
Arginina	(g/100g)	0,754	0,023	0,819	0,121	-0,784	0,515	n.s.
Fenilalanina	(g/100g)	0,581	0,053	0,631	0,158	-0,540	0,643	n.s.
Glicina	(g/100g)	0,611	0,053	0,744	0,072	-5,659	0,030	n.s.
Hidroxiprolina	(g/100g)	0,066	0,049	0,084	0,057	-0,730	0,541	n.s.
Histidina	(g/100g)	0,322	0,012	0,329	0,030	-0,296	0,795	n.s.
Isoleucina	(g/100g)	0,565	0,109	0,678	0,034	-1,410	0,294	n.s.
Leucina	(g/100g)	0,893	0,107	0,928	0,239	-0,265	0,816	n.s.
Lisina	(g/100g)	0,452	0,305	0,560	0,104	-0,885	0,470	n.s.
Metionina	(g/100g)	0,252	0,055	0,261	0,064	-0,416	0,718	n.s.
Prolina	(g/100g)	0,844	0,195	0,772	0,211	0,463	0,689	n.s.
Serina	(g/100g)	0,449	0,053	0,428	0,086	0,276	0,808	n.s.
Taurina	(g/100g)	0,318	0,158	0,324	0,234	-0,131	0,908	n.s.
Tirosina	(g/100g)	0,203	0,049	0,211	0,005	-0,283	0,804	n.s.
Treonina	(g/100g)	0,527	0,025	0,552	0,071	-0,453	0,695	n.s.
Valina	(g/100g)	0,866	0,034	0,946	0,149	-1,161	0,365	n.s.

El análisis SIMPER mostró que la similitud en el perfil de aminoácidos de las muestras de chicorea de mar sin tratamiento (similitud de 95,92%), estuvo determinada principalmente por Ácido Glutámico, Valina, Leucina, Ácido Aspártico, Arginina, Prolina, Alanina, Glicina; mientras que en las muestras tratadas (similitud de 96,68%), la similitud en el perfil estuvo determinada por Ácido Glutámico, Ácido Aspártico, Valina, Leucina, Alanina, Prolina, Glicina e Isoleucina. En cambio, los aminoácidos que más contribuyeron a las diferencias detectadas entre las muestras sin tratamiento y las muestras tratadas de chicorea de mar fueron: Lisina, Hidroxiprolina, Taurina, Ácido Aspártico y Arginina.

**7 Objetivo N°4: Determinar la inocuidad y calidad de los productos de las algas cochayuyo y chicorea de mar desde el punto de vista sanitario y toxicológico en las zonas de recolección de cochayuyo y chicorea de mar en el país, y que eventualmente pudieren cumplir con la norma de importación de la UE.**

Para que un nuevo alimento sea autorizado debe cumplir los siguientes criterios básicos (1) no debe suponer un riesgo para la salud humana, (2) su uso no debe inducir a error al consumidor y, (3) si está destinado a sustituir alimentos similares, no debe ser desventajosa desde el punto de vista nutricional para el consumidor.

La calidad sanitaria de *D. antarctica* (cochayuyo) y *Ch. chamissoi* (chicorea de mar) se especificó de acuerdo a los análisis microbiológicos y toxicológicos (contenido de metales pesados) realizados según especie, localidad de origen y tratamiento realizado.

### **7.1 Criterios Microbiológicos**

Los potenciales peligros microbianos asociados a las algas marinas para el consumo humano, se encuentran regulados por el reglamento (CE) 2073/2005, cuyo objetivo es brindar orientación sobre la aceptabilidad de los productos alimenticios y sus procesos de fabricación.

Respecto a la calidad sanitaria tanto en cochayuyo como chicorea de mar recolectadas desde diferentes zonas geográficas, no se detectó la presencia de *Salmonella*, Coliformes totales, ni *Listeria monocytogenes* (**Tabla 59 y 60**) Esta característica, corresponde a un requisito fundamental para la exportación de algas a la Unión Europea, por lo cual constituye un buen indicador como producto exportable.

Sin embargo, esto no garantiza – y así lo determina la UE – la seguridad del producto alimenticio. Siendo de vital importancia que las empresas puedan gestionar y controlar la seguridad de los productos alimenticios a través de la implementación de las acciones preventivas como la Aplicación de Buenas Prácticas de Higiene y Fabricación (BPH, BPF) y los principios de Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control (APPCC o HACCP), los que proporcionan objetivos y puntos de referencia para ayudar a las empresas alimentarias y a las autoridades competentes en sus actividades para gestionar y controlar la seguridad de los productos alimenticios.

**Tabla 59:** Análisis microbiológicos *D. antarctica* (cochayuyo) según localidad de origen y tratamiento post cosecha.

Análisis microbiológico	IV Región-El Salado		VI Región-Navidad		VII Región-Pelluhue		VIII Región-Arauco		XIV Región-Corral		X Región-Estaquilla	
	Secha Planta	Tratada	Secha Planta	Tratada	Secha Planta	Tratada	Secha Planta	Tratada	Secha Planta	Tratada	Secha Planta	Tratada
<i>Clostridium perfringens</i> (ufc/g)	Ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia
Coliformes Fecales (NMP/g)	Ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia
Coliformes Totales (NMP/g)	Ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	23	ausencia
<i>Listeria monocytogenes</i> (ufc/g)	Ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia
Recuento Aerobios Mesófilos (ufc/g)	<2,5x10 <sup>2</sup> (*)	<2,5x10 <sup>2</sup> (*)	<10 (*)	<2,5x10 <sup>2</sup> (*)	<3,3x10 <sup>2</sup>	<2,5x10 <sup>2</sup> (*)	6,4x10 <sup>5</sup>	<2,5x10 <sup>2</sup> (*)				
Recuento de Hongos (ufc/g)	Ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	35	ausencia
Recuento de Levaduras (ufc/g)	Ausencia	60	ausencia	ausencia	30	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia
Recuento Mesofilos Anaerobios (ufc/g)	<2,5x10 <sup>2</sup>	<2,5x10 <sup>2</sup>	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	<2,5x10 <sup>2</sup>	<2,5x10 <sup>2</sup>	7,9x10 <sup>5</sup>	ausencia
<i>Salmonella</i> ( P/A en 25g)	Ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia
<i>Vibrio parahaemolyticus</i> (NMP/g)	Ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia

(\*) Recuento estimado en placa

**Tabla 60:** Análisis microbiológicos *Ch. chamissoi* (chicorea de mar) según localidad de origen y tratamiento post cosecha.

Análisis microbiológico	III Región-Caldera		IV Región-La Herradura		VIII Región-Cerro Verde		X Región-Calbuco	
	Seca Planta	Tratada	Seca Planta	Tratada	Seca Planta	Tratada	Seca Planta	Tratada
<i>Clostridium perfringens</i> (ufc/g)	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia
Coliformes Fecales (NMP/g)	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia
Coliformes Totales (NMP/g)	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia
<i>Listeria monocytogenes</i> (ufc/g)	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia
Recuento Aerobios Mesófilos (ufc/g)	<2,5x10 <sup>2</sup> (*)	5,3x10 <sup>3</sup>	<2,5x10 <sup>2</sup> (*)	1,3x10 <sup>3</sup>	<3,3x10 <sup>2</sup>	<2,5x10 <sup>2</sup> (*)	<2,5x10 <sup>2</sup> (*)	<2,5x10 <sup>2</sup> (*)
Recuento de Hongos (ufc/g)	ausencia	ausencia	10	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia
Recuento de Levaduras (ufc/g)	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	10
Recuento Mesofilos Anaerobios (ufc/g)	<2,5x10 <sup>2</sup>	7,4x10 <sup>3</sup>	<2,5x10 <sup>2</sup>	8,9x10 <sup>2</sup>	<2,5x10 <sup>2</sup>	<2,5x10 <sup>2</sup>	<2,5x10 <sup>2</sup>	ausencia
<i>Salmonella</i> ( P/A en 25g)	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia
<i>Vibrio parahaemolyticus</i> (NMP/g)	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia

(\*) Recuento estimado en placa

## 7.2 Criterios Toxicológicos

### Metales pesados

En las recomendaciones de la Comisión europea, se indica que los estados miembros junto a las empresas de alimentos procedan a controlar la presencia de Yodo, Cadmio, Arsénico y Mercurio en las algas marinas, plantas halófilas y productos a base de ellos, para conseguir una estimación exacta de exposición a los contaminantes.

