UNIVERSIDAD DE ORIENTE

NÚCLEO NUEVA ESPARTA

ESCUELA DE CIENCIAS APLICADAS DEL MAR

DEPARTAMENTO DE ACUACULTURA

CULTIVO DE MACROALGAS. UNA VISIÓN DESDE LA PLANIFICACIÓN ESPACIAL

Ms. C. Yoarlis Del Valle Fernández Narváez

Trabajo de Ascenso presentado como requisito parcial para ascender a la categoría de profesor Agregado

.

BOCA DEL RÍO, 16 DE ABRIL DE 2024.

DEDICATORIA

A Dios y al mar por permitir seguir abordando

temas de la Ciencias Marinas.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por su bondad

A mis padres, hermanos y familia por apoyar cada paso que planto firme.

A la Universidad de Oriente, por permitirme crecer profesionalmente y aplicar los conocimientos y experiencias.

A los docentes de la UDONE, en especial a los profesores de la ECAM por demostrar que en equipo podemos continuar reforzando la calidad profesional.

A los estudiantes que forman parte del objetivo del mejoramiento profesional y el ahínco de no perder el rumbo académico

A los tesistas por su esfuerzo y empeño, por demostrar que el futuro siempre existirá.

A la ECAM, porque ECAM somos todos.

RESUMEN

Las macroalgas marinas son un recurso importante a nivel mundial, utilizado hace milenios en la alimentación y en la agricultura (ARBAIZA *et al.* 2021). Entre las más consumidas y cultivadas están: *Neopyropia* spp, *Kappaphycus* spp., *Eucheuma* spp., *Gracilariopsis* y *Gracilaria* spp.(COTTIER-COOK *et al.* 2021) Cabe señalar, que en 2019 la producción fue de 34,7 millones de toneladas cultivadas (FAO 2021). Muchos han sido los modelos de cultivo utilizados en diferentes países, tal es el caso del: long line en diferentes variantes, las balsas flotantes, sistemas multitróficos, cultivo de fondo, entre otros. Básicamente, tienen la misma estructuración, pero se adecuan al lugar y las condiciones de cultivo. Es importante describir la extensión espacial ambiental del océano. Pudiendo, generar la aproximación y el mapeo usando modelos de distribución de especies (SDMs)(OYINLOLA *et al.* 2019). A nivel global, los esfuerzos para garantizar el manejo de los espacios marinos aumentan. Pero, existe falta de información e investigaciones que permitan establecer legislaciones para vincular las naciones, aun con el planteamiento de las zonas económicas exclusivas, tratados y la creación de los Objetivos del Desarrollo Sostenible, los esfuerzos se hacen minúsculos ante el crecimiento poblacional humano y sus consecuencias como, el calentamiento global. Es necesario, generar para el espacio marino promulgaciones de regulaciones precisas y orientaciones sobre la acuicultura de macroalgas garantizando una acuicultura ambiental y socialmente responsable (GAMAGE *et al.* 2021). Por ello, para tomar decisiones, se han desarrollado indicadores económicos que permitan seleccionar la ubicación adecuada. Enfocado en el multicriterio de Sistemas de Información Geográfica (GIS) y Análisis de Equivalencia de Hábitat (HEA) (CABRAL *et al.* 2016). En conclusión, la ordenación espacial de la maricultura fundamenta la actividad, pero además, garantiza el equilibrio ambiental, al generar actividades de crecimiento económico responsable, disminuyendo la generación de conflictos.

Palabras claves: Algas, Maricultura, Sistemas, Planificación.

ÍNDICE

Dedicatoria ii

Agradecimientos iii

Resumen iv

Índice v

Lista de figuras vii

Lista de tablas viii

Introducción 1

Objetivos 4

Objetivo General 4

Objetivos Específicos 4

Capítulo 1. PRINCIPALES ESPECIES DE MACROALGAS CULTIVADAS 5

Clorofita (Chlorophyta) o Algas Verdes 8

Caulerpa prolifera (Forsskål) J.V.Lamouroux 8

Ulva Linnaeus, 1753, nom. et typ. cons. 9

Codium Stackhouse, 1797 9

Porphyra cC.Agardt, 1824, nom. cons 10

Feófitas (Phaeophyta) o Algas Pardas 11

Sargassum C.Agardh, 1820, nom. et typ. cons 11

Saccharina japonica (Areschoug) C.E.Lane, C.Mayes, Druehl & G.W.Saunders 11

Undaria Suringar, 1873 12

Macrocystis spp. C. Agardh, 1820 12

Rodófitas (Rhodophyta) o Algas Rojas 13

Chondracanthus chamissoi (C. Agardh) Kützing 1843 13

Gracilariopsis lemaneiformis (Bory) E.Y.Dawson, Acleto & Foldvik 1964 13

Eucheuma J.Agardh, 1847 14

Kappaphycus alvarezii (Doty) L.M.Liao 14

Gracilaria Greville, 1830, nom. et typ. cons. 15

Chondrus crispus Stackhouse 1797 15

Capítulo 2. SISTEMAS DE CULTIVO ACTUALES 17

Aspectos Generales de los Sistemas y Producción. 17

Sistemas de Cultivos Comunes: Tipos 18

Long line horizontal (LLH) o monolíneas 18

Sistema de cultivo en masa (STC) 20

Sistemas de cultivo multitrófico 21

Cultivo vegetativo suspendido. 22

Sistema de cultivo de fondo 23

Capítulo 3. PLANIFICACIÓN ESPACIAL EN EL CULTIVO DE MACROALGAs. 24

Planificación Espacial u Ordenamiento Marino 24

Concepción Global 24

Contexto Europeo 25

Contexto Americano y del Caribe 31

Conclusiones 34

Referencias 35

LISTA DE FIGURAS

Fig. 1. Especies de Porphyra (el nori del sushi) (GARCÍA & PAULOS 2012)10

Fig. 2. *Saccharina latissima*. Alga conocida como kombu de azúcar. (GARCÍA & PAULOS 2012) 11

Fig. 3. Imagen de la especie de Macrocystis spp. (DIRECCIÓN ZONAL DE PESCA Y ACUICULTURA 2013)..... 13

Fig. 4. Alga Gracilaria spp. (GARCIA & PAULOS 2012)..... 15

Fig. 5. Modelo del sistema long line (MONTOYA et al. 2020)..... 19

Fig. 6. Modelo de balsa flotante (MONTOYA et al. 2020) 19

Fig. 7. Implantación de un sistema de cultivo de Balsas flotantes de PVC (RINCONES & MORENO 2011)..... 20

Fig. 8. Esquema general del diseño del experimento de cultivo multitrófico en el centro de cultivo en la empresa Salmones Austral, Tenaún (algas, moluscos) (CAMPOS 2017)..... 21

Fig. 9. Sistema de cultivo suspendido (VERGARA & VÁSQUEZ 2021)..... 22

Fig. 10. Sistema de cultivo de Planza (SAAVEDRA et al. 2018)..... 23

Fig. 11. Enfoque metodológico empleado en España (CABRAL et al. 2016).... 30

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Producción y acuicultura mundial. (CRESPO & JIMÉNEZ 2021) 6

Tabla 2 Producción mundial de algas (FAO 2021) 6

Tabla 3 Lista de géneros de algas y algunas de sus especies seleccionadas para cultivo y alimentación. Modificado de (FORSTER & RADULOVICH 2015)..... 8

Tabla 4 Plan Marino espacial (PMS) y estrategias marinas en países GRASS. (CAMARENA & LÄHTEENMÄKI-UUTELA 2021) 26

Tabla 5 Planes Marinos Espaciales (PMS) y estrategias marinas en países GRASS. (CAMARENA & LÄHTEENMÄKI-UUTELA 2021) 27

INTRODUCCIÓN

El termino algas se define técnicamente como, "plantas fotosintéticas no vasculares que contienen clorofila a y poseen estructuras reproductoras simples" (DAWES 1986). Las macroalgas marinas son un recurso de gran importancia a nivel mundial, conocido y utilizado desde hace milenios en la alimentación humana y animal, así como en la agricultura (ARBAIZA *et al.* 2021).

En 1969, la producción anual mundial de algas marinas alcanzó los 2,2 millones de toneladas de peso fresco (PF) (mt PS), divididas equitativamente entre las poblaciones cultivadas y las naturales. Después de más de 50 años, la cantidad derivada de la recolección se ha mantenido estática (<3 % de la producción total de algas marinas), mientras que la producción de algas marinas cultivadas se ha multiplicado por 15, alcanzando aproximadamente 35 toneladas métricas en PF para 2019, representando aproximadamente el 51,3 % de la producción mundial de maricultura creciendo a un ritmo de 6,2 % anual (evidenciado en el periodo 2000-2018); además, esta industria tiene un valor de más de 14700 millones de dólares. Países como China, Indonesia, la República de Corea, Filipinas, Japón y Malasia producen la gran mayoría de las algas marinas en granjas que van desde menos de una hectárea hasta varios miles (COTTIER-COOK *et al.* 2021; DUARTE *et al.* 2022).

En el presente, la industria de algas a nivel mundial tiene un valor superior a los 6 billones anuales de dólares (12 millones de toneladas por año) de los cuales aproximadamente el 85% suponen productos destinados a la alimentación humana. Distribuyéndose de manera directa en un 76.1%, a las diferentes formas de comercialización (frescas, secas, en hojuelas, en polvo, saladas, enlatadas, extractos líquidos y en alimentos preparados) y el restante en la elaboración de productos procesados como aditivos alimenticios (ficocoloides) (11.2%). Cabe resaltar, que también son incorporadas en la elaboración de productos nutracéuticos, alimentos para animales, fertilizantes, cosméticos, medicinas y biocombustibles entre otros (12.7) (ARBAIZA *et al.* 2021)

Las macroalgas marinas contienen polisacáridos específicos (ficocoloides), tanto estructurales como de reserva, que no están presentes en otros vegetales terrestres. Los más utilizados a nivel industrial son: el ácido algínico o alginato que se obtiene de las algas pardas y el carragenano y el agar agar que se obtienen de las algas rojas. Estos poseen numerosas aplicaciones comerciales como: estabilizantes, emulsionantes, espesantes, gelificantes, antioxidantes, hidratantes. fotoprotectores, blanqueadores, antienvejecedores y otros adelgazantes. El crecimiento de la industria va de la mano de satisfacer las necesidades y demandas comerciales de productos derivados de algas marinas de mayor valor, como cosméticos, productos farmacéuticos, bioestimulantes agrícolas y bioenvases. Además de sus usos tradicionales, por las alternativas que ofrecen al uso de combustibles fósiles y los productos derivados, como los plásticos (MONTOYA *et al.* 2017; ARBAIZA *et al.* 2021; COTTIER-COOK *et al.* 2021)

Su cultivo adecuado puede ayudar a restaurar ambientes degradados, aumentar la biodiversidad oceánica, mitigar los efectos del cambio climático y la acidificación costera mediante la captura de carbono y otros nutrientes. Entonces, la producción mundial de algas marinas que ha experimentado una rápida expansión, lo ha hecho en plena aceleración del cambio climático, lo que plantea al mismo tiempo nuevos desafíos para los productores y el ambiente (COTTIER-COOK *et al.* 2021).