Se subraya la importancia del análisis del mercurio y que debe realizarse mediante la determinación del contenido de metilmercurio y mercurio total, así como el análisis del arsénico, mediante la determinación del contenido de arsénico inorgánico y del total. Donde, todos los análisis de estos alimentos deben realizarse de conformidad con el anexo III del Reglamento (CE) 882/2004 del Parlamento Europeo y del Consejo.

Los resultados obtenidos para el contenido (mg/kg) de metales pesados en las muestras de cochayuyo y chicorea de mar se muestran en la **Tabla 61 y 62**, respectivamente, y serán descritos a continuación.

### Cadmio

El Cadmio es un metal pesado que se encuentra como contaminante ambiental a través de la ocurrencia natural y de actividades antropogénicas (Banach et al., 2019). La recomendación francesa indica que la máxima concentración es de 0,5 mg/kg en peso seco para algas destinadas al consumo humano (ANSES, 2018; CEVA, 2014). En relación al límite máximo permitido el 100% de las muestras de *D. antarctica* provenientes desde las plantas de proceso (sin tratamiento) de las distintas localidades evaluadas, sobrepasaron el límite máximo permitido por la EFSA. Lo anterior, concuerdan con los resultados obtenidos en la primera fase del proyecto “Food I” y otros estudios realizados por Almela et al., (2006), donde se determinó ciertas algas originarias de Corea y Japón presentan también altas concentraciones de cadmio, al igual que diversas algas que son comercializadas en España, donde se determinaron concentraciones en un rango de 0,13 - 1,9 mg/kg peso seco.

En relación al lugar de origen y especie, se puede observar que las algas pardas concentran una mayor cantidad de Cadmio en relación a las algas rojas (**Tablas 61 y 62**), y que a su vez el lugar de origen también es determinante del factor. Al respecto, varios estudios han informado concentraciones de Cd en algas, donde existe un amplio rango de concentración

relacionado al lugar de origen y estacionalidad (Besada et al., 2009), sumado a otros eventos naturales como la surgencia, (Valdés et al., 2006), lo cual también concuerda con los resultados obtenidos, en algas pardas, en esta investigación y la primera fase o *Novel Food I*. Por el contrario, las muestras de cochayuyo provenientes de las plantas de proceso de la VII, VIII, X y XIV región a las que se les aplico el tratamiento de post cosecha y EDTA (metodología es descrita en el Objetivo N°3) presentaron valores menores a 0,5 mg/kg (**Tabla 61**), y por lo tanto podrían ser consideradas como eventuales productos exportables.

### **Plomo**

Corresponde a un metal que se encuentra como contaminante ambiental por ocurrencia natural y antropogénica. Al respecto, varios autores señalan que la estacionalidad y la ubicación geográfica de las praderas naturales y/o cultivos de algas son factores que influyen en su bioacumulación (Pérez et al, 2007; Banach et al., 2019).

En la unión europea, según la recomendación francesa el contenido máximo permitido para las algas comestibles corresponde a 5 mg/kg de peso seco (ANSES, 2018; CEVA, 2014). Al respecto y según los resultados obtenidos en el Objetivo N°3, es posible indicar que todas las algas tanto *D antarctica* como *Ch. chamissoi* provenientes desde las plantas de proceso como las algas que fueron tratadas presentaron una concentración menor al límite de detección del análisis (< 0,09) (**Tabla 61 y 62**).

### **Mercurio**

Corresponde a un metal que se libera al medio ambiente tanto de manera natural como antropogénica. Existen varias formas de Hg, de las cuales el metilmercurio es una forma común del mercurio orgánico presente en los alimentos, especialmente encontrado en los productos marinos (EFSA, 2004, JECFA, 2019b, 2019c). Con respecto a la presencia de mercurio en algas marinas, se ha descrito que la concentración de Hg varía según la especie y la ubicación geográfica (Besada et al., 2009).

El límite máximo establecido para algas comestibles es de 0,1 mg/kg de peso seco según la recomendación francesa (ANSES, 2018; CEVA, 2014).

Tanto las muestras de cochayuyo como de chicorea de mar evaluadas presentaron

concentraciones por debajo del límite de detección del análisis (<0,09) para este metal (**Tabla 61 y 62**). Sin embargo, se recomienda cuantificar el contenido de metilmercurio, además del mercurio total, en futuras investigaciones.

### **Arsénico**

Corresponde a un metaloide que se encuentra en el medio ambiente de forma natural (suelos, rocas, agua) y por actividades antropogénicas (ej., emisiones industriales, pesticidas y fertilizantes). Aunque el Arsénico se presenta en diferentes formas orgánicas e inorgánicas, se ha descrito que las formas inorgánicas - As (III) y As (V) - son más tóxicas (EFSA, 2014a). El límite de arsénico inorgánico en algas marinas según la recomendación francesa determina un límite máximo de 3 mg/kg de peso seco de alga (ANSES, 2018; CEVA, 2014).

En relación al contenido promedio de As (i) tanto para *D. antarctica* como *Ch. chamissoi* en las diferentes zonas de estudio el contenido fue menor a 3 mg/Kg de peso seco tanto en algas provenientes de las plantas de proceso como en las algas tratadas en post-cosecha (**Tabla 61 y 62**).

### **Yodo**

Se encuentra en la naturaleza como yodato y yoduro, este último se encuentra en los alimentos y el agua (EFSA, 2014b). Los productos ricos en yodo como las algas marinas pueden provocar una ingesta potencialmente peligrosa de este mineral si sobrepasan los límites establecidos y además son proporcionadas como alimento en una población endémica que vive en un área de deficiencia de yodo. Basado en la legislación francesa la ingesta máxima de yodo es de 2000 mg/kg de peso seco (ANSES, 2018; CEVA, 2014). En relación a las algas estudiadas según especie y zona geográfica los límites detectados de yodo estarían bajo la norma francesa, por lo que no contribuirían a un peligro para la salud del consumidor (**Tabla 61 y 62**).

**Tabla 61.** Contenido (mg/ Kg) de metales pesados y Yodo presentes en *D. antarctica* (planta: no tratada y tratada con EDTA) recolectado desde diferentes localidades durante la estación de verano.