Indonesia se perfila como el mayor productor de algas del mundo. En 2015, Indonesia produjo 11270000 toneladas métricas (TM) de algas marinas. El Ministerio de Pesca y Asuntos Marinos de la República de Indonesia en 2017 tenía como objetivo aumentar la producción de algas marinas a 13,4 millones de TM desde 11,4 millones de TM. Las especies cultivadas de algas marinas en Sureste de Sulawes, en ese país son *Kappaphycus alvarezii* y *Eucheuma denticulatum*. Sin embargo, en esta actividad se muestran ciertos inconvenientes que se han convertido en grandes retos para la industria como la fluctuación de precios, disponibilidad de existencias de plántulas de algas marinas, falta de orientación sobre información y redes de mercadeo, procesamiento poscosecha y

habilidades empresariales y baja participación en programas de desarrollo de algas marinas (ODE *et al.* 2018).

Sin embargo, la rápida expansión de la industria de las algas plantea importantes desafíos. Al igual que los cultivos terrestres, las poblaciones de algas marinas son susceptibles a una amplia variedad de peligros. La dependencia de un número muy limitado de especies cultivadas comercialmente y su cruzamiento con poblaciones nativas silvestres ha reducido la diversidad genética de los cultivares de algas marinas utilizados por la industria (COTTIER-COOK *et al.* 2021).

Sin duda, el desarrollo de la acuicultura marina ha experimentado en los últimos años un importante empuje, lo que ha propiciado la aparición de una abundante actividad normativa. Los problemas derivados de la crisis del sector pesquero y del económico de algunos lugares, generan en la acuicultura un sustituto o una alternativa. Pero, es necesario producir información respecto a las actividades ancladas en ella como la maricultura, específicamente de algas, pues el crecimiento desmedido de la actividad, como toda acción antrópica pudiera acarrear inconvenientes al no realizar las planificaciones y proyecciones pertinentes (CHAPELA 2001).

Con la finalidad de describir el cultivo de macroalgas, considerando su planificación espacial, la revisión documental se estructura en tres secciones; una primera parte donde se describen las principales especies de macroalgas cultivadas; en segundo lugar, se caracterizaran los sistemas de cultivo actuales y por último, se realizó una recopilación de información referente a la planificación espacial en el cultivo de macroalgas a nivel mundial.

OBJETIVOS

Objetivo General

Analizar el cultivo de las principales especies comerciales de macroalgas marinas a nivel mundial considerando su planificación espacial.

Objetivos Específicos

Describir las principales especies de macroalgas cultivadas a nivel mundial.

Caracterizar los sistemas de cultivo actuales de macroalgas

Describir la planificación espacial en el cultivo de macroalgas a nivel mundial

CAPÍTULO 1. PRINCIPALES ESPECIES DE MACROALGAS CULTIVADAS

A nivel mundial las especies más consumidas son; *Pyropia* spp. (Nori), *Saccharina* spp. (Kombu) y *Undaria pinnatifida* (Wakame), sin embargo, existen otras especies importantes en la alimentación como: *Monostroma* sp., *Ulva* sp., *Codium* sp., *Sargassum*, *Caulerpa racemosa*, *Chondrus crispus*, *Callophyllis variegata*, *Durvillaea antartica*, *Hizikia fusiformis*, *Alaria crassifolia*, *Eisenia byciclis*, *Gracilaria* sp., *Cladosiphon okamuranus*, *Palmaria palmata*, *Meristotheca papulosa*, junto a otras especies de usos diferentes que impulsan el cultivo de este recurso (ARBAIZA *et al.* 2021).

Alrededor de 221 especies de macroalgas tienen valor comercial. En países Europeos, 10 especies son cultivadas de manera intensiva (ARBAIZA et al 2021). El principal cultivo mundial, por peso, es el kelp *Saccharina japonica*, realizado por China, que para el 2019 produjo 20,3 tm PE de algas marinas (57% de la producción mundial total), seguida de Indonesia con 9,96 tm PF (27,9 %). Cabe resaltar que las algas *Neopyropia* spp. y *Neoporphyra haitanensis*, los carragenofitos *Kappaphycus* spp. y *Eucheuma* spp. y los agarofitos *Gracilariopsis* y *Gracilaria* spp. también se cultivan en el este y sureste de Asia; predominantemente Indonesia, Filipinas y Malasia (COTTIER-COOK *et al.* 2021).

La producción de algas ha registrado incremento a través del tiempo lo que ha impulsado la acuicultura marina (Tabla 1) (Crespo y Jiménez 2021), crecimiento evidenciado también, según lo señalado en los reportes mundiales realizados por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) por sus siglas en inglés (Tabla 2 Producción mundial de algas (FAO 2021)

). Cabe señalar, que en 2019 la producción global fue de 1,1 millones de toneladas recolectadas y 34,7 millones de toneladas cultivadas (FAO 2021).

A nivel mundial, el 98% de las algas producidas provienen de algas cultivadas y solo el 2% proviene de la extracción de las praderas naturales. En Latinoamérica no ocurre esto, sólo el 4% de las algas son cultivadas y el 96 % provienen de la extracción de algas silvestres. Sin embargo, es necesario destacar que en cuanto a

Tabla 1 Producción y acuicultura mundial. (CRESPO & JIMÉNEZ 2021)

	2013	2014	2015	2016	2017	2018
PRODUCCIÓN (en millones de toneladas)						
Pesca de captura						
Continental	11,2	11,3	11,4	11,4	11,9	12,0
Marina	79,4	79,9	81,2	78,3	81,2	84,4
Total pesca de captura	90,6	91,2	92,7	89,6	93,1	96,4
Acuicultura						
Continental	44,8	46,9	48,6	48,0	49,6	51,3
Marina	25,4	26,8	27,5	28,5	30,0	30,8
Total acuicultura	70,2	73,7	76,1	76,5	79,5	82,1
Total de la pesca y la acuicultura a nivel mundial	160,7	164,9	168,7	166,1	172,7	178,5
UTILIZACIÓN[b]						
Consumo humano	140,1	144,8	148,4	148,2	152,9	156,4
Usos no alimentarios	20,6	20,0	20,3	17,9	19,7	22,2
Población (miles de millones)[c]	7,2	7,3	7,3	7,5	7,5	7,6
Consumo aparente *per capita* (kilogramos)	19,5	19,9	20,2	19,9	20,3	20,5

[a] Excluidos mamíferos acuáticos, cocodrilos, lagartos, caimanes, algas y plantas acuáticas.
[b] Los datos correspondientes al período 2014-2018 son estimaciones provisionales.
[c] Cifras del Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de las Naciones Unidas, 2019.

Tabla 2 Producción mundial de algas (FAO 2021)

	2000	2005	2010	2015	2016	2017	2018
	(en miles de toneladas, peso vivo)						
China	8 227,6	10 774,1	12 179,7	15 537,9	16 427,4	17 461,7	18 505,7
Indonesia	205,2	910,6	3 915,0	11 269,3	11 050,3	10 547,6	9 320,3
República de Corea	374,5	621,2	901,7	1 197,1	1 351,3	1 761,5	1 710,5
Filipinas	707,0	1 338,6	1 801,3	1 566,4	1 404,5	1 415,3	1 478,3
República Popular Democrática de Corea	401,0	444,3	445,3	491,0	553,0	553,0	553,0
Japón	528,6	507,7	432,8	400,2	391,2	407,8	389,8
Malasia	16,1	40,0	207,9	260,8	206,0	203,0	174,1
Zanzíbar (República Unida de Tanzania)	49,9	73,6	125,2	172,5	111,1	109,8	103,2
China	...	48,5	93,6	81,2	73,4	71,9	69,6
Chile	33,5	15,5	12,2	12,0	14,8	16,7	20,7
Viet Nam	15,0	15,0	18,2	13,1	11,2	10,8	19,3
Islas Salomón	...	2,6	7,1	12,2	10,6	4,8	5,5
Madagascar	0,7	0,9	4,0	15,4	17,4	17,4	5,3
India	...	1,1	4,2	3,0	2,0	4,9	5,3
Federación de Rusia	3,0	0,2	0,6	2,0	1,2	1,5	4,5
Otros productores	33,4	37,3	25,6	29,8	25,1	25,2	21,0
Total	**10 595,6**	**14 831,3**	**20 174,3**	**31 063,8**	**31 650,5**	**32 612,9**	**32 386,2**

Nota: ... = sin producción o datos de producción no disponibles

la producción de algas de cultivo, Chile es el principal productor de la región, siendo responsable del 95% de las algas cultivadas (14.846 TM), seguido por Brasil (4.68%), México (1,15%), Ecuador (0,03%) y Perú (0,01%). Venezuela también se ha incorporado al desarrollo de proyectos para el aprovechamiento de este recurso, no obstante, las experiencias realizadas no han sido suficientes, por lo que no ofrecen buenos resultados ni generación de suficiente data (MONTOYA *et al.* 2017; ARBAIZA *et al.* 2021).

A nivel mundial, el 98% de las algas producidas provienen de algas cultivadas y solo el 2% proviene de la extracción de las praderas naturales. En Latinoamérica no ocurre esto, sólo el 4% de las algas son cultivadas y el 96 % provienen de la extracción de algas silvestres. Sin embargo, es necesario destacar que en cuanto a la producción de algas de cultivo, Chile es el principal productor de la región, siendo responsable del 95% de las algas cultivadas (14.846 TM), seguido por Brasil (4.68%), México (1,15%), Ecuador (0,03%) y Perú (0,01%). Venezuela también se ha incorporado al desarrollo de proyectos para el aprovechamiento de este recurso, no obstante, las experiencias realizadas no han sido suficientes, por lo que no ofrecen buenos resultados ni generación de suficiente data (MONTOYA *et al.* 2017; ARBAIZA *et al.* 2021).

La selección de las algas de cultivo depende de diversos criterios, uno de los más importantes es la rentabilidad económica del sistema y su demanda comercial, además de aquellas que tengan que ver con los gustos del consumidor, por ejemplo, que tengan el menor olor y sabor a pescado como el caso de *Sargassum* spp. y *Codium* spp. De acuerdo con esto, en un estudio realizado por (FORSTER & RADULOVICH 2015) se preseleccionaron 42 especies de 21 géneros previamente escogidos (Tabla 3). Después de algunas pruebas, 10 especies (siete del Caribe, *Anadyomene stellata*, *Caulerpa racemosa*, *Codium taylorii*, *Dictyota ciliolata*, *Sargassum platycarpum* y *Gracilaria cervicornis* y cuatro del Pacífico, *Chaetomorpha* sp., *Codium* sp., *Sargassum liebmannii*, con *Ulva lactuca* presente en ambas costas) fueron seleccionadas como las más prometedoras.

La potencialidad de las algas depende de sus características, de las sustancias que producen y su diversa morfología, pudiendo presentar o no, ciertas estructuras

como la fronda (destinada a la captación de luz y nutrientes) y el rizoide (estructura de anclaje al sustrato), entre otras, que permiten su diversificación. Con base, a esa diversidad estructural y a los pigmentos fotosintéticos atendiendo (común para todos los grupos) que acompañan a la clorofila de las macroalgas se clasifican en 3 grupos (ARBAIZA et al. 2021).