Metales Pesados		Plomo (mg/kg)		Cadmio (mg/kg)		Estaño (mg/kg)		Mercurio (mg/kg)		Yodo (mg/kg)	
REGION	SECTOR	Seca-Planta	Seca EDTA+US	Seca-Planta	Seca EDTA+US	Seca-Planta	Seca EDTA+US	Seca-Planta	Seca EDTA+US	Seca-Planta	Seca EDTA+US
IV	El Salado	<0,09	<0,09	5,17	1,79	<0,90	<0,90	<0,01	<0,01	74,50	78,41
VI	Navidad	<0,09	<0,09	2,63	0,82	<0,90	<0,90	<0,01	<0,01	79,00	88,31
VII	Pelluhue	<0,09	<0,09	3,68	<0,04	<0,90	<0,90	<0,01	<0,01	71,00	68,79
VIII	Arauco	<0,09	<0,09	4,12	<0,04	<0,90	<0,90	<0,01	<0,01	63,50	85,46
XIV	Corral	<0,09	<0,09	2,56	0,43	<0,90	<0,90	<0,01	<0,01	66,60	80,35
X	Estaquilla	<0,09	<0,09	2,50	<0,04	<0,90	<0,90	<0,01	<0,01	60,38	82,28

Análisis Arsénico total e Inorgánico		ARSENICO TOTAL (mg/kg)		ARSENICO INORGANICO (mg/kg)	
REGION	LOCALIDAD	SECA-PLANTA	TRATADA	SECA-PLANTA	TRATADA
IV	El Salado	8,0	8,6	0,82+0,20	0,36 +0,091
VI	Navidad	7,8	4,9	0,51+0,13	0,2 + 0,05
VII	Pelluhue	9,2	5,3	0,60 + 0,15	0,29 + 0,073
VIII	Arauco	9,2	4,1	0,56 +0,14	0,27 +0,069
XIV	Corral	8,5	4,3	0,61 + 0,15	0,17 + 0,044
X	Estaquilla	9,8	4,0	0,65 + 0,16	0,27 + 0,068

**Tabla 62.** Contenido (mg/ Kg) de metales pesados presentes en *Ch. chamissoi* (planta-no tratada y tratada) recolectado desde diferentes localidades durante la estación de verano.

Metales Pesados		Plomo (mg/kg)		Cadmio (mg/kg)		Estaño (mg/kg)		Mercurio (mg/kg)		Yodo (mg/kg)	
REGION	SECTOR	Seca-Planta	Tratada	Seca-Planta	Tratada	Seca-Planta	Tratada	Seca-Planta	Tratada	Seca-Planta	Tratada
III	Caldera	<0,09	<0,09	0,21	1,40	<0,90	<0,90	<0,01	<0,01	56,00	61,26
IV	La Herradura	<0,09	<0,09	<0,04	<0,04	<0,90	<0,90	<0,01	<0,01	60,16	61,06
VIII	Cerro Verde	<0,09	<0,09	0,23	<0,04	<0,90	<0,90	<0,01	<0,01	75,00	59,00
X	Calbuco	<0,09	<0,09	<0,04	<0,04	<0,90	<0,90	<0,01	<0,01	66,00	77,50

Análisis Arsénico total e Inorgánico		ARSENICO TOTAL (mg/kg)		ARSENICO INORGANICO (mg/kg)	
REGION	LOCALIDAD	Seca-Planta	Tratada	Seca-Planta	Tratada
III	Caldera	5,7	2,3	0,15 (±0,05)	0,12(±0,032)
IV	La Herradura	15,30	9,06	0,18 (±0,046)	0,17 (±0,044)
VIII	Cerro Verde	6,33	0,74	0,17 (±0,044)	0,047 (±0,015)
X	Calbuco	9,30	1,70	0,24 (±0,06)	0,048 (±0,016)

### **Alérgenos**

Actualmente existe muy poca información relacionada a la alergenicidad que podrían presentar las proteínas de algas marinas, aunque la información relacionada con los efectos preventivos ante posibles alergias es más común (Farrokhi, Nabipour y Assadi, 2012). Las algas como tal no están incluidas en el anexo de la UE donde se especifican las sustancias alérgenas (UE 1169/2011, Anexo II). Sin embargo, no se encontraron evidencias científicas en la literatura especializada, asociada al registrado alergias por el consumo de *D. antarctica*, ni de la especie *Ch. chamissoi*.

## 8. Objetivo N°5: Elaborar un dossier (en español e inglés) y una solicitud de “*novel food*” según requerimientos de la normativa de la UE.

### 8.1 Proceso de elaboración solicitud *novel food* a la UE.

El proceso de solicitud de autorización y registro para *novel foods*, sigue las etapas que se detallan en diagrama, y se extenderá como mínimo por 17 meses, pudiendo ser mayor en la medida que las evaluaciones de la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA) soliciten mayor información, ya que toda información adicional amplía los plazos.



**Nota EFSA-ofrece asesoramiento científico y comunica los riesgos existentes y emergentes asociados a la cadena alimentaria**

La solicitud se presenta electrónicamente a la comisión de la Unión Europea y contiene los siguientes elementos:

- Carta de presentación de Solicitud,
- Expediente técnico de Solicitud,
- Resumen del Expediente de Solicitud.

Por ello, para cumplir con los elementos exigidos en la gestión correspondiente, se detallada una de las etapas:

a) **Carta de presentación de solicitud:** Esta carta debe seguir un formato definido por la autoridad europea, la cual se adjunta en **Anexo A**.

b) **Expediente Técnico de Solicitud:** Su objetivo es identificar el producto que se quiere registrar, y entregar toda la información relevante y necesaria, para dar garantías a la Autoridad Europeas de la inocuidad del *Novel Foods* y de las condiciones en que debe ser usado.

Este documento está conformado por tres apartados, la parte 1 contiene la “**Información Administrativa**”, como la información relacionada con el solicitante. La parte 2 contiene información sobre “**caracterización de los alimentos tradicionales, técnicos y datos científicos**” de todas las referencias, y la parte 3 comprende el “**anexo**”, conformado por glosario o las abreviaturas de los términos citados a lo largo del expediente, el certificado (sobre la acreditación de laboratorios, certificados de análisis) y contiene copias completas / reimpressiones de todos los científicos pertinentes con datos (publicados y no publicados), informes completos de estudios y las opiniones de organismos reguladores nacionales / internacionales. También contiene los textos completos de todos los no científicos citados en referencias bibliográficas.

En **Anexo B**, se incluye el expediente técnico de la solicitud para la especie *Durvillaea antarctica*.

c) **Resumen de Expediente de Solicitud:** Su objetivo es demostrar que el uso de *Novel Foods* cumple las condiciones establecidas en el artículo 7 del Reglamento (UE) 2015/2283, que señala particularmente para alga (*Durvillaea antarctica*) sobre la base de pruebas científicas, el alimento no plantea un riesgo para la salud de las personas.

En **Anexo C**, se incluye el Resumen de expediente de solicitud para especie *Durvillaea antarctica*.

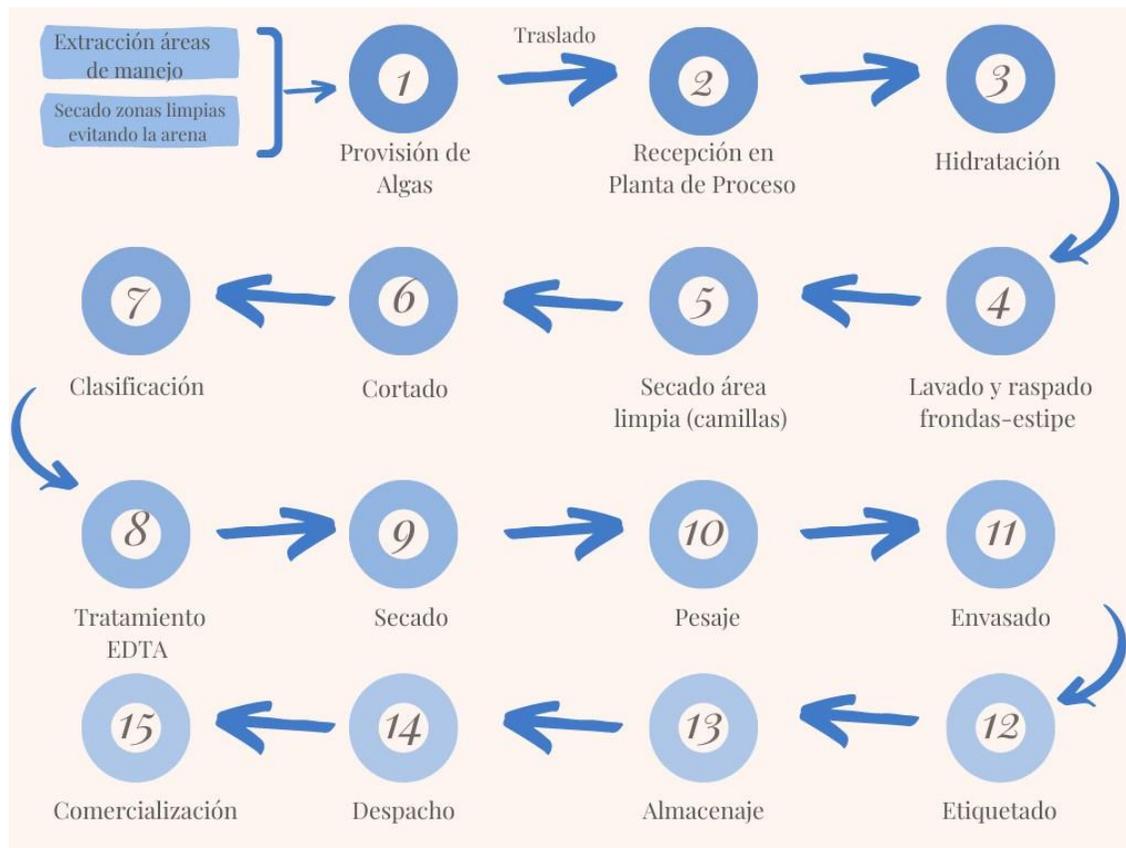
Los documentos a ser presentados para solicitud de autorización y registro para *novel foods* en la UE, se presentan en idioma inglés:

- Carta de presentación de solicitud - ANEXO D
- Expediente Técnico de Solicitud – ANEXO E
- Resumen de Expediente de Solicitud – ANEXO F

## **8.2 Sugerencias de programa y coste para proceso de ingreso de cochayuyo como *novel food* a la Unión Europea**

Para permitir el ingreso de *Durvillaea antarctica* a mercado de la Unión Europea, se sugiere en primera instancia hacer un manejo adecuado del alga, durante todo el proceso productivo: extracción y/o recolección, proceso productivo y comercialización, obteniendo de esta forma un producto que cumple con los requerimientos de la normativa para el consumo humano en la UE, todo esto permite eliminar posibles fuentes de contaminación o descomposición, incorporación de técnicas de manipulación del alimento, infraestructura idónea tecnología de secado, manipulación del alimento bajo reglamento de inocuidad alimentaria.

En primera instancia toda empresa productora - exportadora previo a la exportación de este producto (cochayuyo) a la UE, deberá tener la certificación de análisis de peligros y puntos críticos (APPCC o HACCP), cuyo procedimiento se detalla en el ANEXO 1, en segundo lugar se debe modificar algunos puntos en el proceso productivo utilizado hasta la fecha, particularmente en la obtención de plantas jóvenes, ojala en la estación de otoño- invierno, trasladando directamente las plantas a la planta para su procesamiento, una vez ahí, se deben lavar, eliminar los epibiontes, secado en áreas limpias (camillas), para luego clasificar, luego aplicar un tratamiento con EDTA, que de acuerdo al proyecto se evidenció que ha permitido disminuir los niveles de metales pesados en todas las algas tratadas. En la **Figura 41** se presenta el proceso que se sugiere seguir en cada empresa.



**Figura 41:** Línea de proceso productivo de *D. antarctica*, que permite obtener un producto que cumple con los requerimientos químicos y microbiológicos para consumo humano en la UE.

El dossier presentado en este proyecto, ha detectado áreas de conocimiento que no existe información histórica, por ello será necesario levantar nueva información y datos, principalmente los relacionados con la caracterización analítica del producto, su toxicidad a nivel genético y las pruebas de alérgenos.

En la **Tabla 63** se presenta un análisis de coste de los análisis ejecutados en el presente proyecto, que permiten obtener información histórica para complementar el dossier, al mismo tiempo en la **Tabla 64** se incluyen el costo de los análisis pendientes a ejecutar, permitiendo así obtener el 100% de los análisis exigidos para presentar la solicitud *novel food*.



El proceso de presentación de la solicitud *novel food*, conlleva, una serie de pasos a seguir, primeramente, es una exigencia que la solicitud sea formal, integral y completa, permitiendo una evaluación eficiente del nuevo alimento que se desea comercializar en la Unión Europea. Por ello, es recomendable ejecutar los análisis pendientes, específicamente los genotóxicos y alérgenos. El proceso continuo con la visita de expertos europeos para validación del proceso de gestión para que el producto (cochayuyo seco) sea considerado como *novel food*, con ello se genera un informe científico de la Agencia Española de Consumo de Europa.

**Tabla 63:** Análisis de laboratorios requeridos para presentar solicitud de *novel food*, incluidos en el presente proyecto.

Análisis Laboratorio	Detalle Análisis	Costo Unitario (UF)	N° Muestras	Total
Análisis Metales Pesados	Plomo (Pb)	0,7497	5	3,7485
	Cadmio (Cd)	2,975	5	14,875
	Estaño (Sn)	0,4998	5	2,499
	Mercurio (Hg)	0,5593	5	2,7965
	Yodo (I)	0,714	5	3,57
	Arsénico (As)	0,6545	5	3,2725
	Arsénico Inorgánico	2,9512	5	14,756
Análisis Microbio-lógicos	<i>Vibrio parahaemolyticus</i>	0,714	5	3,57
	<i>Salmonella sp</i>	0,476	5	2,38
	<i>Listeria monocytogenes</i>	0,1424	5	0,712
	<i>Clostridium perfringens</i>	0,4879	5	2,4395
	Recuento Mesofilos Anaerobios	0,3689	5	1,8445
	Recuento Aerobios Mesófilos	0,3332	5	1,666
	Recuento de Hongos	0,3332	5	1,666
	Recuento de Levaduras	0,3332	5	1,666
	Coliformes totales	0,4403	5	2,2015
	Coliformes fecales	0,5712	5	2,856
Análisis Minerales	Zinc, Manganeseo, Magnesio, Hierro, Níquel, Potasio, Sodio, Cobre, Cromo, Aluminio, Calcio, Cobalto, Fósforo, Selenio	8,2467	5	41,2335
Perfil de ácido grasos	Ácidos grasos Saturados, Monoinsaturados, Polinsaturados, TRAN, Omega 3, Omega 6, EPA y DHA	3,5224	5	17,612
Perfil de aminoácidos	Ac. Aspártico, Ac. Glutámico, Hidroxiprolina, Serina, Glicina, Histidina, Arginina, Taurina, Treonina, Alanina, Prolina, Tirosina, Valina, metionina, Isoleucina, Leucina, Fenilalanina, Lisina	7,616	5	38,08
Análisis proximal	Humedad, Proteínas, Grasas, Hidratos de Carbono, Impurezas, Cenizas, Fibra Cruda	4,5	5	22,5
			<b>Total (UF)</b>	<b>185,9445</b>

**Tabla 64:** Análisis de laboratorios requeridos para presentar solicitud de *novel food*, NO incluidos en el presente proyecto.