Tabla 3 Lista de géneros de algas y algunas de sus especies seleccionadas para cultivo y alimentación. Modificado de (FORSTER & RADULOVICH 2015)

Algas verdes *Anadyomene* (*stellata*), *Caulerpa* (*racemosa* y *lentillifera*), *Chaetomorpha* (*intestinalis* y *aerea*), *Cladophora* (*vagabunda* and *prolifera*), *Codium* (*tomentosum* and *taylorii*), *Ulva* (*lactuca*, *fasciata*, *prolifera*, y *compressa*)
Algas pardas *Dictyota (ciliolata* y *stolonifera), Laminaria (abyssalis* y *brasiliensis), Padina (crispata* y *durvillaei),* y *Sargassum (fluitans, liebmannii, natans, platycarpum,* y *vulgare)*
Algas rojas *Acanthophora (spicifera), Eucheuma (isiforme, denticulatum,* y *spinosum), Gelidiella (acerosa), Gelidium (serrulatum y robustum), Gracilaria (cervicornis* y *domingensis), Gracilariopsis (tenuifrons), Hydropuntia (cornea* y *crassissima), Hypnea (musciformis* y *spinella), Kappaphycus (alvarezii), Porphyra (columbina* y *thuretti),* y *Solieria (filiformis)*

Clorofita (Chlorophyta) o Algas Verdes

Caulerpa prolifera (Forsskål) J.V.Lamouroux

Talo compuesto de filamentos cenocíticos o sifones, con estolones horizontales anclados por rizoides incoloros, que llevan frondas erectas con estructuras en forma de hilo, de cuchillas, pinnadas, esponjosas y vesiculares. Ramificación radial primitiva, con ramificaciones bilaterales en disposiciones variables, crecimiento apical e indeterminado. El grado de desarrollo de estolones y rizoides depende del sustrato; los estolones pueden alcanzar hasta 12 mm, el alga entera puede llegar a 1m en longitud. Poseen cloroplastos grandes con pirenoide y granos de almidón primitivos. Reproducción probablemente por fragmentación del estolón. Reproducción sexual anisógama holocárpica descrita para algunas

especies. Algunas especies de *Caulerpa* producen el veneno caulerpicin, lo que hace que su uso como recurso alimenticio sea peligroso (DOMIS *et al.* 2003)

***Ulva Linnaeus*, 1753, nom. et typ. cons.**

Talo maduro de hoja distromática aplanada en la que las dos capas de células son independientes desde el punto de vista del desarrollo pero se adhieren estrechamente. Las láminas pueden ser ampliamente expandidas, irregularmente lobuladas, cuneadas, lineales, lanceoladas, oblanceoladas o profundamente divididas en lacinas lineales. Algunas especies muestran perforaciones regulares como *U. reticulata*, o dentadas marginales como *U. rigida*, *U. scandinavica* y *U. taeniata*. Usualmente unido al sustrato por células rizoidales en un soporte basal y/o extensiones rizoidales de células en la porción inferior de la hoja. Extensiones rizoidales que corren entre las dos capas de células de la lámina. Reproducción vegetativa por fragmentación o por crecimiento de nuevos talos erguidos a partir de células basales y/o retenciones persistentes. Alternancia de gametofitos haploides unisexuales isomórficos y esporofitos diploides. Reproducción asexual por zoosporas tetraflageladas; reproducción sexual por gametos anisógamos biflagelados, o rara vez isógamos. La germinación suele ser directa. Es un género cosmopolita con especies en todos los océanos y estuarios del mundo. En los últimos años, los patrones de desarrollo en la cultura, los detalles reproductivos y la aparente incapacidad de las especies para cruzarse se han utilizado para evaluar conceptos de especies basados en características morfológicas y anatómicas (GUIRY & GUIRY 2011)

***Codium* Stackhouse, 1797**

Genero con talo esponjoso, anclado a rocas o conchas por una trama de rizoides, que varía en tamaño desde 1 cm a 10m de largo. Hábito aplanado, pulvinado, digitaliforme, globular, petaloide, membraniforme o dicotómicamente ramificado; erigirse o arrepentirse; ramas totalmente terete o diversamente aplanadas, a veces anastomosadas. Estructura interna compuesta por una médula incolora de sifones densamente entrelazados y una capa verde de vesículas en

forma de empalizada llamadas utrículos. Los orgánulos están confinados a una capa de citoplasma adherida a una pared de la que el manano es un constituyente importante. Los cloroplastos carecen de pirenoides; pigmentos carotenoides incluyen sifaxantina y sifonina. Tabiques incompletos, utrículos maduros cilíndricos o claviformes, la pared apical generalmente engrosada y frecuentemente ornamentada en un patrón característico de especies particulares. Reproducción asexual por partenogénesis, fragmentación o corte de gametangios abortados modificados. A pesar de la ubicuidad de *Codium*, se sabe muy poco sobre su biología (GUIRY & GUIRY 2011)

Porphyra cC.Agardt, 1824, nom. cons

En este género las especies de *Porphyra* (el nori del sushi) (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**) resultan apropiadas porque poseen los caracteres de *Ulva* y tienen un alto valor comercial en el mercado de la alimentación. El problema de las especies de *Porphyra* es que, en un sistema de acuicultura integrada, no es posible de momento controlar su ciclo de vida, para mantener durante todo el año un cultivo puramente vegetativo (ASENSI 1981; GUIRY & GUIRY 2011; GARCÍA & PAULOS 2012)

Fig. 1. Especies de Porphyra (el nori del sushi) (GARCÍA & PAULOS 2012)

Feófitas (Phaeophyta) o Algas Pardas

***Sargassum* C.Agardh, 1820, nom. et typ. cons**

Genero con algas de talo de 10-200 cm o más de largo, con uno a unos pocos estípites simples, teretes a comprimidos, de 1-20 cm de largo que surgen de un soporte discoide-cónico. Estipes que llevan ramas primarias largas radiales o dísticamente. Ramas primarias de 10 cm a 200 cm o más de largo, ramificadas de forma dística, trística o radial con ejes teretes, angulares, comprimidos o de tres lados; Vejigas de aire (vesículas) normalmente presentes, crecimiento a partir de una célula de 3 lados en una depresión apical. Estructura de una médula central de células alargadas en el estípite y ejes de las ramas. Talo monoico o dioico (GUIRY & GUIRY 2022)

***Saccharina japonica* (Areschoug) C.E.Lane, C.Mayes, Druehl & G.W.Saunders**

Sinonimia: *Laminaria japónica*. Alga parda, bentónica. Adherida al sustrato por un amplio disco, ramificado. Talo con un estipe corto, cilíndrico (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**). Lámina lanceolada, parda, entera, margen ondulado de hasta 10 m de longitud. Distribución originaria de Japón, cultivada ampliamente. Existen numerosos estudios para dilucidar la filogenia molecular integral para el complejo ALL (Alariaceae, Laminariaceae y Lessoniaceae) de Laminariales, debido a la complejidad e importancia del género y en especial de la principal especie comercial (GARCÍA & PAULOS 2012; GUIRY & GUIRY 2022)

Fig. 2. *Saccharina latissima*. Alga conocida como kombu de azúcar. (GARCÍA & PAULOS 2012)

***Undaria* Suringar, 1873**

Género de algas con vida diplohaplóntica con alternancia de esporofitos grandes y gametofitos heteromorfos dioicos y oógamos microscópicos. Esporofito anual, que aparece en invierno y se desintegra en el otoño siguiente. Esporófito compuesto de sujeción con háptera, estípite y lámina. Estípite comprimido en la base y aplanado en la parte superior, con pliegues más o menos ondulados y con soros o estériles. Limbo con lóbulos pinnados, nervadura central o engrosada. Los soros se desarrollan en verano en ambas superficies o en ambos lados de la nervadura central o la fascia, o al mismo tiempo en las esporofilas y la lámina. En cultivo, los soros de *U. pinnatifida* (especie altamente demandada) se forman en condiciones de días largos, probablemente inducidos por las altas temperaturas del agua a temperaturas de 10 a 20 °C. Género originalmente endémico del Pacífico noroccidental, creciendo submarealmente sobre rocas en aguas templadas cálidas de Japón, Corea y China. Recientemente, *U. pinnatifida* se introdujo en Francia, Nueva Zelanda y Tasmania, probablemente a través de cultivos de ostras y barcos. Desde entonces la especie está ampliando su rango de distribución. Género de gran importancia económica como fuente de alimento en Japón y Corea, especialmente *U. pinnatifida* (nombre comercial: Wakame) (GUIRY & GUIRY 2014)

***Macrocystis* spp. C. Agardh, 1820**

Estas algas son conocidas como “huiro canutillo” son talos esporofíticos, erectos y de gran tamaño, submareales, de color pardo amarillento, presentan un disco adhesivo rastrero, formado por un rizoma macizo, aplanado y alargado; con numerosos hapterios ramificados, de longitud variable. Del rizoma se levantan los estipes, erectos y subcilíndricos (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**). Presentan estipes cilíndricos y se ramifican unilateralmente, a intervalos regulares, constituyendo los pedicelos de hojas laminares. Las hojas son largas y angostas de superficie rugosa y márgenes levemente dentados. En las hojas adultas, el pedicelo es corto y soporta un flotador (aerociste) elipsoidal o piriforme (DIRECCIÓN ZONAL DE PESCA Y ACUICULTURA 2013)

Fig. 3. Imagen de la especie de Macrocystis spp. (DIRECCIÓN ZONAL DE PESCA Y ACUICULTURA 2013)

Rodófitas (Rhodophyta) o Algas Rojas

***Chondracanthus chamissoi* (C. Agardh) Kützing 1843**

Talo de morfología variable, de color rojo purpúreo que varía hasta el verde oscuro, pudiendo presentar iridiscencia. Tiene consistencia membranácea-cartilaginosa y puede medir hasta 50 cm de longitud. Se adhiere al sustrato por un pequeño disco de fijación basal (hasta 3mm), pudiendo formar discos de fijación secundaria a partir de sus ramas secundarias o pínnulas. Sobre el disco basal crecen uno o varios estípites cilíndricos que se van aplanando hacia el ápice

agudo. La fronda presenta ramificación dicotómica, generando ejes primarios laminares, con ramificaciones secundarias. También presentan pínnulas laterales de forma aplanada o cilíndrica. Los talos femeninos presentan cistocarpos prominentes generalmente dispuestos sobre las pínulas (ARBAIZA *et al.* 2021)

***Gracilariopsis lemaneiformis* (Bory) E.Y.Dawson, Acleto & Foldvik 1964**

Posee un talo con forma enteramente cilíndrica, de color rojo claro y que alcanza una altura comprendida entre los 12 y 25 cm. Se adhiere al sustrato por un único disco basal. Muestra ramificación primariamente dicótoma, con una dicotomía basal que deriva a subdicótoma o irregular. El talo cilíndrico presenta ramificaciones con forma flageliforme muy características, dísticas y dispuestas de manera alterna; algunas de estas ramas pueden medir desde 5 mm a 20 cm de longitud, y todas mantienen el mismo grosor desde la base al ápice. Los individuos femeninos presentan menor ramificación y cistocarpos prominentes, distribuidos tanto en ejes principales como en ramas laterales; mientras que los individuos masculinos presentan mayor ramificación, donde las porciones fértiles del talo se presentan gelatinizadas. Los individuos tetraspóricos presentan mayor grosor y menor ramificación, incluso menor que en especímenes femeninos (RAMÍREZ & TAPIA 1991; ARBAIZA *et al.* 2021)

***Eucheuma* J.Agardh, 1847**

Algas de talo grueso, cartilaginoso, rígido cuando está fresco, con estructura principal de sujeción discoide con presencia de sujeciones secundaria. Ejes teretes, comprimidos o aplanados, a menudo con muchas ramas. Talo con o sin médula interna rizada. Espermatozoides en racimos en la corteza externa. Cistocarpos ostiolados, formándose en ramas laterales determinadas, con poca frecuencia en ejes principales. Con carposporfitos grandes y tetrasporangios dispersos en la capa cortical externa. Paredes celulares que contienen un predominio de \beta - carragenina o carragenina tipo iota endémica del mar Caribe (MONTOYA *et al.* 2020)

***Kappaphycus alvarezii* (Doty) L.M.Liao**

Comercialmente llamada "cottonii" es considerada como la principal fuente de kappa carragenano. Algas con talos que pueden alcanzar 100 cm de longitud. Los talos son carnosos y varían de cilíndricos a foliosos, erectos a partir de una única base crustosa o una maraña de ejes basales anclados en varios puntos. Los Talos pueden ser comprimidos, lineales o incrustantes y en su mayoría postrados. Ejes multiaxiales con una médula central de células isodiamétricas mezcladas con rizoides, aunque algunas especies son pseudoparenquimatosas en todas partes. Las etapas reproductivas tempranas no han sido detalladas, pero parecen parecerse a las de *Eucheuma*, los cistocarpos maduros tienden a formarse directamente en los ejes en lugar de los laterales cortos o las espinas rodeados por gonimoblastos carposporangiales radiantes y gonimoblastos estériles. Todos los miembros del género producen carragenina kappa (PÉREZ 2013)

***Gracilaria* Greville, 1830, nom. et typ. cons.**

Tetrasporangios superficiales, tanto en la corteza no modificada como en los soros (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**). Conceptáculos espermatangiales del tipo cortical superficial únicamente. Filamentos de gonimoblastos consistentes en células vacuoladas en el centro hacia la base, volviéndose alargadas y muy ramificadas hacia el exterior y portando carposporangios en cadenas ramificadas, células nutritivas tubulares numerosas, pericarpio interno compuesto de filas de celdas rectas, de cinco a siete celdas de largo, en las que cada celda contiene un núcleo agrandado; célula de fusión que persiste o se desintegra en las etapas maduras del desarrollo del cistocarpo (GARCÍA & PAULOS 2012)

Fig. 4. Alga Gracilaria spp. (GARCIA & PAULOS 2012)

***Chondrus crispus* Stackhouse 1797**

Se trata de un alga roja, subclase Gigartina, rica en carregeninas, polimorfa, típicamente erecta y cartilaginosa. Es una especie perenne, pues su disco basal, que está fuertemente fijado al substrato. Su hábitat es la zona infralitoral sobre substratos rocosos, aunque puede desarrollarse también en los estuarios. La planta vegetativa es relativamente sencilla, la parte basal de algunos de los talos más complejos presentan con frecuencia y de forma permanente ciertos tipos de reproducción vegetativa. Los talos masculinos maduros presentan unas manchas claras en los vértices, a través de ellas liberan al agua los gametos masculinos que, al colocarse encima del talo femenino maduro, darán lugar a la fecundación. Es una especie sexuada y dioica, el ciclo de reproducción hace intervenir tres generaciones de individuos morfológicamente idénticos (CAMACHO & MONTAÑA-FERNÁNDEZ 2012)

CAPÍTULO 2. SISTEMAS DE CULTIVO ACTUALES

Aspectos Generales de los Sistemas y Producción.

Las granjas de algas marinas han alcanzado grandes tamaños en Asia, pero su extensión global, es calculada como la relación entre la producción global de 31,8 millones de toneladas de PF, (aproximadamente 10 veces el peso seco PS) y suponiendo un rendimiento de 16 ton PS hectárea año, limitado a 1983 Km^2. Esto es casi 250 000 veces más pequeño que el área global ocupada por la agricultura y los pastos, y el 0,04 % de la extensión estimada del área de algas marinas silvestres (DUARTE *et al.* 2022).

Las razones de cultivo son múltiples y están respaldadas por el amplio uso que se les da como recurso. Por ejemplo, entre ellos, uno de los más destacados e impulsados en la actualidad, es el uso de las algas para generación de combustibles. Un punto crítico en la producción de biomasa en el mar para biocombustibles es la elección de especies. Para ello, se debe considerar una interacción compleja de factores físicos, químicos y biológicos. Hay que considerar que en cualquier tipo de cultivo las limitaciones importantes incluyen la disponibilidad de luz, la temperatura, los nutrientes, la velocidad de la corriente, además de la capacidad de resistir a condiciones extremas, como el fuerte embate de las olas altas y las corrientes extremas en aguas de alta mar. El nitrógeno y el fósforo también pueden limitar la producción en algunos sistemas (FERNAND *et al.* 2017)

A través del tiempo muchos han sido los modelos de cultivo utilizados en diferentes países, estos han variado desde monocultivos en diferentes estructuras y metodologías hasta policultivos, los cuales son muy usados en la actualidad (GARCÍA & PAULOS 2012)es así como Ekasari (2014) en (BOSSIE & EKASARI 2022) demostró que la combinación del sistema de cultivo de camarón basado en biofloc con tilapia, mejillón y algas marinas resultó en una mayor producción, mayor recuperación de N y P en el alimento por parte del camarón. Entonces, el añadir algas o macrófitas en un sistema acuícola integrado basado en biofloc también puede generar la posibilidad de capturar el exceso de CO_2, lo que puede

resultar en un aumento en la eficiencia de utilización de carbono y una reducción en la emisión de gases de efecto invernadero, favoreciendo también al ambiente (FERNAND *et al.* 2017; BOSSIE & EKASARI 2022).

La fijación de algas marinas a cuerdas, líneas o redes es una forma popular de cultivo ya que los costos de instalación y mantenimiento son muy bajos. El cultivo se puede realizar sujetando las plántulas directamente a las cuerdas. Otro enfoque es el trasplante: las plántulas se cultivan en interiores, luego se cultivan en tanques de invernadero y, finalmente, las hojas pequeñas se trasplantan a cuerdas en el mar (FERNAND *et al.* 2017)

Cabe resaltar, que en enfoques extensivos del cultivo tradicional de *Kappaphycus* y Eucheuma (grupo conocido como eucheumatoides) donde las condiciones no son las adecuadas, el crecimiento y desarrollo presentan dificultades, alterando principalmente su fisiología, integridad y/o comportamiento de las algas, esto como respuestas directas al estrés abiótico (HURTADO *et al.* 2019)

Sistemas de Cultivos Comunes: Tipos

Long line horizontal (LLH) o monolíneas

Este sistema de cultivo consiste en amarrar implantes de macroalgas a líneas principales ubicadas de manera horizontal con un nudo corredizo usando estructuras que permitan sujeción. Se instalan un número de líneas de cuerdas de polipropileno de determinados diámetros y longitudes, suspendidas con boyas. Las cuerdas son fijadas al fondo marino usando estructuras pesadas que no permitan el desplazamiento del sistema, distribuyéndose paralelas a la costa, a una profundidad determinada (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**). Los implantes se atan a las cuerdas de polipropileno con una separación y un pesos determinados, es importante registrar el peso inicial por cuerda, luego de calcular el número de implantes de acuerdo con las dimensiones, para así también determinar la densidad del cultivo (RINCONES & MORENO 2011; MONTOYA *et al.* 2020)

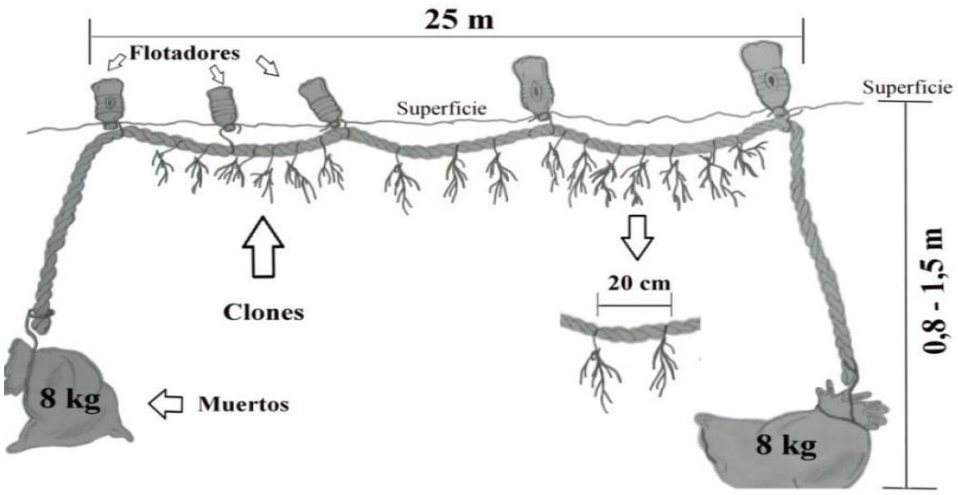

Fig. 5. Modelo del sistema long line (MONTOYA et al. 2020)

Este tipo de sistema se emplea para colocar implantes en profundidades un poco mayores. Se coloca de forma vertical un determinado número de líneas de polipropileno con diámetro y longitud determinadas en una estructura tipo balsa flotante circular, con diámetro y área determinados (ajustado al propósito y a la proyección de producción a alcanzar) ubicada a una determinada distancia de la línea de costa (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**). Las balsas por lo general están hechas con tubos de polietileno de alta densidad de con diámetros conocidos y fijados al fondo a través de lastres con pesos. En el sistema también se sujetan implantes a cada cuerda

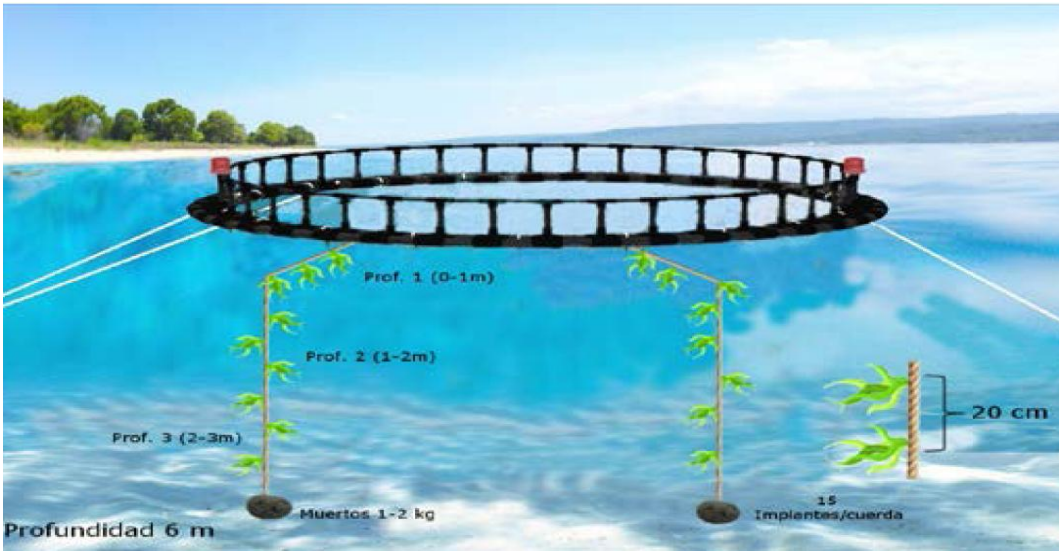

Fig. 6. Modelo de balsa flotante (MONTOYA et al. 2020)

colocada con una separación y peso determinados por implante, con la finalidad de obtener un peso inicial por cuerda y una densidad inicial de siembra. Al final de cada cuerda se sujetan lastres con pesos determinados (MONTOYA *et al.* 2020)

Este sistema permite aumentar la densidad de cultivo y trabajar sobre diferentes sustratos y profundidades. Se emplean tubos de PVC sanitario de diferentes diámetros y longitudes determinadas, rellenos de icopor y sellados en ambos extremos. Se colocan cuerdas de 10 mm de diámetro en los bordes como soporte (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**). Cada balsa debe estar realizada con un número de tubos separados a una distancia definida de acuerdo con el área total de cultivo calculada. Se atan cuerdas con los implantes

separadas a una distancia definida, con eso se puede calcular el número de implantes por cuerdas, la cual, al cabo de un período de cultivo, puede alcanzar cierta cantidad en peso definido, dependiendo de la especie, la localidad y la época del año (RINCONES & MORENO 2011)

Fig. 7. Implantación de un sistema de cultivo de Balsas flotantes de PVC (RINCONES & MORENO 2011)

Sistema de cultivo en masa (STC)

Las técnicas del cultivo de tejidos constituyen, así, una herramienta poderosa para la explotación de las macroalgas a nivel celular. Esta técnica ha avanzado y se ha implementado para un gran número de especies, no todas de interés industrial, y originando un amplio abanico de técnicas dadas las características particulares de cada una. Este tipo de sistema para etapas iniciales en el crecimiento de las algas, puede estar sujeto al mejoramiento con técnicas en las que se apoya como es el caso de cultivo de células y tejidos sobre medios nutritivos líquidos o solidificados (ROMERO *et al.* 2008). También se usa el pre-cultivo en cuerdas, el cual consiste en la utilización de un cabo de material sintético (PE o PP) de 3 mm de diámetro como sustrato de fijación. El cabo se enrolla ordenadamente sobre un bastidor construido con tubería de PVC. El

bastidor se sumerge en un recipiente (cubeta) que contiene agua de mar fresca, estéril y enriquecida con medio nutritivo (ÁVILA *et al.* 2010).