Análisis Laboratorio	Detalle Análisis	Costo Unitario (UF)	N° Muestras	Total
Análisis Genotoxicidad	Agentes genotóxicos	19	10	190
	Micro núcleos	15,2	10	152
	Mutaciones ADN	12,8	10	128
Análisis Alergénicas	Detección de anticuerpos	4	10	40
	IgE específicos	6,5	10	65
	Punción Cutánea	2,6	10	26
Estudio Alimentario	Desafío doble-ciego	5,6	10	56
	Desafío placebo-controlado	13,8	10	138
			Total (UF)	795

## 9 Conclusiones

### 9.1 Conclusiones Comerciales

- La exportación de cochayuyo, en años anteriores al año 2016 se hacía bajo el código arancelario 12122170 (consumo humano), cuya exigencia era una simple, certificación del lote a los países asiáticos. Posteriormente, el Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura exige certificaciones y la categorización de las plantas de proceso.
- Según los datos analizados de las diferentes fuentes primarias y secundarias, podemos concluir que las empresas con mayor exportación de cochayuyo en Chile, son de origen Taiwanés, las que en general no presentan certificación para exportar algas para “consumo humano” por lo que exportan al mercado asiático bajo el código arancelario 12122970 “no apta para consumo humano”, aunque sus líneas de producción desarrollan productos para consumo humano (tallarines y tubos de diferentes calibre), debido a que no cumplen con la certificación sanitaria adecuada (HACCP) y el destinatario final no lo requiere.
- En relación al mercado de la Unión Europea y lo señalado anteriormente, las empresas exportadoras en su mayoría no cumplen con las certificaciones estipuladas por los países miembros de la comisión europea, y no están interesados en realizar la gestión correspondiente para obtener estas certificaciones, a excepción de la empresa Terranatur S.A, quienes están interesados en exportar a este mercado y, por lo tanto, han manifestado el interés de comenzar la certificación HACCP.
- Las pequeñas y medianas empresas no siempre disponen de los recursos y los conocimientos especializados necesarios para formular y aplicar un sistema HACCP efectivo. En tales casos, se debe obtener asesoramiento especializado de otras fuentes, como por ejemplo expertos independientes o literatura guía sobre la aplicación del sistema HACCP.

- En la industria asociada a las algas para consumo humano en Chile no existe una agrupación, que aúne a productores o a procesadores o a empresas de servicios ante el aparato público o ante otros actores del mercado. Las agrupaciones que existen corresponden, principalmente a organizaciones de pescadores artesanales con fines de acción más generales, que se escapan al sector específico de las algas para consumo humano.
- Finalmente, la producción más limpia y la sustentabilidad ambiental se han transformado en dos desafíos fundamentales de las cadenas de valor. A los estándares nacionales e internacionales que es necesario cumplir, se suma el hecho de que el consumidor se interesa crecientemente por conocer la sustentabilidad socio ambiental de la producción de sus bienes de consumo. Por lo tanto, desarrollar tecnologías de cultivo y la producción de productos en base a algas con valor agregado, es una variable crítica relevante, ya que su mejora tiene incidencia en los diversos niveles de la cadena productiva, afectando la biomasa cosechable, los ingresos, los precios y teniendo directa relación con la tecnología y la innovación.

## 9.2 Conclusiones Científicas

- Se seleccionaron las regiones con mayor desembarque de *D. antarctica* y *Ch. chamissoi* registrado en los últimos 5 años, para realizar la caracterización química y microbiológica, siendo para cochayuyo la IV, VI, VII, VIII XIV y X regiones, con sus localidades El Salado, Navidad, Pelluhue, Arauco, Corral y Estaquilla, respectivamente, y para chicorea de mar la III, IV, VIII y X regiones, con sus localidades Caldera, La Herradura, Cerro Verde y Calbuco, respectivamente. De las localidades seleccionadas fue tomado un pool de algas (*D. antarctica*) provenientes de las plantas de proceso, metodología similar a la ejecutada en proyecto *novel food* fase I, obteniendo resultados similares a los registrados en tal proyecto, particularmente en altas concentraciones de cadmio, variando entre 5,17 a 2,5 mg/kg, no cumpliendo así la norma de la UE. Los otros parámetros plomo, mercurio, estaño y yodo, están dentro de los rangos permitidos.

- Se desarrolló un tratamiento de post-cosecha (consistente en lavado con agua de clorada + raspado de las frondas y estipe + secado en área limpia-camillas), el cual permitió disminuir la concentración (mg/kg) de metales pesados solo en una localidad. Del total de pool de *Durvillaea antarctica* caracterizados químicamente, el pool de la localidad de ARAUCO, VIII Región, presento parámetros aceptables en relación a la concentración de metales pesados, particularmente Cadmio (<0,04 mg/kg), y microbiológicos estipulados por la Unión Europea. Para permitir disminuir las concentraciones de esta metal, se desarrolló un segundo tratamiento post- cosecha (hidratación algas secas+ EDTA), lo que permitió incorporar más localidades que cumplen con la normativa de la UE, específicamente, localidad de PELLUHUE (VII Región), de ARAUCO (VIII Región), y ESTAQUILLA (X Región), registrando concentraciones de cadmio de valores <0,04 mg/kg, plomo valores <0,09 mg/kg, mercurio valores < 0,01mg/kg, niveles de arsénico entre 0,29 a 0,17 mg/kg, así como ausencia de agentes microbiológicos.
- Para el *Chondracanthus chamissoi*, el pool analizado que cumple la normativa UE son: La Herradura (IV Región), Cerro Verde (VIII Región) y Calbuco (X Región), cumpliendo con los límites admisibles de cadmio (<0,04 mg/kg), mercurio (<0,01 mg/kg) plomo (<0,09 mg/kg), yodo y arsénico inorgánico (0,17a 0,047 mg/kg).
- En términos generales y según bibliografía la variabilidad de la concentración de metales pesados presentes en algas marinas, está determinada por la ubicación geográfica, estacionalidad, salinidad, temperatura, profundidad, ciclo de vida (madurez y morfología), tamaño de la fronda y post-cosecha. Por lo tanto, es indispensable evaluar variables biológicas y químicas. Así como también, determinar la calidad del agua en las zonas o puntos de recolección, desarrollando un sistema de monitoreo o planes de vigilancia que permita identificar posibles fluctuaciones relacionadas a factores anteriormente señalados, al menos por dos temporadas, permitiendo estimar y evaluar la exposición total de metales y determinar valores umbral, antes de definir una zona como “apta para consumo humano”.

- En este estudio, fue posible determinar para *Durvillaea antarctica* que las localidades de PELLUHUE, VII Región; de ARAUCO, VIII Región; ESTAQUILLA, X Región, eventualmente podrían cumplir con los parámetros toxicológicos (metales pesados y microbiológicos). Sin embargo, al ser solo tres localidades que podrían ser consideradas como “zona apta para consumo humano”, debe tener sustento en relación a información básica con respecto a las praderas naturales de algas asociadas a: determinar la biomasa disponible y biomasa cosechables, así como caracterizar el ciclo productivo y reproductivo, y proponer planes de manejo para las especies con el fin de asegurar la sostenibilidad del recurso.
- En la confección de Dossier, se determinó que no son factibles de completar algunos capítulos exigibles del documento, particularmente en la presentación de evaluación del potencial genotóxico, pruebas humana, para nombrar algunas, los cuales no están contemplados en el actual proyecto, por ello, en dossier presentado muestra la recopilación de antecedentes históricos de *D. antarctica*, sin embargo para llegar a presentar el dossier a la UE, es necesario invertir recursos con la opción de lograr la ejecución de los análisis no contemplados en el presente proyecto, y no son objetivos de cumplimiento, así como también, se debe demostrar que el alimento registra por lo menos el análisis de 5 muestras (lotes) en periodos diferentes, en esta ocasión, solo se presenta la fotografía de un pool de algas en una estación y año determinado. Se sugiere realizar un estudio analítico por lo menos 2 años, en forma estacional, así se tendrá la base de datos necesaria para demostrar que los registros de los parámetros químicos y microbiológicos se mantienen en el tiempo (realizando un pre tratamiento al secado y recolectando algas jóvenes). Aprovechando que actualmente se posee el “know how” de post-tratamiento de algas para disminuir las concentraciones de metales pesados presentes en las algas, metodología que será protegida con derecho de autor.