Sistemas de cultivo multitrófico

Este tipo de cultivo es el más usado en la actualidad, se basa en la utilización de cultivos alternos de varias especies (animales y vegetales) que garanticen el menor impacto posible al ambiente. En este tipo de cultivo las líneas de cultivo experimental de macroalgas se instalaron en las líneas madres (longlines) (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**). En este tipo de cultivo se incluyen especies de algas como *Macrocystis pyrifera* (huiro), *Gigartina skottsbergii* (luga roja) y *Gracilaria chilensis* (pelillo) (CAMPOS 2017)

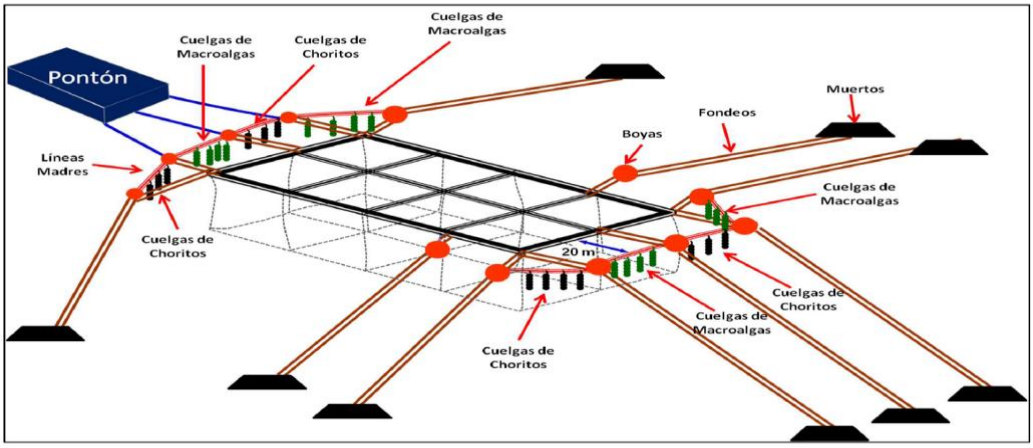

Fig. 8. Esquema general del diseño del experimento de cultivo multitrófico en el centro de cultivo en la empresa Salmones Austral, Tenaún (algas, moluscos) (CAMPOS 2017)

Cultivo vegetativo suspendido.

Para este tipo de cultivo, la instalación de fondeos, cabos y boyas debe realizarse antes de la recolección del material que se utilizará como propágulos. Es importante conocer la batimetría del fondo para la instalación de estos elementos, considerando las dimensiones del sistema, que se deben modificar para adaptarse a la realidad del lugar de cultivo, sin generar mayor peso, con el fin de no arrastrar el sistema al fondo, perdiendo parte de las ventajas de esta

metodología de cultivo. Al igual que en el sistema de cultivo con horquilla (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**), es necesario recolectar frondas frescas de una pradera natural sana, que no presente invasión de otros organismos epífitos como poliquetos o algas, o que el epifitismo sea mínimo. Se recomienda instalar en la cuerda las matas/propágulos con intervalos de 35 cm, para dar espacio al crecimiento de la nueva biomasa. Preparadas las cuerdas, estas son ancladas al cabo de polipropileno instalado entre los fondeos (VERGARA & VÁSQUEZ 2021)

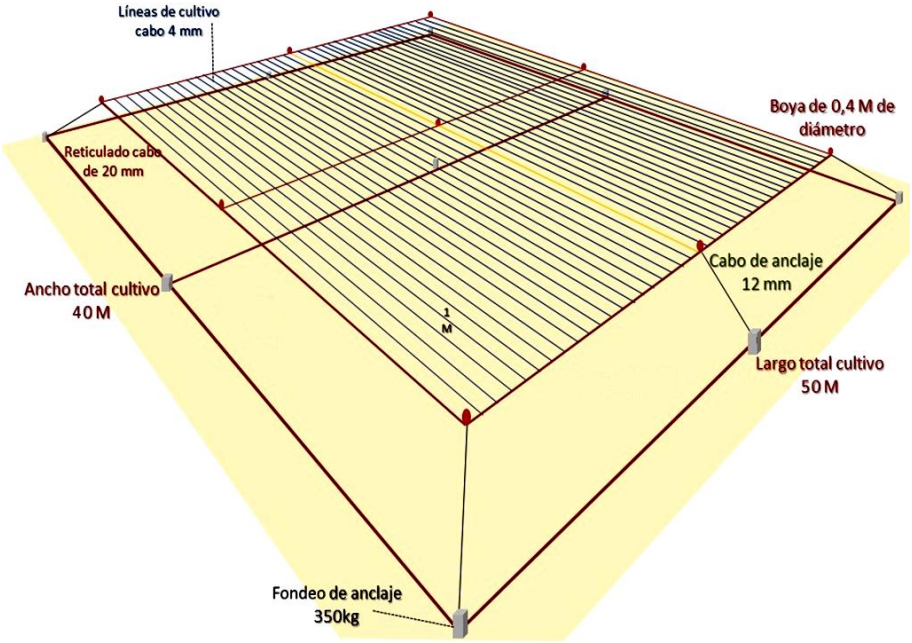

Fig. 9. Sistema de cultivo suspendido (VERGARA & VÁSQUEZ 2021)

Sistema de cultivo de fondo

A diferencia del long line, este es un sistema de cultivo que básicamente no utiliza estructuras externas. Se asemeja a sistemas utilizados en agricultura, donde se siembra directamente al sustrato, mediante herramientas tales como palas u horquillas. Puede ser utilizado en sistemas intermareales y submareales. Las variantes para ambos sistemas de cultivo recaen principalmente en el origen de la semilla y al desarrollo tecnológico de diferentes unidades de siembra. Además, en

los últimos años se han adaptado sistemas flotantes llamados “de planza” (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**) los cuales maximizan el uso por área de cultivo lineal (SAAVEDRA *et al.* 2018)

Fig. 10. Sistema de cultivo de Planza (SAAVEDRA et al. 2018)

CAPÍTULO 3. PLANIFICACIÓN ESPACIAL EN EL CULTIVO DE MACROALGAS.

Planificación Espacial u Ordenamiento Marino

El ordenamiento y la planificación de los espacios marinos y costeros se han convertido en un asunto de alta prioridad a nivel mundial. La Planificación Espacial Marina (PEM), u ordenamiento marino en Latinoamérica, es una herramienta de gestión que busca el uso sostenible y equilibrado de los espacios marinos, protegiendo sus recursos, involucrando a los interesados para tomar decisiones consistentes con las políticas de cada país. Es decir, planificar cuándo, dónde y cómo, actividades humanas eficientes y sostenibles (ALDANA-MAZORRA & HERNÁNDEZ-ZANUY 2016; DÍAZ & JIMÉNEZ 2021).

Razón por la cual, el ordenamiento del espacio marino establece una organización racional y armoniosa del espacio y los usos para alcanzar objetivos sociales y económicos de manera abierta y planificada (EHLER & DOUVERE 2009).

El ambiente marino proporciona importantes bienes y servicios ecológicos derivados de las funciones de los ecosistemas saludables. El hombre históricamente, ha utilizado las costas de diferentes maneras para su subsistencia, adicionando la incorporación de las actividades económicas, como actividades de pesca, turismo, recreación, transporte marítimo e industrial, asi como la acuicultura marina de diferentes grupos, como moluscos, peces y algas. Por lo que, la zona costera se ve expuesta a un creciente número de diversas demandas (LEMUS 2014).

Concepción Global

De acuerdo con los tipos de cultivo, en la actualidad el cultivo es múltiple. Con base a esto, se establece que la mayoría de la maricultura implica el cultivo de peces o invertebrados en redes o jaulas que están sumergidas, lo que permite el intercambio de agua libre con el entorno marino circundante. La supervivencia y las tasas de crecimiento de las especies cultivadas están directamente influenciadas por las condiciones ambientales naturales que, en consecuencia,

afectan la idoneidad de un área para cultivar estas especies. Sin embargo, una serie de otros factores juegan un papel importante en la determinación de la capacidad de producción real y su sostenibilidad (OYINLOLA *et al.* 2019)

Es importante destacar que se debe describir mejor la extensión espacial ambiental del océano para el potencial de producción sostenible de la maricultura para la identificación de áreas marinas que ofrezcan condiciones ambientales adecuadas para las especies actualmente cultivadas. Las preferencias ambientales de las especies marinas (cultivadas) se pueden aproximar y mapear usando modelos de distribución de especies (SDMs). Este enfoque de modelado consiste en describir cuantitativamente la relación entre los registros de ocurrencia observados de una especie y varios parámetros que describen su entorno. Los SDM se pueden aplicar para predecir la distribución de las especies en el pasado, presente y futuro (OYINLOLA *et al.* 2019)

Contexto Europeo

Los acuerdos para realizar la actividad acuícola son múltiples y dependen de las estrategias y normativas mundiales establecidas, como el caso del modelo de Desarrollo Sostenibles a través de los Objetivos de Desarrollo Sostenibles (ODS). La maricultura es un sector prominente y de rápido crecimiento que tiene el potencial de proporcionar nutrición con un impacto relativamente bajo a millones de personas, pero también puede tener impactos duraderos en los entornos marinos y costeros y los sistemas socio-ecológicos. Además para guiar de manera sistemática y sostenible la producción de maricultura, reducir la competencia con otras actividades humanas y planificar los efectos potenciales del cambio climático (CLAWSON 2022).

Por ejemplo, los países encargados del cultivo sostenible de algas en el mar Báltico (GRASS, por sus siglas en inglés) aprobaron diferentes programas o estrategias para implementar la denominada EU MSFD una norma que hace referencia al Marco Directivo sobre la Estrategia Marina (Tabla 4). En algunas estrategias nacionales, las macroalgas se mencionan como una potencial biomasa marina cruda con valor industrial, tal es el caso, de naciones como Finlandia,

Suecia, Alemania y Letonia, que así lo conciben. Además, algunos de los países aprobaron sus planes espaciales marinos o están en proceso de adoptarlos para implementar la MSPD (CAMARENA & LÄHTEENMÄKI-UUTELA 2021)

Tabla 4 Plan Marino espacial (PMS) y estrategias marinas en países GRASS. (CAMARENA & LÄHTEENMÄKI-UUTELA 2021)

CESPED	**MSP**	**ESTRATEGIAS MARINAS**	**ALGAS INCLUIDAS**
FINLANDIA	Si, MSP 2030	Estrategias de bioeconomía 2014. Estrategia nacional de acuicultura 2022. Estrategia marítima Estrategia de gestión de cuencas fluviales	Mencionado como biotecnología azul Potencial en la producción de energía
SUECIA	Propuesto en 2019. En proceso de adopción	Estrategia marítima Estrategia alimentaria	Actividad acuícola potencial para obtener ingredientes para la industria de alimentos, piensos, medicamentos y energía
ALEMANIA	Si	Estrategia nacional de Bioeconomía 2030	Desconocido en MSP Materias primas potenciales en diferentes industrias
ESTONIA	Propuesto en 2019. En proceso de adopción	Estonia Sostenible 21 Estonia 35 Plan de desarrollo para la Agricultura y la Pesca hasta 2030	Desconocido en MSP Actividad acuícola potencial. posibles soluciones: combinar piscifactoría y algas
LETONIA	Si, MSP 2030	Estrategia de Bioeconomía 2030	No en el MSP. Algas con potencial en la industria química y farmacéutica.
POLONIA	Propuesto en 2019. En proceso de adopción	Estrategía de especialización Política Marítima inteligente de la Republica de Polonia hasta	No mencionado
RUSIA	No definido legalmente	Estrategia para el Desarrollo Socioeconómico	No mencionado

Los países vecinos, de los GRASS, denominados países SUSCULT (Cultivo Soatenible de Algas)a través del proyecto del consejo del ministerio Nórdico, también han aprobado diferentes programas o estrategias para implementar la EU MSFD. Islandia no es miembro de la Unión Europea (UE), pero forma parte del Consejo Nórdico y del Acuerdo sobre el Espacio Económico Europeo y está sujeta a las leyes de la UE (Tabla 5). Dentro de los países SUSCULT, las algas marinas se mencionan solo en las estrategias danesas. Además, algunos de los países han aprobado sus planes espaciales marinos (Noruega y Dinamarca), mientras que en los otros países están en proceso de adopción (Islandia) o en preparación como es el caso de Lituania (CAMARENA & LÄHTEENMÄKI-UUTELA 2021).

Tabla 5 Planes Marinos Espaciales (PMS) y estrategias marinas en países GRASS. (CAMARENA & LÄHTEENMÄKI-UUTELA 2021)

SUSCULT	**MSP**	**ESTRATEGIAS MARINAS**	**ALGAS INCLUIDAS**
Islandia	En proceso; plan de la zona costera de los fiordos del oeste y los fiordos del este	Estrategia Nacional de Planificacion 2015-2020	No mencionado
Noruega	Sí, planificación de zonas costeras para el mar de Barents, el mar de Noruega y el mar del Norte	Industria acuícola noruega ambientalmente sostenible 2009 Estrategia oceánica 2019	No mencionado
Dinamarca	Si, adaptado en 2021	Estrategia marina 11 (2018-2024)	No mencionado en el MSP
Isla Feroe	Preparacion para la presentación Integral de la republica de Lituania 2030		No mencionado
Lituania		Estrategia de progreso de Lituania 2030	No mencionado

Es importante mencionar y aunque no esté vinculado directamente con el uso del territorio que la declaración de regulaciones precisas y orientación sobre la acuicultura de algas marinas es fundamental para garantizar una acuicultura de algas ambiental y socialmente responsable (FAO 2021; GAMAGE *et al.* 2021).

En España, la acuicultura es, una de las actividades sobre las que gira la tensión por la utilización pública, general y gratuita, principio general planteado en la ley de costas de ese país, esto considerando la explotación económica del litoral a través de aprovechamientos privativos. Y, por lo tanto, la acuicultura es otra de tantas actividades que tienen su sede de ejercicio en el dominio público marítimo-terrestre o necesitan de él de algún modo, lo que sitúa esto en un supuesto de doble intervención administrativa como en algunos otros países (CHAPELA 2001)

En España el desarrollo de la actividad acuícola se vio resumido en el documento "Gobernanza en la Acuicultura Española 2013" editado por la Junta Nacional Asesora de Cultivos Marinos (JACUMAR) del Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente, en el mismo se describió extensamente el marco político y la reglamentación general para la acuicultura en sus diferentes regiones. Aun cuando la legislación específica extensa señale la actividad del sector de las macroalgas en diferentes áreas, a medida que este sector crezca en relevancia social y económica, las reglamentaciones varían (CREMADES *et al.* 2015). Cabe señalar, que en España al argumentar que el uso del espacio en las aguas costeras para el cultivo de algas marinas es de interés público la acción del gobierno para asignar recursos costeros es una cuestión de prioridad (FORSTER & RADULOVICH 2015).

De acuerdo con lo planteado, y al posible conflicto de interés que se genere por la realización de la actividad, muchos países deben considerar ¿cuánto espacio costero sería necesario para la realización de la actividad? Dicho planteamiento, sin duda, es fuente de discusiones y estudios para su determinación. Por tanto, esto depende del rendimiento anual informado por las granjas de algas marinas, la especie, ubicación y el método de cultivo. Para fines de planificación, un rendimiento promedio de 20 t/ha/año de PS es probablemente una suposición de trabajo razonable y se utiliza en los cálculos. Por ejemplo, la relación establecida para crecer 440 Mt se necesitarían 22 millones de ha, es decir el 0,06% de la superficie total de los océanos (361 millones de km^2), o el 0,16% de las denominadas Zonas Económicas Exclusivas (ZEE) de las naciones costeras del

mundo (139 millones de km^2), o el 0,86% de la plataformas continentales de los mismos países (25,7 millones de km^2) (FORSTER & RADULOVICH 2015).

En lo que refiere al desarrollo de la actividad los autores señalan que las primeras etapas son las más intrusivas y dependen de las cantidades de granjas, entonces, los gobiernos, si creen que este es un uso inteligente y prudente del recurso, tendrá que estar dispuesto a lidiar con los posibles conflictos sobre el uso del espacio costero que necesitan los productores (FORSTER & RADULOVICH 2015)

Sin embargo, los autores también plantean que 22 Mha es solo una pequeña proporción del espacio oceánico total disponible, lo que representa una intrusión sustancial en las aguas cercanas a la costa, incluso a escala global. Por lo tanto, el desarrollo de estructuras de granjas marinas y sistemas operativos mecanizados para respaldarlas es una prioridad si se quiere lograr la meta del 5%. Por esta razón, los países desarrollados técnicamente avanzados pueden estar en mejores condiciones para liderar tales esfuerzos que los países menos avanzados, y por la demanda de alimentos es un mayor incentivo para otorgar permisos del uso de espacio (FORSTER & RADULOVICH 2015).

Para algunos la industria de procesamiento de algas grande y bien establecida que extrae los hidrocoloides agar, alginato y carragenina de las algas marinas marrones y rojas para su uso principalmente como agentes texturizantes, emulsionantes y estabilizadores en productos alimenticios procesados como helados, yogur y salchichas y esto es parte de la razón para justificar el uso de los espacios. Sin embargo, todo debe estar sujeto a las normas ambientales (BIXLER & PORSE 2011)

De acuerdo al análisis realizado en España se hizo necesario establecer e implementar un protocolo similar a la agricultura que inclusive pudiese ser usado en otros países costeros, tropicales y en desarrollo buscando soluciones en el mar a sus necesidades de seguridad alimentaria. El procedimiento seguido consistía en: la prospección de las especies en las costas, solo especies autóctonas; preseleccionar especies con base a la literatura y las características percibidas; evaluación de especies preseleccionadas como alimento; evaluación del potencial de cultivo con palangre flotante (de 1,5 m a 10 m de profundidad), así como la

selección definitiva). Además se incluyen en el estudio otras características físicas, como coeficientes de marea, corrientes, olas y vientos para análisis futuros, según la disponibilidad de datos (FORSTER & RADULOVICH 2015; CABRAL *et al.* 2016).

Para potenciar la toma de decisiones, se han desarrollado indicadores económicos con el fin de que los tomadores de decisiones puedan seleccionar la ubicación más adecuada. Enfocado en el multicriterio basado en Sistemas de Información Geográfica (GIS) y Análisis de Equivalencia de Hábitat (HEA) (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**). Donde, el GIS se utiliza para obtener servicios ecosistémicos biofísicos, vicios e indicadores socioeconómicos y estos últimos para evaluar los costos requeridos para compensar la pérdida de servicios ecosistémicos culturales y de aprovisionamiento (CABRAL *et al.* 2016)

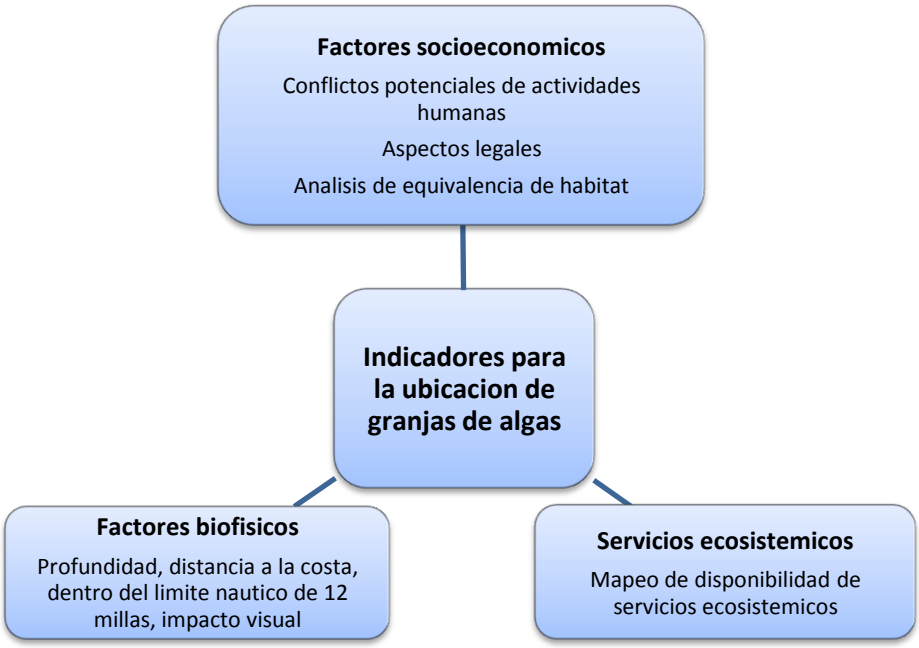

Fig. 11. Enfoque metodológico empleado en España (CABRAL et al. 2016).