## 10. Referencias Bibliográficas

- ✓ Almela. C; Clemente. M; Vélez. D, Montoro. R, 2006. Total arsenic, inorganic, lead and cadmium contents in edible seaweed sold in Spain, *Food Chem. Toxicol.* 44: 1901–1908, <https://doi.org/10.1016/j.fct.2006.06.011>.
- ✓ Anuario estadístico Sernapesca, año 2015 a 2020
- ✓ ANSES. 2018 OPINION of the French Agency for Food, Environmental and Occupational Health & Safety on the Risk of Excess Iodine Intake from the Consumption of Seaweed in Foodstuffs; ANSES Opinion Request No 2017-SA-0086; ANSES: Buenos Aires, Argentina.
- ✓ Arasaki, S.; Arasaki, T. 1983. *Low Calorie, High Nutrition Vegetables from the Sea to Help You Look and Feel Better*; Japan Publications: Tokyo, Japan.
- ✓ Aruoma O.I, Halliwell B, Hoey B.M, Butler J. 1988. The antioxidant action of taurine, hypotaurine and their metabolic precursors. *Biochem J* 256: 251-5.
- ✓ Astorga-España, M.S.; Rodríguez-Galdón, B.; Rodríguez-Rodríguez, E.M. y Díaz Romero, C. 2016. Amino acid content in seaweeds from the Magellan Straits (Chile). *Journal of Food Composition and Analysis* 53:77–84.
- ✓ Banach, JL. Hoek-van den Hil, EF. van der Fels-Klerx, HJ. 2019. Food safety hazards in the European seaweed chain. *Comprehensive reviews in food science and food safety*. DOI: 10.1111/1541-4337.1252.
- ✓ Besada, V., Andrade, J. M., Schultze, F., & González, J. J. (2009). Heavy metals in edible seaweeds commercialised for human consumption. *Journal of Marine Systems*, 75(1), 305–313. <https://doi.org/10.1016/j.jmarsys.2008.10.010>
- ✓ Boyle E. 1988. Cadmium: chemical tracer of deepwater paleoceanography. *Paleoceanography* 3: 471-489.
- ✓ Bruhn, A.; Brynning, G.; Johansen, A.; Lindegaard, M.S.; Sveigaard, H.H.; Aarup, B.; Fonager, L.; Andersen, L.L.; Rasmussen, M.B.; Larsen, M.M.; et al. 2019. Fermentation of Sugar Kelp (*Saccharina Latissima*) —Effects on Sensory Properties, and Content of Minerals and Metal. *J. Appl. Phycol.* 31, 3175–3187.

- ✓ Campos M, Galindo LR, Gil-Rodríguez MC, Hardisson A, Lozano G .1987. Niveles de concentración de metales pesados en algas marinas bentónicas del litoral de la isla de Tenerife (Islas Canarias). I. Cu, Zn y Fe. *Rev Toxicol* 4: 73-81.
- ✓ Carrillo, S; Casas, M; Ramos, F; Pérez-Gil, F. & Sánchez, I. 2002. “Algas Marinas de Baja California Sur, México: Valor nutrimental”. Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición “Salvador Zubirán”; Laboratorio de Macroalgas, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, México.
- ✓ CEVA. (2014). Edible seaweed and French regulation - Synthesis made by CEVA (31/03/2014). Pleubian, France: CEVA.
- ✓ Clarke, K. R., Chapman, M. G., Somerfield, P. J., & Needham, H. R. (2006). Dispersion-based weighting of species counts in assemblage analyses. *Marine Ecology Progress Series*, 320, 11-27.
- ✓ Clarke, K. R., & Gorley, R. N. (2006). Primer. *PRIMER-e, Plymouth*.
- ✓ Chan, J.C.C.; Cheung, P.C.K.; Ang, P.O. 1997Comparative studies on the effect of three drying methods on the nutritional composition of seaweed *Sargassum hemiphyllum* (Turn.) C. Ag. *J. Agric. Food Chem.* 45, 3056–3059.
- ✓ Chandini S.K, Suresh P. V, Bhaskar N. 2008. Seaweeds as source of nutritionally beneficial compounds – A review. *J Food Sci Technol* 45: 1 – 13.
- ✓ Chávez, M.M; Chávez, V.A; Roldán, A.J; Ledesma, S.J; Mendoza, M.E; Pérez Gil, F; Hernández, C.S. & Chaparro, F.A. 1996. Tablas de valor nutritivo de los alimentos de mayor consumo en Latinoamérica. Edición Internacional. Instituto Nacional de la Nutrición, Instituto Nacional de Cancerología. Editorial Pax, México.
- ✓ Darcy-Vrillon, B. 1993. Nutritional aspects of the developing use of marine macroalgae for the human food industry. *International Journal of Food Science and Nutrition*, 44, 23-35.
- ✓ Delgadillo, Hinojosa F. J Macías-Zamorano, J Segovia-Zavala & S Torres-Valdés. 2001. Cadmium enrichment in the Gulf of California. *Marine Chemistry* 75: 109-122.
- ✓ Donald L. Rice, A. 1984. Simple mass transport model for metal uptake by marine macroalgae growing at different rates, *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, Volume 82, Issues 2–3.

- ✓ EFSA. (2004). Opinion of the scientific panel on contaminants in the food chain on a request from the Commission related to mercury and methylmercury in food. The EFSA Journal, 34, 1–14. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2004.34>
- ✓ EFSA. (2012b). Lead dietary exposure in the European population. The EFSA Journal, 10(7), 59. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2012.2831>
- ✓ EFSA. (2014a). Dietary exposure to inorganic arsenic in the European population. The EFSA Journal, 12(3), 68. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2014.3597>
- ✓ EFSA. (2014b). Scientific opinion on dietary reference values for iodine. The EFSA Journal, 12(5), 57. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2014.3660>
- ✓ Englyst, H.N; Quigley, M.E. & Hudson, G.J. 1995. Definition and measurement of dietary fibre. European J Clin Nut, Suppl. 3: S48-S62.
- ✓ Farré, R., Cacho, J., Cameán, A., Más, A., Delgado, P., 2009. Informe del Comité Científico de la Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición (AESAN) relativo a la evaluación del riesgo asociado a la posible presencia de arsénico en algas destinadas al consumo humano. AESAN-2009- 10. 19 pp.
- ✓ Farrokhi, S., Nabipour, I., & Assadi, M. (2012). Seaweeds: Some pharmacological effects. Iranian Journal of Immunology, 9(2), 1–8.
- ✓ Firsov Yu.K. 1978. Relation of physiological functions of *Cystoseira* *Thallus* morphological elements to their age and structure. Biologiya morya, 44: 68–74.
- ✓ Fleurence J., 1990. Seaweed proteins: Biochemical, nutritional aspects and potential uses. Trends Food Sci. Technol. 10: 25–28.
- ✓ Fuge, R. & K. H. James, 1974. Trace metal concentrations in *Fucus vesiculosus* from the Bristol Channel. Mar. Poll. Bull., Vol. 5, pp. 9-12.
- ✓ Gall, E.A.; Küpper, F.C.; Kloareg, B. A Survey of Iodine Content in *Laminaria digitata*. Bot. Mar. 2004, 47, 30–37.
- ✓ Gao, F; X. Liu, W. Chen, W. Guo, L. Chen, D. Li, 2018. Hydroxyl radical pretreatment for low-viscosity sodium alginate production from brown seaweed, Algal Res. 34: 191–197, <https://doi.org/10.1016/j.algal.2018.07.017>.
- ✓ Gómez Ordoñez, E. 2013. Evaluación nutricional y propiedades biológicas de algas marinas comestibles. Estudios in vitro e in vivo. Tesis doctoral. Universidad

Complutense de Madrid, España.