Existe otra vertiente de investigadores que señalan que el objetivo no es encontrar la "mejor ubicación posible" sino ilustrar la eficiencia de una evaluación integral, como herramienta de gestión para los tomadores de decisiones. Esto

como parte del diseño de planes regionales para el desarrollo de actividades de acuicultura y como base para la estructura legislativa de las naciones. Sin embargo, resaltan que la es probable que los posibles conflictos de uso surjan con más frecuencia en las áreas donde coexisten más actividades humanas (CABRAL *et al.* 2016)

Otro aspecto del cultivo de macroalgas a considerar en la asignación de espacios para tener en cuenta es el impacto ambiental. Debido a que las algas podrían impactar su entorno modificando la biodiversidad debido a la posible competencia con otras especies, generalmente autóctona, por lo que impone una amenaza ambiental. De hecho, el riesgo de proliferación e invasión de especies no autóctonas como ha ocurrido en algunos países que han tomado decisiones de anular cualquier posibilidad de cultivo de especies exóticas, aun cuando la biomasa descontrolada de especies seleccionadas pueda generar modificaciones genéticas o los problemas en la distribución de los rayos solares que ingresan a la columna de agua (FERNAND *et al.* 2017)

Contexto Americano y del Caribe

Gracias a la buena remuneración proveniente del cultivo y extracción de macroalgas, muchas comunidades costeras han adoptado por esta actividad como principal fuente de ingresos. Países latinoamericanos como Chile, Argentina, Brasil, Colombia, Cuba, Ecuador, México y Perú han experimentado con esta actividad ya sea para fines de extracción de ficocoloides o elaboración de diversos productos (MCHUGH 2003).

Existen experiencias sobre el cultivo y aprovechamiento de algas marinas en la cuenca del Caribe y el golfo de México, desde la década de los 80. Inicialmente, se evaluaron especies de Gracilariales incluyendo *Gracilaria cornea* (*Hydropuntia cornea*) y *Gracilariopsis lemaneiformis* (*G. tenuifrons*), para su aprovechamiento industrial en Venezuela como fuente productora de agar alimenticio a través de la empresa Geles del Caribe C.A estuvo activa en el fomento del cultivo y utilización de algas marinas, pero que luego de un tiempo paralizó sus actividades por una serie de inconvenientes (MONTOYA *et al.* 2017)

En Cuba, se realizó una evaluación del uso potencial de los recursos algales que condujo a la implementación de un programa para investigar la maricultura de las especies agarófitas *Gracilaria domingensis*, *Bryothamnion triquetrum* y *G. dominguensis*. A través de un proyecto de la FAO, fueron introducidos implantes de *Kappaphycus alvarezii*, *K. striatum* y *Eucheuma denticulatum* a Filipinas. En Colombia, los primeros ensayos de cultivo experimental de algas en mar abierto se realizaron al sur de El Rodadero (Magdalena), utilizando *Grateuloupia filicina*, entre otras tantas intervenciones realizadas a lo largo de las (MONTOYA *et al.* 2020).

El caso de uso de los espacios marítimos, particularmente en Chile, el acceso al mar, presentan en las últimas décadas una creciente demanda de parte de las industrias de exportación, especialmente la agricultura y minería. Sin embargo, la relación de las comunidades con los bordes de agua implica mucho más que el solo aprovechamiento del recurso. Los territorios del litoral son altamente presionados por la actividad humana. Por tanto, el abordar el borde costero como un paisaje y un espacio público, el cual enfrenta conflictos socio-territoriales que se amparan de una normativa deficiente, es la realidad de dicha nación (ANDERSEN & BALBOTÍN 2021)

Si bien los mercados de ficocoloides siguen expandiéndose a nivel global, su expansión durante la última década fue mucho menor que hace 20 años. Considerando la competencia por nuevos mercados y la capacidad de China y otros países orientales, de producir biomasa a bajo precio, generan también una limitación para la expansión del cultivo de algas en Chile. Actividad que esta normada por el Reglamento Ambiental de Acuicultura (RAMA) regula par te de las actividades de acuicultura en Chile (BUSCHMANN *et al.* 2013).

En Colombia varios han sido los intentos de cultivo, por ejemplo en el Cabo de la Vela, La Guajira, cultivaron la especie introducida de origen filipino *Kappaphycus alvarezii*, cuyo proyecto tenia excelentes perspectivas, pero que no tuvo continuidad debido a problemas con los requerimientos legales para la utilización de esta especie en aguas colombianas. En años posteriores en la región de Santa Marta, realizaron experimentos para el cultivo de las algas rojas

Gracilaria cervicornis, G. blodgettii, G. mamillaris e *Hypnea musciformis* obteniendo resultados importantes para el avance de esta actividad en el país. Otro de los esfuerzos más representativos fue realizado en el 2004, por INVEMAR que inicio un proyecto para la caracterización de la zona costera de La Guajira, dentro del cual se desarrolló un policultivo piloto de macroalgas y bivalvos en bahía Portete. Este lugar se escogió por presentar características ideales de una bahía con profundidades adecuadas para la instalación de los sistemas de cultivo (DELGADILLO-GÁRZON & NEWMARK 2008).

CONCLUSIONES

Las principales especeis de macrolagas cultivadas a nivel mundial son las más consumida como: *Pyropia* spp. (Nori), *Saccharina* spp. (Kombu) y *Undaria pinnatifida* (Wakame), sin embargo, existen otras especies importantes en la alimentación.

Los métodos de cultivo varían de acuerdo a las condiciones del medio y de la especie a cultivar, en algunos lugares difieren en algunos aspectos, generándose pequeñas variantes; dentro de ellos se nombran: long line de, balsas flotantes y algunos sistemas multitróficos.

Es necesario considerar la extensión espacial y ambiental del océano, para determinar el potencial de producción sostenible de la maricultura, aunque no esté vinculado directamente con el uso del territorio.

La declaración de regulaciones de espacios marinos debe ser precisa y con ello la orientación sobre la acuicultura de algas marinas se presentaría como un aspecto fundamental para garantizar el manejo de las zonas costeras y su desarrollo.

REFERENCIAS

ANDERSEN, K. & C. BALBOTÍN. 2021. The planning of the Chilean coastal border . An insufficient regulation. *Rev. Geogr. Norte Gd.* 247: 227-247.

ALDANA-MAZORRA O, HERNÁNDEZ-ZANUY, A. 2016. *La planificación espacial marina: marco operativo para conservar la diversidad biológica marina y promover el uso sostenible del potencial económico de los recursos marinos*. *Instituto de Oceanología*. 1-15.

ARBAIZA, S., R. GIL-GARCÍA, P. KODAKA, L. MERINO, & P. RAMÍREZ. 2021. *Diversificación acuícola hacia el cultivo de macroalgas*. Prinera. Eds. Acción, F.A. en, Cetmar, Anfaco-Cecopesca, & Ministerio de la Producción (PRODUCE) Lima, Perú. 121 pp.

ASENSI, A. 1981. Programas de investigación sobre el recurso de las algas marinas bentónicas en el litoral patagónico. *Organ. las Nac. Unidas para la Educ. la Cienc. y la Cult.* 1-24.

ÁVILA, M., M. CARLOS, K. GUISSEN, & M. PIEL. 2010. Manual de cultivo de macroalgas pardas: Desde El Laboratorio Al Océano. *Univ. Arturo Prat* 1-36.

BIXLER, H. & H. PORSE. 2011. A decade of change in the seaweed hydrocolloid industry. *J. Apl. Physiol.* 23: 223-335.

BOSSIE, P. & J. EKASARI. 2022. Aplicación de la tecnología biofloc en la acuicultura para apoyar los objetivos de desarrollo sostenible. *El Acuicultor* 2: 1-62.

BUSCHMANN, A., R. STEAD, M. HERNÁNDEZ-GONZÁLEZ, S. PEREDA, & M. PAREDES, JAVIER MALDONADO. 2013. Un análisis crítico sobre el uso de macroalgas como base para una acuicultura sustentable Critical analysis on the use of macroalgae as a base for sustainable aquaculture. *Chil. Rev. Nat. D E Hist.* 86: 251-264.

CABRAL, P., H. LEVREL, F. VIARD, K. FRANGOUDES, S. GIRARD, & P. SCEMAMA. 2016. Ecosystem services assessment and compensation costs for installing

seaweed farms. *Mar. Policy* 71: 157-165 http://doi.org/10.1016/j.marpol.2016.05.031.

CAMACHO, O. & J. MONTAÑA-FERNÁNDEZ. 2012. Cultivo experimental en el mar del alga roja *Hypnea musciformis* en el área de Santa Marta, caribe colombiano. *Reviista Investig. Mar. Costeras* 41: 29-46.

CAMARENA, T. & A. LÄHTEENMÄKI-UUTELA. 2021. *European and National Regulations on Seaweed Cultivation and Harvesting*.

CAMPOS, P. 2017. Determinación de los impactos asociados a los cultivos de macroalgas y moluscos filtradores y su interacción con cultivos salmónidos. *Inst. Ciencias y Tecnol.* 1-340.

CHAPELA, R. 2001. La ocupación o explotación del dominio público marítimo-terrestre para el ejercicio de la acuicultura marina (A propósito de la STC 9/2001, de 18 de enero, sobre la Ley de Pesca de Galicia). *Adm. Pública* 337-364.

CLAWSON, G. 2022. Distribución espacial de la producción mundial de maricultura. *Glob. Seaf. Alliance* 1-10.

COTTIER-COOK, E., N. NAGABHATLA, A. ASRI, M. BEVERIDGE, P. BIANCHI, J. BOLTON, & M. BONDAD-REANTASO. 2021. Ensuring the Sustainable Future of the Rapidly Expanding Global Seaweed Aquaculture Industry – A Vision. *3 Policy Brie* 06: 1-15.

CREMADES, J., J. CAÑAVATE, J. FERNÁNDEZ, & J. OJEDA. 2015. Elaboración de indicadores de macroalgas sostenibilidad para la explotación de en España. 1-64.

DAWES, C. 1986. *Botánica Marina*. Limusa, Ciudad de México, México. 673 pp.

DELGADILLO-GÁRZON, O. & F. NEWMARK. 2008. Cultivo piloto de macroalgas rojas (Rhodophyta) en bahía Portete, la Guajira, Colombia. *8 Boletín Investig. Mar. y Costeras* 37: 7-26.

DÍAZ, J & J. JIMÉNEZ. 2021. *Planificación espacial marina: conceptos, principios y guía metodologica*. Fundación MarViva, Bogota, Colombia. 112 pp.

DIRECCIÓN ZONAL DE PESCA Y ACUICULTURA. 2013. Plan de manejo de la pesquería de algas pardas región de tarapacá. *Subsecr. Pesca y Acuic.* 1-64.

DOMIS, L. N. D. S., A. J. BARTLETT, W. F. PRUD, V. REINE, C. A. ESPINOSA, & G. C. TRONO. 2003. Defining taxon boundaries in members of the morphologically and genetically plastic genus *Caulerpa* (Caulerpales , chlorophyta). *J. Phicology* 1037: 1019-1037.

DUARTE, C., A. BRUHN, & D. KRAUSE-JENSEN. 2022. A seaweed aquaculture imperative to meet global sustainability targets A Seaweed Aquaculture Imperative to Meet Global. *Nat. Sustain.* 1-37 http://doi.org/10.1038/s41893-021-00773-9.

EHLER, C. & F. DOUVERE. 2009. Marine Spatial Planning a Step-by Step.AproachToward Ecosystem Bases Management. *Intergovernamental Oceanogr. Com. Man Biosph. Man. Guid.* 1(53): 6.

FAO. 2021. Estadísticas de pesca y acuicultura 2019. Disponible en http//doi.org/10.4060/cb7874t.

FERNAND, F., A. ISRAEL, J. SKJERMO, T. WICHARD, K. R. TIMMERMANS, & A. GOLBERG. 2017. O ff shore macroalgae biomass for bioenergy production : Environmental aspects , technological achievements and challenges. *Renew. Sustain. Energy Revieus* 75: 35-45 http://doi.org/10.1016/j.rser.2016.10.046.

FORSTER, J. & R. RADULOVICH. 2015. *Seaweed and food security* En *Seaweed Sustainability*. Elsevier Inc. 289-314.

GAMAGE, D., N. SENTHURAN, & H. HERATH. 2021. Seaweed Aquaculture in Sri Lanka: Challenges and Policy Recommendations for the Sustainable Development of the Industry. *News, F A O Aquac.* 64: 1-64.

GARCÍA, J. & M. PAULOS. 2012. *Acuicultura Multitrófica Integrada: La esencia de la apuesta de futuro por la sostenibilidad*. Ed. GALICIA, X. DE Galicia, España. 111 pp.

GUIRY, M. & M. GUIRY. 2011. Algaebase. Disponible en https://www.algaebase.org (revisada diciembre de 2022).

GUIRY, M. & M. GUIRY. 2022. Algaebase. Disponible en https://www.algaebase.org (revisada diciembre de 2022).

GUIRY, M. & M. GUIRY. 2014. Algaebase. Disponible en https://www.algaebase.org (revisada diciembre de 2022).

HURTADO, A. Q., I. C. NEISH, & A. T. CRITCHLEY. 2019. Phyconomy : the extensive cultivation of seaweeds , their sustainability and economic value , with particular reference to important lessons to be learned and transferred from the practice of eucheumatoid farming. *Phycologia* 58: 472-483 http://doi.org/10.1080/00318884.2019.1625632.

LEMUS, J. 2014. Análisis espacial para el ordenamiento de la zona costera del golfode Cariaco, estado Sucre, Venezuela. *Terra*. 30 (47). 33-53

MCHUGH, D. 2003. Seaweeds uses as Human Foods. A Guide to the Seaweed Industry. *FAO* 105.

MONTOYA, E., Y. GARCÍA, J. ROSAS, & C. LIIRA. 2017. Usos Y Aplicaciones De Las Macroalgas Marinas: Una Revisión. *Bol. Inst. Ocean. Venez.* 56: 89-101.

MONTOYA, E., J. ROSAS, R. RINCONES, & J. NARVÁEZ. 2020. Evaluación del crecimiento de *Eucheuma isiforme* (Rhodophyta, gigartinales) en sistemas de cultivo suspendidos en la isla de Cubagua, Venezuela (sureste del mar Caribe). *Aquatechnica* 2: 86-98.

ODE, L., M. ASLAN, R. SUPENDY, S. AIDA, & A. TARIDALA. 2018. Income of Seaweed Farming Households : A Case Study From Lemo of Indonesia Income of Seaweed Farming Households : A Case Study From Lemo of Indonesia. *Earth Environ. Sci.* 175: 1-9.

OYINLOLA, M., G. REYGONDEAU, C. WABNITZ, M. TROELL, & W. CHEUNG. 2019. Estimación del área global para el desarrollo de la acuacultura marina. *Glob. Aquac. advocate* 10.

PÉREZ, C. 2013. *Caracterización biológica y química de Kappaphycus alvarezzi de Panamá*. Tesis Doctoral, Universidad de las Palmas Gran Canaria, Las Palmas, España. 205 pp.

RAMÍREZ, M. & L. TAPIA. 1991. *Gracilariopsis lemaneiformis* (Bory) Dawson Acleto & Foldvik en el norte de Chile (Rhodophyta, Gracilariaceae). *Rev. Chil. Hist. Nat.* 64: 323-330.

RINCONES, R. & D. MORENO. 2011. Aspectos técnicos y económicos para el establecimiento comercial del maricultivo de algas en Colombia : Experiencias en la Península de La Guajira. Technical and economical

aspects for the commercial establishment of seaweed mariculture in Colombia : Exp. *Ambient. y Desarro.* 123-144.

ROMERO, R., P. GARCIA, & G. BATISTA. 2008. Cultivo ecosostenible de memoria PCI C5054 /06 manuales de laboratorio. *Mem. PCI* 1-8.

SAAVEDRA, S., L. HERNÁNDEZ, P. LEAL, F. GALLEGUILLOS, S. COOK, & F. CÁRCAMO. 2018. *Cutivo de Macroalgas : Diversificación de la Acuicultura de Pequeña Escala en Chile*. Ed. Balmaceda, J. Puerto Montt. 1-56 pp.

VERGARA, J. & C. VÁSQUEZ. 2021. Procedimientos para la instalación y operación de un cultivo de pelillo (*Agarophyton chilense*). *Proy. Fortalec. la Capacid. Adapt. en el Sect. Pesq. y acuícola Chil. al cambio climático*.

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

TÍTULO	**CULTIVO DE MACROALGAS. UNA VISIÓN DESDE LA PLANIFICACIÓN ESPACIAL**
SUBTÍTULO	

AUTOR (ES):

APELLIDOS Y NOMBRES	CÓDIGO CULAC / E MAIL
FERNÁNDEZ NARVÁEZ YOARLIS DEL VALLE	CVLAC: 17655197 E MAIL: YOARLISFERNANDEZ2@GMAIL.COM
	CVLAC: E MAIL:
	CVLAC: E MAIL:
	CVLAC: E MAIL:

PALÁBRAS O FRASES CLAVES:

Algas, Maricultura, Sistemas, Planificación

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

ÀREA	SUBÀREA
AMBIENTE	CONSERVACIÓN
	MACROALGAS
	ORDENAMIENTO MARINO

RESUMEN (ABSTRACT):

Las macroalgas marinas son un recurso importante a nivel mundial, utilizado hace milenios en la alimentación y en la agricultura (ARBAIZA *et al.* 2021). Entre las más consumidas y cultivadas están: *Neopyropia* spp, *Kappaphycus* spp., *Eucheuma* spp., *Gracilariopsis* y *Gracilaria* spp.(COTTIER-COOK *et al.* 2021) Cabe señalar, que en 2019 la producción fue de 34,7 millones de toneladas cultivadas (FAO 2021). Muchos han sido los modelos de cultivo utilizados en diferentes países, tal es el caso del: long line en diferentes variantes, las balsas flotantes, sistemas multitróficos, cultivo de fondo, entre otros. Básicamente, tienen la misma estructuración, pero se adecuan al lugar y las condiciones de cultivo. Es importante describir la extensión espacial ambiental del océano. Pudiendo, generar la aproximación y el mapeo usando modelos de distribución de especies (SDMs)(OYINLOLA *et al.* 2019). A nivel global, los esfuerzos para garantizar el manejo de los espacios marinos aumentan. Pero, existe falta de información e investigaciones que permitan establecer legislaciones para vincular las naciones, aun con el planteamiento de las zonas económicas exclusivas, tratados y la creación de los Objetivos del Desarrollo Sostenible, los esfuerzos se hacen minúsculos ante el crecimiento poblacional humano y sus consecuencias como, el calentamiento global. Es necesario, generar para el espacio marino promulgaciones de regulaciones precisas y orientaciones sobre la acuicultura de macroalgas garantizando una acuicultura ambiental y socialmente responsable (GAMAGE *et al.* 2021). Por ello, para tomar decisiones, se han desarrollado indicadores económicos que permitan seleccionar la ubicación adecuada. Enfocado en el multicriterio de Sistemas de Información Geográfica (GIS) y Análisis de Equivalencia de Hábitat (HEA) (CABRAL *et al.* 2016). En conclusión, la ordenación espacial de la maricultura fundamenta la actividad, pero además, garantiza el equilibrio ambiental, al generar actividades de crecimiento económico responsable, disminuyendo la generación de conflictos.

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

CONTRIBUIDORES:

APELLIDOS Y NOMBRES	ROL / CÓDIGO CVLAC / E_MAIL				
	ROL	CA	AS	TU	JU
	CVLAC:				
	E_MAIL				
	E_MAIL				
	ROL	CA	AS	TU	JU
	CVLAC:				
	E_MAIL				
	E_MAIL				
	ROL	CA	AS	TU	JU
	CVLAC:				
	E_MAIL				
	E_MAIL				
	ROL	CA	AS	TU	JU
	CVLAC:				
	E_MAIL				
	E_MAIL				

FECHA DE DISCUSIÓN Y APROBACIÓN:

AÑO	MES	DÍA

LENGUAJE. SPA

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

ARCHIVO (S):

NOMBRE DE ARCHIVO	TIPO MIME
Ascenso Agregado Yoarlis Fernandez	.docx
Ascenso Agregado Yoarlis Fernandez	.pdf

CARACTERES EN LOS NOMBRES DE LOS ARCHIVOS: A B C D E F G H I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z. a b c d e f g h i j k l m n o p q r s t u v w x y z. 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9.

ALCANCE

ESPACIAL: _____ (OPCIONAL)

TEMPORAL: _____ (OPCIONAL)

TÍTULO O GRADO ASOCIADO CON EL TRABAJO:

TRABAJO DE ASCENSO

NIVEL ASOCIADO CON EL TRABAJO:

PROFESOR AGREGADO

ÁREA DE ESTUDIO:

BIOLOGÍA MARINA

INSTITUCIÓN:

UNIVERSIDAD DE ORIENTE, NÚCLEO NUEVA ESPARTA, ESCUELA DE CIENCIAS APLICADAS DEL MAR

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
CONSEJO UNIVERSITARIO
RECTORADO

CU Nº 0975

Cumaná, 04 AGO 2009

Ciudadano
Prof. JESÚS MARTÍNEZ YÉPEZ
Vicerrector Académico
Universidad de Oriente
Su Despacho

Estimado Profesor Martínez:

Cumplo en notificarle que el Consejo Universitario, en Reunión Ordinaria celebrada en Centro de Convenciones de Cantaura, los días 28 y 29 de julio de 2009, conoció el punto de agenda **"SOLICITUD DE AUTORIZACIÓN PARA PUBLICAR TODA LA PRODUCCIÓN INTELECTUAL DE LA UNIVERSIDAD DE ORIENTE EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UDO, SEGÚN VRAC Nº 696/2009".**

Leído el oficio SIBI – 139/2009 de fecha 09-07-2009, suscrita por el Dr. Abul K. Bashirullah, Director de Bibliotecas, este Cuerpo Colegiado decidió, por unanimidad, autorizar la publicación de toda la producción intelectual de la Universidad de Oriente en el Repositorio en cuestión.

Comunicación que hago a usted a los fines consiguientes.

Cordialmente,

JUAN A. BOLAÑOS CURVELO
Secretario

Trámite de un asunto en cada oficio

C.C. Rectora, Vicerrectora Administrativa, Decanos de los Núcleos, Coordinador General de Administración, Director de Personal, Dirección de Finanzas, Dirección de Presupuesto, Contraloría Interna, Consultoría Jurídica, Director de Bibliotecas, Dirección de Publicaciones, Dirección de Computación, Coordinación de Teleinformática, Coordinación General de Postgrado.

JABC/YGC/ maruja

Apartado Correos 094 / Telfs: 4008042 - 4008044 / 8008045 Telefax: 4008043 / Cumaná - Venezuela

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

DERECHOS

DE ACUERDO AL ARTÍCULO 41 DEL REGLAMENTO DE TRABAJOS DE GRADO DE LA UNIVERSIDAD DE ORIENTE: "Los trabajos de grado son de la exclusiva propiedad de la Universidad de Oriente y sólo podrán ser utilizados para otros fines con el consentimiento del Consejo de Núcleo respectivo, quien lo participará al Consejo Universitario".

YOARLIS DEL VALLE FERNÁNDEZ NARVÁEZ
AUTOR

JURADO JURADO JURADO

POR LA SUBCOMISION DE TESIS