- ✓ Hamid, N.; Ma, Q.; Boulom, S.; Liu, T.; Zheng, Z.; Balbas, J.; Robertson, J. 2015. Seaweed minor constituents. In *Seaweed Sustainability: Food and Non-Food Applications*; Elsevier Inc.: Amsterdam, The Netherlands pp. 193–242. ISBN 9780124199583
- ✓ Hanaoka, K. Yosida, K. Tamano, M. Kuroiwa, T. Kaise, T. Maeda, S. 2001. Arsenic in the prepared edible brown alga hijiki, *Hizikia fusiforme*, *Appl. Organomet. Chem.* 15 (6): 561–565, <https://doi.org/10.1002/aoc.195>.
- ✓ Holdt, S.L.; Kraan, S. 2011. Bioactive compounds in seaweed: Functional food applications and legislation *J. Appl. Phycol.*, 23. pp. 543-597, [10.1007/s10811-010-9632-5](https://doi.org/10.1007/s10811-010-9632-5)
- ✓ ISO 9001:2015 (traducción oficial), Sistema de Gestión de la Calidad – Requisitos. Norma Internacional ISO – Suiza. Quinta edición. NCh 2861:2011
- ✓ JECFA. (2019b). Mercury. Retrieved from <http://apps.who.int/foodadditives-contaminants-jecfa-database/chemical.aspx> chemID=1806 JECFA. (2019c).
- ✓ Khajouei, R.A. J. Keramat, N. Hamdami, A. Ursu, C. Delattre, C. Laroche, C. Gardarin, D. Lecerf, J. Desbrières, G. Djelveh, P. Michaud. 2018. Extraction and characterization of an alginate from the Iranian brown seaweed *Nizimuddinina zanardini*, *Int. J. Biol. Macromol.* 118: 1073–1081, <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.06.154>.
- ✓ Kolb N, Vallorani L, Milanovic N, Stocchi V. 2004. Evaluation of marine algae Wakame (*Undaria pinnatifida*) and Kombu (*Laminaria digitata*) as food supplements. *Food Technol Biotech* 42: 57-61. 2.
- ✓ Larsen R., Eilertsen K., Elvevoll E. 2011. Health benefits of marine foods and ingredients. *Biotechnol Adv* 29: 508-18.
- ✓ Libes S. 1992. *An introduction to marine biogeochemistry*. John Wiley & Sons Press, New York, New York, USA. 532 pp.
- ✓ López-Huertas E. 2010. Health effects of oleic acid and long chain omega-3 fatty acids (EPA and DHA) enriched milks. A review of intervention studies. *Pharmacol Res* 61:200-7

- ✓ Mabeau, S. and Fleurence, J., 1993. Seaweed in food products: biochemical and nutritional aspects. *Trends in Food Science & Technology*, 4, 103-107.
- ✓ MacArtain P, Gill CIR, Brooks M, Campbell R, Rowland IR. 2007. Nutritional Value of Edible Seaweeds. *Nutr Rev* 65: 535- 543
- ✓ Manual de Inocuidad y Certificación, Parte I Introducción. Subdirección de Comercio Exterior - SERNAPESCA. Versión septiembre 2018.
- ✓ Manual de Inocuidad y Certificación, Parte II, Sección II Control de Procesos. Subdirección de Comercio Exterior – SERNAPESCA. Versión septiembre 2018
- ✓ Masson, L. & Mella, M. 1985. Materias grasas de consumo habitual y potencial en Chile. Composición de ácidos grasos, Ed. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas; Universidad de Chile, Chile.
- ✓ Matanjun, P. Mohamed, S. Mustapha, N.M, Muhammad. K. 2009. Nutrient content of tropical edible seaweeds, *Eucheuma cottonii*, *Caulerpa lentillifera* and *Sargassum polycystum*, *J. Appl. Phycol.* 75–80, <https://doi.org/10.1007/s10811-008-9326-4>.
- ✓ Methylmercury. Retrieved from <http://apps.who.int/food-additives-contaminants-jecfa-database/chemical.aspx?chemID=3083>
- ✓ Michalak, I.; Chojnacka, K. 2018. Seaweed as a component of the human diet. In *Algae Biomass: Characteristics and Applications*; Chojnacka, K., Wieczorek, P.P., Schroeder, G., Michalak, I., Eds.; Springer International Publishing: Berlin/Heidelberg, Germany, pp. 57–71. ISBN 9783319747033.
- ✓ Miyashita, K. Nana Mikami. Masachi Hosokama. 2013. Chemical and nutritional characteristics of brown seaweed lipids a Review. *Journal of Functional Foods* 5: 1507-1517.
- ✓ Munda, I.M. 1987. Preliminary information on the ascorbic acid content in some Adriatic seaweeds. *Hydrobiologia.* 151–152, 477–481
- ✓ Myklestad, S., E. Ingvar & S. Melsom, 1979. Heavy metal exchange by *Ascophyllum nodosum* (Phaeophyceae) plants in situ. In, *Proc. 9th Int. Seaweed Symp.*, pp. 143-151.
- ✓ Nielsen, C.W.; Rustad, T.; Holdt, S.L. 2021. Vitamin C from Seaweed: A Review Assessing Seaweed as Contributor to Daily Intake. *Foods* 10, 198. <https://doi.org/>

10.3390/foods10010198.

- ✓ Norziah, M.H. & Ching, Ch.Y. 2001. Nutritional composition of edible seaweed *Gracilaria changgy*. Food Chemistry. 68, 69-76.
- ✓ NCh 2909:2004, Sistema de Gestión – Requisitos fundamentales para la Gestión PYME. Instituto Nacional de Normalización – Chile. Primera edición.
- ✓ Noriega-Fernández E., Izuni S., Astrain-Redin L., Probhu L., Sivertisvik M., Álvarez & G. Gebrián. 2021. Innovative Ultrasound-Assisted Approaches towards Reduction of Heavy Metals and Iodine in Macroalgal Biomass. Artículo MDPI, FOODS
- ✓ Ortiz, J. Romero, N. Robert, P. Araya, J. López- Hernández, C. Bozzo, E. Navarrete, Osorio, A. Ríos, 2006. Dietary fiber, amino acid, fatty acid and tocopherol contents of the edible seaweeds *Ulva lactuca* and *Durvillaea antarctica*, Food Chem. 99 (1):98–104, <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.07.027>
- ✓ Pal, A.; Kamthania, M.C. y Kumar, A. 2014. Bioactive compounds and properties of Seaweeds: a review. Open Access Library Journal 1(4):752.
- ✓ Pérez, A. A., Farías, S. S., Strobl, A. M., Pérez, L. B., López, C. M., Piñeiro, A. Fajardo, M. A. (2007). Levels of essential and toxic elements in *Porphyra columbina* and *Ulva sp* from San Jorge Golf, Patagonia Argentina. Science of the Total Environment, 376(1–3), 51–59. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2006.11.013>
- ✓ Queen, J. P., Quinn, G. P., & Keough, M. J. (2002). Experimental design and data analysis for biologists. Cambridge university press.
- ✓ Reilly. C. 2002. Metal Contamination of Food: Its Significance for Food Quality and Human Health, third ed., Blackwell Science Ltd.
- ✓ Rice, D. L. 1984. A Simple mass transport model for metal uptake by marine macroalgae growing at different rates. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 82(2-3), 175–182. doi: 10.1016/0022-0981(84)90102-3.
- ✓ Rodríguez, M.E. & Hernández, C.G. 1991. Seasonal and geographic variations of *Macrocystis pyrifera*
- ✓ Roleda, M.Y.; Marfaing, H.; Desnica, N.; Jónsdóttir, R.; Skjermo, J.; Rebours, C.; Nitschke, U. 2019. Variations in Polyphenol and Heavy Metal Contents of Wild-

Harvested and Cultivated Seaweed Bulk Biomass: Health Risk Assessment and Implication for Food Applications. *Food Control* 95, 121–134.

- ✓ Saager P. H de Baar & Howlan. 1992. Cd, Zn, Ni and Cu in the Indian Ocean. *Deep-Sea Research* 39: 9-35.
- ✓ Schmidt-Hebbel, H; Pennacchiotti, M; Masson, L. & Mella, M.A. 1992. Tabla de Composición Química de los Alimentos Chilenos. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas, Universidad de Chile. Santiago de Chile.
- ✓ Sevgili, H; S. Sezen, A. Yılayaz, Ö. Aktaş, F. Pak, I.M. Aasen, K.I. Reitan, M. Sandmann, S. Rohn, G. Turan, M. Kanyılmaz. 2019. Apparent nutrient and fatty acid digestibilities of microbial raw materials for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) with comparison to conventional ingredients *Algal Res.*, 42. Article 101592, [10.1016/j.algal.2019.101592](https://doi.org/10.1016/j.algal.2019.101592)
- ✓ Škrovánková, S. Seaweed vitamins as nutraceuticals. 2011. In *Advances in Food and Nutrition Research*; Elsevier: Amsterdam, The Netherlands, Volume 64, pp. 357–369. ISBN 9780123876690.
- ✓ Sistema de análisis de peligros y de puntos críticos de control (HACCP) – Directrices para su aplicación. Instituto Nacional de Normalización -Chile. Segunda edición.
- ✓ Stévant, P.; Marfaing, H.; Duinker, A.; Fleurence, J.; Rustad, T.; Sandbakken, I.; Chapman. 2018. A. Biomass Soaking Treatments to Reduce Potentially Undesirable Compounds in the Edible Seaweeds Sugar Kelp (*Saccharina latissima*) and Winged Kelp (*Alaria esculenta*) and Health Risk Estimation for Human Consumption. *J. Appl. Phycol.* 30, 2047–2060.
- ✓ Urbano M G, Goñi I. 2002. Bioavailability of nutrients in rats fed on edible seaweeds, Nori (*Porphyra tenera*) and Wakame (*Undaria pinnatifida*), as a source of dietary fibre. *Food Chem* 76: 281-6.
- ✓ Valdés, J. Román, D. Dávila, P. Ortlieb, L. Guíñez, M. 2006. Variabilidad estacional de cadmio en un sistema de surgencia costera del norte de Chile (Bahía Mejillones del Sur, 23o S). *Revista Chilena de Historia Natural* 79: 517-535.
- ✓ Valdés J. L Ortlieb & A Sifeddine. 2002. Variaciones del sistema de surgencia de Punta Angamos (23° S) y la Zona de Mínimo Oxígeno durante el pasado reciente. Una aproximación desde el registro sedimentario de la bahía Mejillones del Sur. *Revista*

Chilena de Historia Natural 76: 347-362.

- ✓ Valdés J. 2004. Evaluación de metales redox-sensitivos como proxies de paleoxigenación en un ambiente marino hipóxico del norte de Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* 77: 121-138.
- ✓ Valdés J. G Vargas, A Sifeddine, L Ortlief & M. Guiñez. 2005. Distribution and enrichment evaluation of heavy metals in Mejillones Bay (23°S), northern Chile: geochemical and statistical approach. *Marine Pollution Bulletin* 50: 1558-1568.
- ✓ Van Geen A, S Luoma, C Fuller, R Anima, E Clifton & S Trumbore. 1992. Evidence from Cd/Ca ratio in foraminifera for greater upwelling off California 4,000 years ago. *Nature* 358: 54-56.
- ✓ Van Geen A & D Husby. 1996. Cadmium in the California Current System: tracer of the past and present upwelling. *Journal of Geophysical Research* 101: 3489-3507.
- ✓ Villare, R.; Puente, X.; Carballeira, A. Seasonal Variation and Background Levels of Heavy Metals in Two Green Seaweeds. *Environ. Pollut.* 2002, 119, 79–90.
- ✓ Wahbeh, M. 1997. Amino acid and fatty acid profiles of four species of macroalgae from Aqaba and their suitability for use in fish diets, 159: 101-109.
- ✓ Welch. R.M. 2002. The impact of mineral nutrients in food crops on global human health, *Plant Soil* 247:83–90, <https://doi.org/10.1023/A:1021140122921>
- ✓ Wijesinghe W. A.J.P., Jeon Y-J. 2012. Enzyme-assisted extraction (EAE) of bioactive components: A useful approach for recovery of industrially important metabolites from seaweeds: A review. *Fitoterapia* 83: 6–12
- ✓ Yamada, M.; Yamamoto, K.; Ushihara, Y.; Kawai, H. Variation in Metal Concentrations in the Brown Alga *Undaria Pinnatifida* in Osaka Bay, Japan. *Phycol. Res.* 2007, 55, 222–230
- ✓ <https://standards.iteh.ai/catalog/tc/cen/716626c7-934a-467a-b1bb-6ccad1e57d61/cen-tc-454>
- ✓ <https://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:2002R0178:20080325:ES:PDF>
- ✓ <https://issuu.com/verdiseno/docs/vd32/s/11481918>
- ✓ <http://www.creas.cl/productos-organicos-y-novel-foods-en-la-ue-creas-participa-de>



[discusión-en-torno-a-nuevas-normativas-y-tratados/](#)

- ✓ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX%3A32003R1829>
- ✓ [https://ec.europa.eu/food/safety/novel\\_food\\_en](https://ec.europa.eu/food/safety/novel_food_en)
- ✓ [https://web.archive.org/web/20130503093839/http://www.aesan.msc.es/AESAN/web/cad-en-alimentaria/detalle/normativa\\_nuevos\\_alimentos.shtml](https://web.archive.org/web/20130503093839/http://www.aesan.msc.es/AESAN/web/cad-en-alimentaria/detalle/normativa_nuevos_alimentos.shtml)
- ✓ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX%3A32003R1829>
- ✓ <http://www.biomega.eu/deutschland/plaintext/downloads/090815-the-impact-of-the-european-novel-food-r.pdf>
- ✓ [https://ec.europa.eu/food/safety/novel\\_food/authorisations/list\\_authorisations\\_en](https://ec.europa.eu/food/safety/novel_food/authorisations/list_authorisations_en)
- ✓ <https://www.food.gov.uk/multimedia/pdfs/seguidelines.pdf>
- ✓ <https://www.foa.org/3/w0073s/w0073sOs.htm#topofpage>



11. ANEXOS